

FEHLERVERMEIDUNG UND MESSUNG DER STRUKTUR

Strukturpulver sicher verarbeiten

Struktur-Pulverbeschichtungen sind seit Jahren zunehmend gefragt. Doch bei der Verarbeitung treten immer wieder die gleichen Probleme hinsichtlich Oberflächenfehler sowie Strukturdivergenzen auf, und es gibt keine Möglichkeit zur exakten Beschreibung von Strukturen. Der folgende Beitrag fasst bisherige Erkenntnisse zur Fehlervermeidung zusammen und stellt aktuelle Untersuchungsergebnisse zur messtechnischen Beschreibung von Oberflächen-Topographien vor.

Strukturpulver ermöglichen robust wirkende Oberflächen und finden seit Jahren verstärkt Anwendung im Maschinen- und Schaltschrankbau. Am häufigsten zum Einsatz kommen Hammer-schlaglacke sowie Metallic-Grobstrukturpulver, die auch als Metallic-Antique in Silber-, Gold- und Kupfer-Effekten angeboten werden.

Zudem sind auch im Bereich der modernen Architektur immer häufiger spezielle Feinstrukturpulverlacke gefragt, insbesondere mit Metallic-Effekten. Führende europäische Pulverhersteller haben daher in den vergangenen Jahren immer wieder neue Strukturpulver auf den Markt gebracht, die sowohl eine spezielle Optik, als auch Eigenschaften wie Schmutzabweisung, hohe Griffbeständigkeit und Kratzunempfindlichkeit bieten sollen. Beispiele sind hier Design-, Soft-, Leder- oder Wrinklefinish-Strukturen.

Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist, dass strukturierte Beschichtungen auch in geringem Maße kleinere Oberflächenstörungen wie zum Beispiel Stippen, Blasen, Lackläufer und Nadelstiche kaschieren.

Strukturbildungsprozess

Die Strukturierung der Pulverlacke wird durch spezielle Zusätze bei der Pulverlack-Formulierung in Form von Additiven erreicht, die den thermochemischen Vernetzungsprozess gezielt beeinflussen (stören). Die Zugabe der Strukturierungszusätze erfolgt in der Regel in Mengen von 1 bis 3% vor dem Extrudierprozess, je nach gewünschter Struktur- ausbildung, zum Beispiel flache oder hohe Grobstruktur, beziehungsweise weiche oder harte Feinstruktur.

Zum Einsatz kommen häufig Additive auf Basis von Cellulose-Aceto-Butyrat (CAB), die in gewissem Maße eine Unverträglichkeit mit dem Basispulverlack aufweisen. Nach dem Aufschmelzen des Pulvers bei 100 bis 130 °C und der nachfolgend einsetzenden Polymerisationsreaktion – beziehungsweise Polykondensation bei Primid-Härtern – wird durch das Strukturierungsmittel der Vernetzungsprozess gestört und es kommt zu unterschiedlichen Oberflächenspannungen sowie der Ausbildung von bestimmten Strukturen im Lackfilm.

Durch eine vorzeitige Vernetzungsreaktion des Strukturadditivs wird ein

gleichmäßiger Verlauf des eigentlichen Basispulverlacks während der Schmelzphase verhindert. In Abhängigkeit von der rezeptierten Strukturmittelmenge kann sich eine feinere oder gröbere Strukturierung im Lackfilm während der Polymernetzung ausbilden.

Resultierend aus diesem chemischen Reaktionsmechanismus, der auf einer Polymerunverträglichkeit basiert und maßgeblich durch den Einbrennvorgang sowie die Schichtdicke des applizierten Pulvers beeinflusst wird, ist leicht nachvollziehbar, dass in Abhängigkeit von den Beschichtungsbedingungen Strukturschwankungen auftreten können.

So bewirken zum Beispiel langsame Aufheizkurven meist eine hohe Struktur mit tiefen Tälern, die teilweise den Substratuntergrund nicht genügend abdecken. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn die Temperatur eines Kammerofens durch langes Öffnen der Türen stark absinkt.

Bei hohen Schichtdicken kommt es zu einer gewissen Einebnung der Struktur (flache Strukturen). Niedrige Schichtdicken, zum Beispiel <35 µm, weisen eine grießige, meist feiner strukturierte Oberfläche auf. Dementsprechend müssen die Applikationsbedingungen, wie auch der Pulveraushärtungsprozess, sehr konstant gehalten werden – eine Forderung, die sich in der Praxis besonders bei dickwandigen Werkstücken oft als schwer realisierbar erweist.

Oberflächenstörungen

Bei der Verarbeitung von Strukturpulverlacken treten immer wieder Schadensfälle auf. Im Lackfilm häufen sich

zahlreiche fremde Farbeinschlüsse auf der Strukturoberfläche an, die meist schon mit bloßem Auge leicht zu erkennen sind. Dabei werden Verunreinigungen aus der Umgebung, wie beispielsweise Farbpulver aus einer benachbarten Beschichtungsanlage, durch den gestörten Vernetzungsprozess als Fremdstoffe an die Lackfilmoberfläche aufgeschwemmt (Bild 1).

Bei glatten Pulverlackierungen sind diese Verunreinigungen über den gesamten Lackfilmquerschnitt, also eine Schichtdicke von 80 bis 100 µm, verteilt und werden visuell meist nicht wahrgenommen.

Ein weiteres Qualitätsproblem sind die so genannten CAB-Punkte. Es handelt sich dabei um nicht aufgeschlossene Polymerbestandteile, die während des Extrudierprozesses thermisch geschädigt wurden. Das Problem tritt insbesondere bei der Verarbeitung in Schneckenextrudern auf.

Die Polymerbestandteile schwimmen beim Vernetzungsprozess analog zu den Fremdpulververunreinigungen als leicht

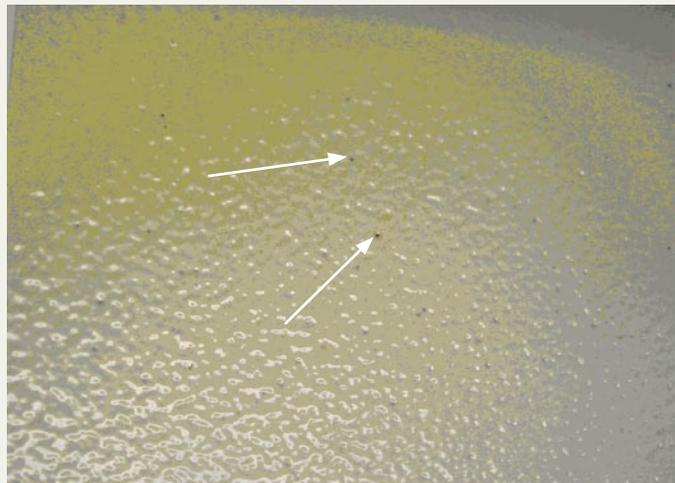
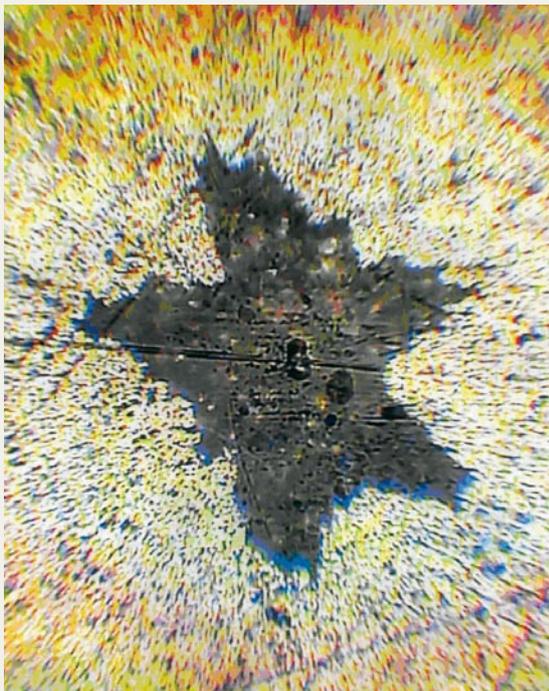
bräunlich gefärbte Farbpunkte mit geringer Dichte nach oben auf. An der Lackfilmoberfläche durchbrechen sie den Polymerverbund des Lackfilmes und sind deutlich als Oberflächenstörungen zu erkennen (Bild 2). Da die Ursachen auf die Rohstoffe zurückzuführen sind – Strukturierungsadditive sind sehr temperaturempfindlich – beschäftigt diese Problematik seit Jahren fast alle Pulverlackhersteller. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass bei leichter Reduzierung der Einbrenntemperaturen

um etwa 10 °C, dieser beschriebene Effekt etwas unterdrückt werden kann.

Strukturmittel-Zugabe nach der Pulver-Extrudierung

Um flexibler auf Kundenwünsche reagieren zu können, mischen einige Pulverhersteller das Strukturmittel den bereits konfektionierten, glatt verlaufenden Pulverlacken nachträglich in den Pulvergebunden (Kartons) hinzu. Durch die Fluidisierung und in Verbindung mit der Förderluft wird der Zusatz bei der Pul-

Hier steht eine Anzeige.



▲ Bild 2: Nicht aufgeschlossene Polymerbestandteile, sogenannte CAB-Punkte, sind ein häufiges Problem bei Strukturpulverbeschichtungen

◀ Bild 1: Bereits mit bloßem Auge erkennbar: ein schwarzer Fremdpulver-Einschluss im Strukturpulverlackfilm

verapplikation relativ gut verteilt und eine akzeptable Struktur kann dadurch in der Regel erzielt werden.

Allerdings führt die bereits beschriebene, hohe Unverträglichkeit der Strukturadditive dazu, dass sich die Pulversprühanlagen beziehungsweise die Pulverkabinen nicht mehr in ausreichendem Maße reinigen lassen. Die Folge ist, dass bei Pulverwechsel auf glatt verlaufende Systeme immer wieder Oberflächenstörungen infolge von Kratern (Unverträglichkeiten) auftreten können.

Die Strukturmittel-Zugabe nach der Pulver-Extrudierung hat zu zahlreichen Reklamationen und Schadensfällen geführt. Es wird daher dringend davon abgeraten, solche Pulvermischungen

einzusetzen. Das Strukturierungsmittel sollte also generell im Vormischprozess zudosiert und zur homogenen Verteilung mit einextrudiert werden.

Messtechnische Erfassung der Strukturoberfläche

Seitens der Pulverlackhersteller gibt es bisher keine definierten Angaben zur exakten Beschreibung erzeugbarer Strukturen. Die Beurteilung erfolgt lediglich auf Basis von Begriffen wie Fein-, Mittel- oder Grobstruktur.

Für den Beschichter stellen sich allerdings oft die Fragen: Wo fängt Grobstruktur an und wo hört Feinstruktur auf? Welche Struktur kann ich meinen Kunden im fortlaufenden Produktionsprozess für unterschiedliche Farbtöne

sowie von verschiedenen Pulverproduzenten permanent anbieten?

Um strukturierte Pulverlackoberflächen nicht mehr nur subjektiv visuell bewerten zu müssen, muss eine objektive, messtechnische Erfassung der Strukturoberflächen das Ziel sein. Unter Berücksichtigung der Rauigkeitsprofile, die mit einer speziellen Messtechnik (Hommel-Tester T 1000, Bild 3) ermittelt werden, und der applizierten Schichtdicken, sollte in Zukunft ein Strukturfaktor festgelegt werden, mit dem sich die entsprechenden Pulverlackstrukturen weitgehend exakt beschreiben lassen.

Um objektive mathematische Größen festlegen zu können, muss eine Vielzahl von Strukturpulverlacken unter definierten Bedingungen appliziert werden.

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Die Oberflächentopographien sind dann messtechnisch zu dokumentieren und auszuwerten. Dazu werden Strukturpulverlacke in definierten Schichtdicken auf Musterbleche appliziert und unter konstanten Bedingungen eingebrannt. Anschließend werden Oberflächen nach einem zuvor festgelegten Messraster mit dem Hommelprüfgerät abgetastet.

Eine entsprechend diesem Ablauf durchgeführte Überprüfung von Pulverlacken verschiedener Hersteller ergab trotz gleicher Strukturvorgaben – zum Beispiel Grobstruktur/matt, RAL 2004 – teilweise signifikant abweichende Messergebnisse (Bild 4). Bei annähernd gleichen Schichtdicken (maximale Abweichung von $\pm 3 \mu\text{m}$ bei einem Durchschnittswert aus zehn Einzel-

messungen) wurden innerhalb eines Farbtons, aber auch bei verschiedenen Farbtönen, teilweise stark differierende Strukturprofile ermittelt (Tabelle 1, Bilder 4 und 5). So waren innerhalb eines

Farbtonsystems (RAL 2004, RAL 7035) Rautiefenunterschiede von 8 bis $10 \mu\text{m}$ nachweisbar.

Weiterführende Untersuchungen der Oberflächenprofile von Strukturpulver-

Hier steht eine Anzeige.



Hier steht eine Anzeige.





Bild 3: Messeinrichtung zur Bestimmung der Rauigkeitsprofile von Strukturpulverlack-Oberflächen

Farbton / Strukturvorgabe	Pulverlieferant I	Pulverlieferant II
RAL 2004 / „Struktur“ (Ø 80 µm)	Rz = 30,8 µm	Rz = 38,3 µm
RAL 7035 / „Struktur“ (Ø 60 µm)	Rz = 31,2 µm	Rz = 40,6 µm

Tabelle 1: Gemittelte Rautiefe Rz (arithmetisches Mittel aus R_{max} von fünf Einzelmessungen) von Strukturoberflächen gleicher Farbtöne und unterschiedlicher Pulverlacklieferanten



Bilder 4 und 5: Rauigkeitsmessungen an Strukturpulvern eines Farbtonsystems (RAL 2004) von zwei verschiedenen Herstellern.

Links: Pulverlieferant I, Rz=30,8 µm; rechts: Pulverlieferant II, Rz=38,3 µm.

Schichtdicke	Einbrennbedingungen		
	170°C / 20´	190°C / 10´	200°C / 7´
Ø 75 µm	Rz = 32,9 µm	Rz = 45,8 µm	Rz = 48 µm

Tabelle 2: Gemittelte Rautiefe Rz (arithmetisches Mittel aus R_{max} von fünf Einzelmessungen) eines Strukturpulvers bei unterschiedlichen Einbrennbedingungen

lacken, beispielsweise mit „Strukturpulver-metallic“, in Abhängigkeit definierter Einbrennbedingungen sowie unter Berücksichtigung des unteren, mittleren und oberen Einbrennfensters, ergaben visuell und messtechnisch nachweisbare Unterschiede (Tabelle 2).

Durch die Rauigkeitsmessungen konnte auch nachgewiesen werden, dass die Einbrenntemperaturen, insbesondere bei Metallic-Strukturpulvern, einen signifikanten Einfluss auf die Oberflächenstrukturen haben. Je höher die Temperatur des Einbrennfensters, desto stär-

ker ist die Ausbildung des Rauigkeitsprofils (gemittelte Rautiefe Rz).

Strukturvorgabe für jeden Farbton erforderlich

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Praxis und der bislang vorliegenden Ergebnisse scheint es umso wichtiger, dass Pulverlacklieferanten gezielte Untersuchungen zur Festlegung / Berechnung eines geeigneten Strukturfaktors (SF) für jede Strukturvorgabe durchführen.

Dieser Strukturfaktor sollte stets für einen Farbton unter Berücksichtigung der Pulverlackeschichtdicke (SD), der gemittelten Rautiefe (Rz), der mittleren Rillenbreite der Oberflächenstruktur (RSM) und der Einbrennbedingungen (EB) (Temperatur, Verweilzeit, Temperaturgradient) festgelegt werden. Dabei gilt folgende Formel:

$$\text{Strukturvorgabe (Pulver)} = \text{SF [SD, Rz, RSM, EB]}$$

Die Untersuchungen sind ein erster Schritt, um künftig Pulverlackfilm-Strukturen klar zu definieren und entsprechende Beschichtungs-Grenzparameter für gleichmäßige und reproduzierbare Lackfilm-Topographien festlegen zu können. Somit lassen sich Streitfälle und Missverständnisse gegenüber Architekten und Bauherrenvorgaben vermeiden. Zudem können Beschichtungsbetriebe bei der Bestellung exaktere Vorgaben über gewünschte Pulverstrukturen treffen.

In weiteren Grundlagenuntersuchungen sollen künftig die Ursachen für die relativ hohe Sprödigkeit der Strukturpulver sowie das spezielle Spannungsrisserverhalten der Lackfilme in Abhängigkeit der Verarbeitungs- und Beanspruchungsbedingungen analysiert werden. ─

Der Autor:
 Dr. Thomas Herrmann, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Pulverbeschichtungstechnologien, Dresden, Tel. 0351 496 11 03, dr.th.herrmann@t-online.de, www.pulverlack-gutachter.de

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Hier steht eine Anzeige.

 Springer