

Neue Zutaten im Rezept



Quelle: Zarya Maxim – stock.adobe.com

ADDITIVE // PULVERLACKE OHNE POLYTETRAFLUORETHYLEN (PTFE) WERDEN VERMEHRT NACHGEFRAGT. IHRE FORMULIERUNG IST TECHNISCH HERAUSFORDERND, ABER INNOVATIVE ADDITIVE KÖNNEN BEREITS EBENSO GUT FÜR EINE KRATZ- UND ABRIEBBESTÄNDIGKEIT SORGEN. AUCH BEI DER NACHBILDUNG VON FEINTEXTUREN OHNE PTFE GIBT ES INZWISCHEN ÜBERZEUGENDE ANSÄTZE.

Thomas Czeczotka und Judith Ewald, Byk

Die Beschichtung mit Pulverlacken zählt inzwischen zu den etablierten Technologien, die Vorteile wie Lösungsmittelfreiheit und hohe mechanische Beständigkeit vereinen. Aktuell verändern sich ihre Rezepturen teils drastisch – insbesondere durch die wachsende Nachfrage nach nachhaltigen, Polytetrafluorethylen (PTFE)-freien Alternativen. Dies geschieht, obwohl es bislang keine regulatorischen Vorgaben zur Einschränkung von PTFE gibt (Stand August 2025).

Einige Rohstofflieferanten haben bereits PTFE-haltige Additive aus dem Sortiment genommen oder dies angekündigt. Weitere Anbieter dürften folgen, was die Verfügbarkeit dieser Additive weiter einschränkt. Pulverlackhersteller arbeiten daher zunehmend an Ersatzlösungen.

Im Folgenden sollen die Veränderungen in der Formulierung und Anwendung von PTFE-freien Pulverlacken beleuchtet, technische Herausforderungen analysiert und die Leistungsfähigkeit neuer Ansätze anhand verschiedener Prüfmethoden im Vergleich zu bisherigen Systemen bewertet werden.

Hohe Anforderungen an PTFE-Alternativen

PTFE, allgemein auch unter dem Markennamen „Teflon“ bekannt, ist seit Jahrzehnten ein wesentlicher Bestandteil in Pulverlacken. Aufgrund seiner außergewöhnlichen Antihaf-, Gleit- und chemischen Beständigkeitseigenschaften wird PTFE häufig eingesetzt, um die Oberflächenqualität und die mechanischen Eigenschaften von Beschichtungen zu verbessern, insbesondere im Hinblick auf drei zentrale Anwendungen:

- 1) verbesserte Kratzbeständigkeit
- 2) verbesserte Abriebbeständigkeit
- 3) Erzeugung einer Feintextur

Die letztgenannte Anwendung stellt aktuell die größte Herausforderung dar, weil es hierbei zu massiven Änderungen in der Formulierung kommt. Eine geeignete Alternative zu PTFE sollte neben den gewünschten Haupteigenschaften folgende Kriterien erfüllen:

- Temperaturstabilität: Keine Vergilbung oder Zersetzung bei Hitze im Gegensatz zu einigen Alternativen, die bei unterschiedlichen Einbrennbedingungen Farbveränderungen zeigen
- Verarbeitbarkeit: Gute Dispergierung in allen Pulverlacksystemen, ohne negative Auswirkungen auf mechanische Eigenschaften
- Umweltverträglichkeit: Keine regulatorischen Einschränkungen oder Gefahrgutkennzeichnung
- Wirtschaftlichkeit: Sowohl die Rohstoff- als auch die Formulierungskosten müssen wirtschaftlich bleiben – höhere Dosierungen können die Gesamtkosten steigern
- Verfügbarkeit: Die Liefersicherheit muss gewährleistet sein
- Leistung: Viele Alternativen bieten gute mechanische Eigenschaften, erreichen aber nicht immer das PTFE-Niveau
- Langzeitstabilität: Die Beständigkeit einiger Alternativen ist noch nicht abschließend erforscht, langfristig könnte die Beschichtungsleistung beeinträchtigt sein

Kratzbeständig dank PTFE

Die Oberflächenempfindlichkeit muss über einen breiten Anwendungsbereich hinweg reduziert werden. Bei hochglänzenden Beschichtungen sind sichtbare Kratzspuren zu vermeiden. Bei nahezu allen Beschichtungen kann Verpackungsmaterial (Papier/Karton/Folie) Transportschäden verursachen. Besonders zu erwähnen sind Pulverlacke mit Leasing-Aluminiumpigmenten, die aufgrund ihrer Orientierung zur Oberfläche empfindlich auf mechanische Belastungen reagieren und schnell sichtbare Kratzspuren aufweisen können.

Die Schutzfunktion an der Oberfläche kann auf zwei – häufig miteinander kombinierte – Weisen erzeugt werden. Zum einen kann der Gleit-

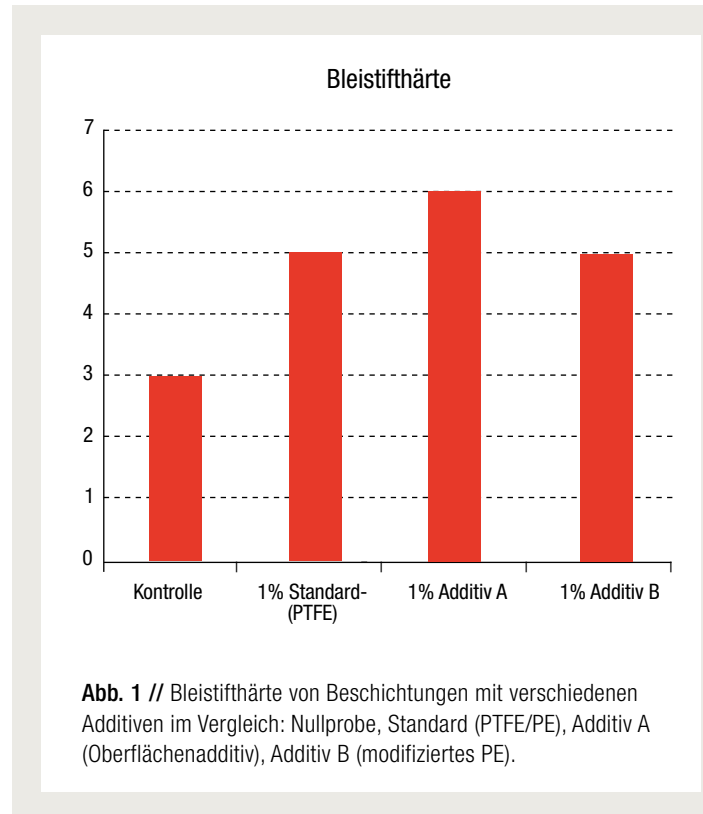


Abb. 1 // Bleistifthärte von Beschichtungen mit verschiedenen Additiven im Vergleich: Nullprobe, Standard (PTFE/PE), Additiv A (Oberflächenadditiv), Additiv B (modifiziertes PE).

widerstand reduziert, also eine hohe Oberflächenglätte (Slip) erzeugt werden, zum anderen indem eine Schutzschicht gebildet wird. Beides leisten PTFE-haltige Wachsadditive. Üblicherweise migriert dabei der Polyethylen (PE)-Anteil an die Oberfläche und bildet einen Schutzfilm aus.

Kratzbeständig auch ohne PTFE

Mithilfe polymerer Oberflächenadditive lässt sich eine hohe Oberflächenglätte (Slip) erzeugen. In einem solchen Fall kann vollständig auf Wachsadditive verzichtet werden.

Die Härte von Oberflächen lässt sich mit einem Bleistifthärtetest beurteilen, indem sie mit Bleistiften unterschiedlicher Härtegrade geritzt werden. *Abb. 1* zeigt die Ergebnisse der Bleistifthärtetests zwei-

Ergebnisse auf einen Blick

- Der Austausch von PTFE in Pulverlacken ist anspruchsvoll – ein direkter 1:1-Ersatz existiert nicht, es sind kombinierte Lösungen erforderlich.
- Besonders herausfordernd ist die Nachbildung von Feintexturen, da Alternativen chemisch anders wirken.
- Optisch lassen sich Feintexturen gut nachstellen. Dies erfordert jedoch größere Rezepturanpassungen, die die Gesamtperformance beeinflussen können.
- Für Kratz- und Abriebbeständigkeit existieren bereits gut funktionierende Alternativen.

Tab. 1 // Martindale-Test an Proben mit verschiedenen Additiven.

	A	B	C	D	E
	Nullprobe	Standard (PTFE/PE)	Oberflächenadditiv	Modifiziertes PE	Experimentelles Additiv
Glanz initial	hoch	gering	hoch	gering	hoch
Glanz-Retention in %	65	80	70	80	85

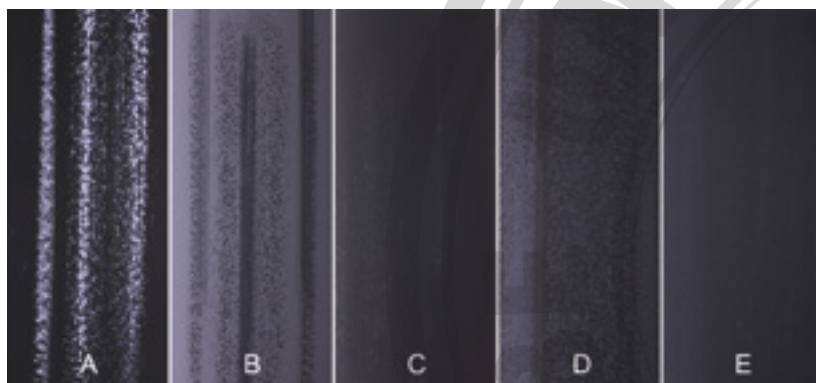
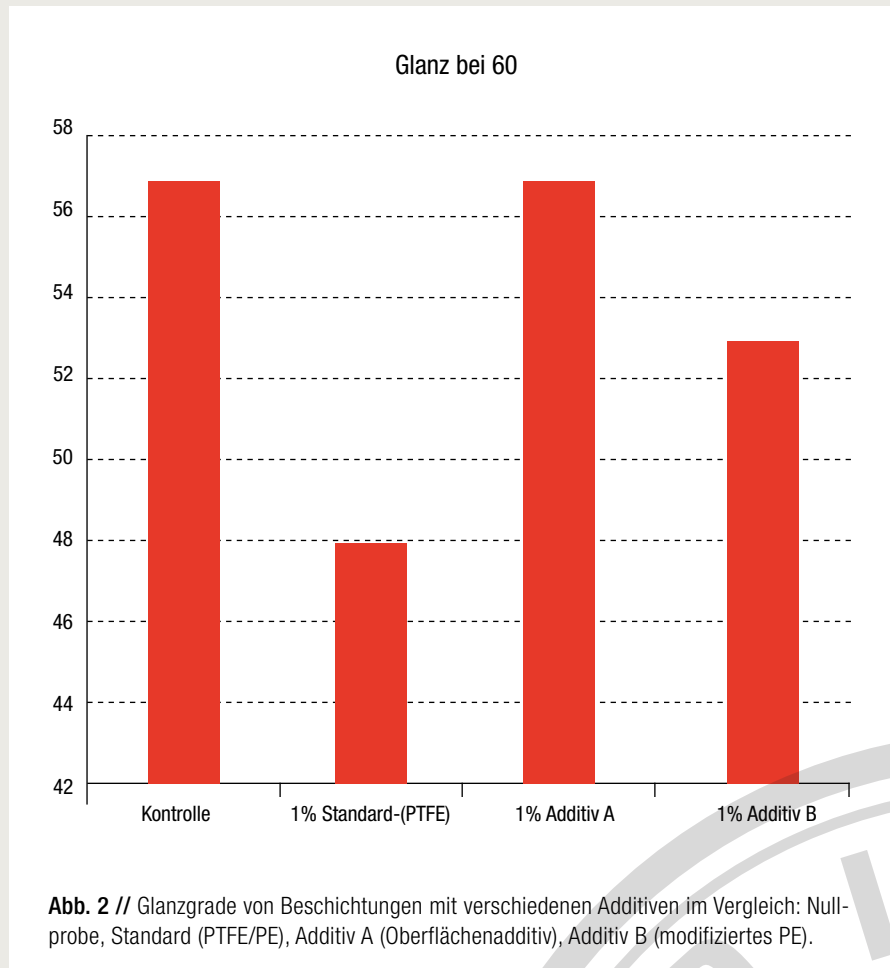


Abb. 3 // Kratzbeständigkeit bei gegeneinander geriebenen Blechen: A = Nullprobe, B = mit 2,0 % Standard-Additiv (PTFE/PE), C = mit 0,3 % Oberflächenadditiv, D = mit 2,0 % mod. PE, E = mit 1,0 % eines experimentellen Additivs.

er PTFE-freier Formulierungen im Vergleich zu einer Nullprobe ohne Additiv (Control) und einem PTFE/PE-haltigen Standard. Bei identischer Dosierung hatte das Additiv B (modifiziertes „PE Ceraflour 1051“) in einer PTFE-freien Formulierung eine mit dem Standard vergleichbare Wirkung. Additiv A (Oberflächenadditiv „Byk-3932 P“) sorgte sogar für einen besseren Wert.

Abb. 2 illustriert den großen Vorteil der PTFE-freien Additive: Beide Alternativen reduzieren den Glanz deutlich weniger als das PTFE-Additiv. Das Oberflächenadditiv (Additiv A) zeigt keinerlei negativen Einfluss auf den Glanz. Das modifizierte Polyethylen (Additiv B) reduziert den Glanz nur geringfügig, die Beschichtung ist gegenüber dem PTFE-haltigen Standard deutlich glänzender.

Es gibt eine Vielzahl weiterer Prüfmethoden, um die Kratzbeständigkeit, je nach Anforderung, zu beurteilen. Bereits ein einfacher „Fingernagel-Test“ kann einen ersten Eindruck vermitteln. Genauere und reproduzierbare Ergebnisse lassen sich mit einem Crockmeter-Test oder mit dem Martindale-Tester erzielen. Dennoch gibt es keinen eindeutigen Standard, auf den sich der gesamte Markt verständigt hat. Allen Testmethoden ist gemein, dass immer eine Kontrolle ohne Additiv und eine Standardprobe mit getestet werden sollten, um die erzielten Ergebnisse gegeneinander zu bewerten. Ebenso können modifizierte Methoden (Hausmethoden) verwendet werden, die mit einfachen Mitteln praxisrelevante Ergebnisse liefern.

Abb. 3 zeigt das Ergebnis eines Tests, bei dem zwei identisch beschichtete Bleche gegeneinander gerieben werden. Dies simuliert die Lagerung beschichteter Teile unter Vibration, etwa beim Transport. Der Test erfolgte unter konstanter Gewichtsbelastung (5 kg) mit jeweils 30 gleichmäßigen Hieben.

Die Oberfläche der Kontrolle ohne Additiv weist deutliche Spuren von Kratzern auf (Abb. 3 Blech A). Der Standard mit PTFE/PE (Abb. 3 Blech B) zeigt Spuren des Oberflächenbelags, der als Schutzfilm dient und damit die Beschichtung schützt. Das modifizierte PE (Abb. 3 Blech D) führte zu einem dem Standard vergleichbaren Ergebnis. Die Beschichtung mit dem PTFE-freien Oberflächenadditiv (Abb. 3 Blech C) blieb frei von Kratzspuren, ebenso die Beschichtung auf Basis einer Formulierung mit einem experimentellen Additiv (Abb. 3 Blech E).

Als zusätzliches Auswahlkriterium wurde mit dieser Serie ein Martindale-Test durchgeführt. In Tab. 1 ist die Glanz-Retention in Prozent der Proben nach Belastung angegeben. Es ist zu erkennen, dass der Glanz der Kontrollprobe deutlich abnimmt. Ein gutes Ergebnis, also eine hohe Retention, wird durch den Effekt eines Wachs-Schutzfilms erreicht, sowohl beim PTFE-Standard als auch bei der Formulierung mit dem modifizierten PE (Blech D). Die Beschichtungen mit dem Oberflächenadditiv (Blech C) und dem experimentellen Additiv (Blech E) erreichen hier den höchsten initialen Glanz bei ebenfalls hoher Retention. Um die bestmögliche Lösung für individuelle Anwendungen zu finden, empfiehlt sich die Kombination verschiedener Testmethoden. Ergänzend stehen Additive mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung zur Verfügung, die zusätzliche Flexibilität ermöglichen. Aufgrund der vergleichbaren Dosierung der alternativen Additive sind keine größeren Veränderungen in der Formulierung notwendig. Der Wirkmechanismus ähnelt dem PTFE-haltiger Additive. Die Kosten der Formulierung können durchaus reduziert werden. Oberflächenadditive bieten eine gute Alternative zu Wachsadditiven.

Abriebbeständig dank PTFE

Vor allem bei funktionellen, industriellen Anwendungen wie der Beschichtung von Landmaschinen (ACE) ist die Abriebbeständigkeit eine entscheidende Eigenschaft. Pulverlacke mit erhöhter Abriebbeständigkeit bieten Langlebigkeit durch verbesserten Schutz der beschichteten Teile und verhindern dadurch eine frühzeitig einsetzende Korrosion. Die Abriebbeständigkeit wird weitestgehend durch das verwendete Bindemittel-System und die Füllstoffe bestimmt. PTFE-haltige Additive verstärken diese durch ihre zähelastischen Eigenschaften.

Abriebbeständig auch ohne PTFE

Alternativ können andere Hartstoffpartikel (verschiedene Oxide oder Carbide) eingesetzt werden, welche die Oberfläche widerstandsfähiger gegen mechanische Beanspruchung machen. In den meisten Fällen werden diese Partikel in Kombination mit zähelastischen Materialien, wie z. B. Polyethylen, verwendet.

Um die Abriebbeständigkeit zu beurteilen, stehen verschiedene Prüfmethode zur Verfügung. Beim Taber-Abriebtest, einer etablierten und anerkannten Methode, wird die Abriebmenge anhand des Gewichtsverlusts der Probe nach einer bestimmten Anzahl von Zyklen gemessen.

Abb. 4 stellt die Ergebnisse der Taber-Tests an Beschichtungen mit verschiedenen Addi-

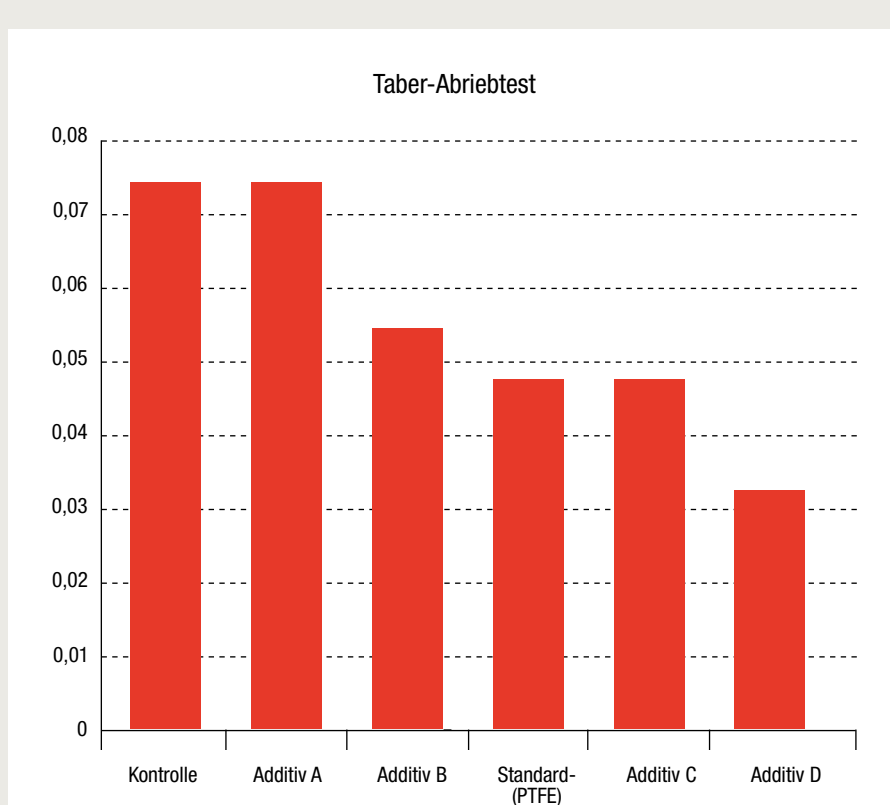


Abb. 4 // Abrieb nach Taber-Test an Beschichtungen mit verschiedenen Additiven: Nullprobe, Standard (PTFE/PE), Additiv A (Oberflächenadditiv), Additiv B (mod. PE), Additiv C (mod. HDPE), Additiv D (experimentelles Additiv); Dosierung aller Additive = 2,0 %.

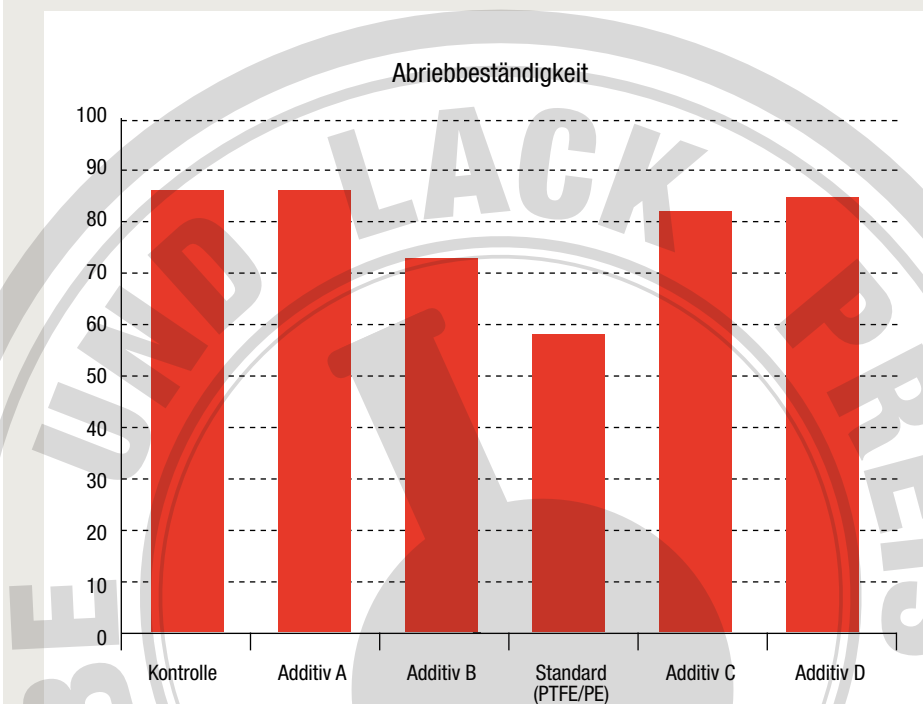


Abb. 5 // Glanzreduzierung durch eingesetzte Additive (vor Taber-Test). Test an Beschichtungen mit verschiedenen Additiven: Nullprobe, Standard (PTFE/PE), Additiv A (Oberflächenadditiv), Additiv B (mod. PE), Additiv C (mod. HDPE), Additiv D (experimentelles Additiv); Dosierung aller Additive = 2,0 %.

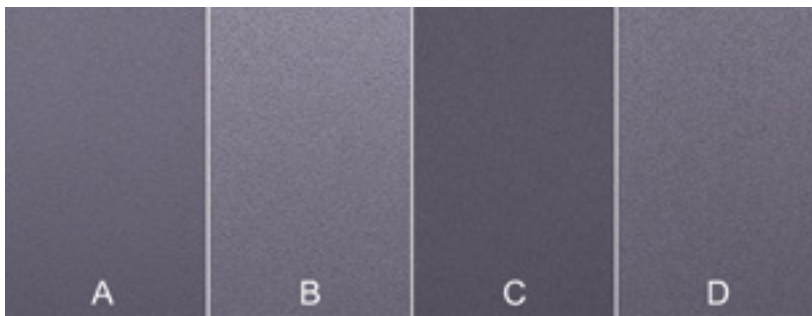


Abb. 6 // Feintextur von Beschichtungen mit verschiedenen Organoclays: A = 0,5 % Standard PTFE, B = 5,0 % Organoclay GA, C = 4,0 % Organoclay CT, D = 4,0 % Organoclay-Mix.

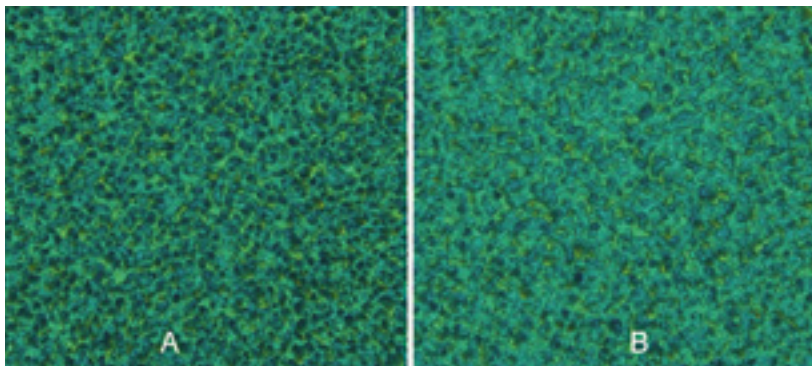


Abb. 7 // Vergleich der Oberflächentopografie: A = Standard-Beschichtung mit PTFE, B = Beschichtung mit Organoclay Mix sowie modifiziertem PE.

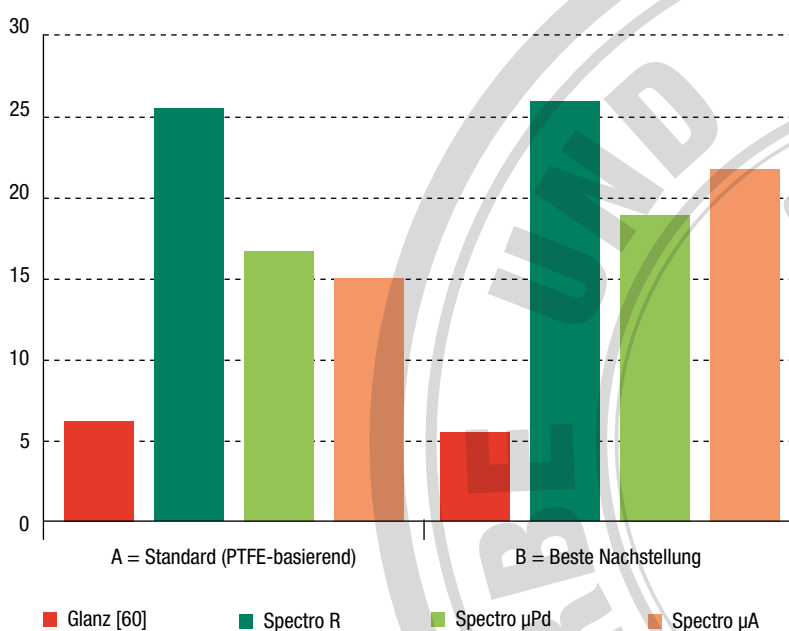


Abb. 8 // Feinjustierung der Textur mittels weiterer Additive.

ven dar. Gegenüber der Nullprobe (Kontrolle) zeigt die PTFE-haltige Standard-Formulierung mit einem deutlich verringerten Abrieb. Die Additiv A enthaltende Beschichtung weist einen ebenso starken Abrieb auf wie die Kontrolle. Das belegt, dass ein Oberflächenadditiv, wie es für eine Erhöhung der Kratzbeständigkeit eingesetzt wird, keine Widerstandsfähigkeit gegen stärkere mechanische Belastungen erzeugen kann.

Additive B und Additiv C (mod. HDPE „Ceraflour 924“) erhöhen die Abriebbeständigkeit ähnlich stark wie PTFE. Zusätzlich wurde in dieser Reihe ein experimentelles Additiv (Additiv D) geprüft, das demgegenüber eine weitere Verbesserung bringt.

Neben der Funktionalität der Additive, eine verbesserte Abriebbeständigkeit zu erzeugen, sollten auch ästhetische Eigenschaften berücksichtigt werden. Abb. 5 illustriert, dass der initiale Glanz der Probe (vor Taber-Test) mit dem PTFE-Standard am stärksten reduziert wird. Ein sehr gutes Ergebnis wird in dieser Reihe mit Additiv C erzielt. Es führt zu einer vergleichbaren Abriebbeständigkeit wie der Standard, hat aber nur einen geringen Einfluss auf den Glanz. Das experimentelle Additiv D überzeugt hingegen sowohl durch eine geringe Glanzreduzierung als auch beim Abrieb mit dem besten Ergebnis.

Dank vergleichbarer Dosierung sind keine wesentlichen Änderungen an der Formulierung nötig. Der Wirkmechanismus der getesteten Additive ähnelt dem PTFE-haltiger Additive und ermöglicht eine potenzielle Kostenreduktion.

Feintexturiert dank PTFE

Feintexturierte Formulierungen sind in vielen industriellen Anwendungen etabliert. Sie bieten nicht nur dekorative und ästhetische Vorteile, sondern erzeugen durch ihre matte Oberfläche eine angenehme Haptik. Hinzu kommen funktionale Eigenschaften, da diese Beschichtungen sehr robust und beständig sind. Eine solche Mikrostruktur lässt sich über die Zusammensetzung des Pulverlacksystems sowie die eingesetzten Additive gezielt einstellen. PTFE-haltige Additive können in nahezu jedem System eine Feintextur generieren.

Feintexturiert auch ohne PTFE

Die Wirkweise von PTFE-haltigen Additiven zur Erzeugung einer Feintextur ist sehr komplex. Wichtige Faktoren sind die Charakteristika der Partikel selbst, also ihre Größe, ihre niedrige Oberflächenspannung und ihre Neigung zur Fibrillierung während des Extrudierens. Diese substanzspezifischen Eigenschaften sind sehr speziell und lassen sich kaum durch alternative Substanzen nachstellen. Die Erzeugung einer Feintextur ohne PTFE erfordert daher eine Umstellung des Wirkmecha-

nismus. Als mögliche Substituenten kommen folgende Materialien in Frage:

- Organoclays = modifizierte Schichtsilikate, welche häufig als Rheologieadditive verwendet werden
- Silica = amorphes Siliziumdioxid. Die offenporige Struktur mit großer innerer Oberfläche hat ein hohes Aufnahmevermögen und wirkt dadurch ebenfalls rheologisch.
- alle Arten von hochschmelzenden Kunststoffen (z. B. UHMWPE/PEEK/PP) mit Partikelgrößen von mind. 50 µm und deutlich darüber.
- faserförmige Polymere, Biopolymere und Füllstoffe

Abb. 6 zeigt die Nachstellung einer Standard-PTFE-basierenden Feintextur (Bild A) mithilfe verschiedener Organoclays (Bilder B bis D). Durch eine Wahl unterschiedlicher Typen und Oberflächenbehandlungen lassen sich vielfältige Variationen des optischen Erscheinungsbilds erreichen. Zusätzlich ist eine Kombination in jedem Verhältnis möglich. Bild D zeigt exemplarisch eine 50:50-Kombination aus B und C.

Textur und Haptik feinjustieren

Neben der rein optischen Betrachtung von Oberflächen lassen sich diverse Messwerte heranziehen, um eine gegebene PTFE-Feintextur nachzustellen. Reguläre Farb- und Glanzmessungen sind bereits hilfreich, um die Ergebnisse einzuengen. Eine höhere Präzision

lässt sich erreichen, wenn die Oberflächen-topografie messtechnisch erfasst wird. Das Messgerät „Spectro2profiler“ liefert mehrere Messwerte, anhand derer sich die Topografie visuell darstellen lässt.

Abb. 7 vergleicht einen feintexturierten PTFE-haltigen Standard (A) mit der entsprechenden Nachstellung (B). Die Messwerte und damit die Topografien sind in diesem Fall nahezu deckungsgleich und bestätigen, dass die PTFE-freie Nachstellung dem Standard sehr nahe kommt.

Wie in Abb. 8 zu sehen ist, lässt sich die Textur durch die Zugabe weiterer Additive gezielt feinjustieren. Neben einer Kombination aus Organoclays („Garamite“ und „Claytone“) wurde zusätzlich ein modifiziertes Polyethylen eingesetzt. Dieses Wachsadditiv hat primär keinen Textur-erzeugenden Effekt, sorgt aber für eine Anpassung der Topografie sowie der Glanzwerte und verbessert die Haptik der Oberflächen.

Auch die Haptik lässt sich gezielt über Verlaufsadditive beeinflussen. Bei fein strukturierten Oberflächen ist deren Einsatz oft nicht erforderlich, da die geringe Verlauftiefe die Bildung von Störungen wie beispielsweise Kratern nahezu ausschließt. Trotzdem kann es empfehlenswert sein, einen vergleichenden Versuch mit und ohne Verlaufsadditiv durchzuführen. Eine sehr raue Textur lässt sich damit zu einer weicheren und glänzenden Oberfläche verändern, die möglicherweise besser den Erwartungen entspricht.

Formulierungen anpassen

Aufgrund der höheren Dosierung von Additiven, um eine Feintexturierung ohne PTFE zu erzeugen, sind größere Anpassungen in der Formulierung notwendig. So kann beispielsweise der Bindemittel- oder Füllstoff-Anteil entsprechend angepasst werden. Aufgrund der geänderten chemischen Zusammensetzung kann zudem der Wirkmechanismus ein anderer sein und verschiedenste andere Eigenschaften beeinflussen. Über die Kombination verschiedener Additive lässt sich die Formulierung weiter optimieren.

Kontakt // Thomas.Czeczatka@altana.com und Judith.Ewald@altana.com

THOMAS CZECZATKA

Jahrgang 1972, absolvierte nach seiner Ausbildung zum Lacklaboranten ein Studium des Chemieingenieurwesens mit Schwerpunkt Lacktechnik an der Hochschule Niederrhein in Krefeld. Ergänzend schloss er eine Weiterbildung zum Technischen Betriebswirt (IHK) ab. Nach mehreren Jahren in der Entwicklung von Bindemitteln für Pulverlacke wechselte er 2005 zu Byk. Dort übernahm er zunächst die Leitung des technischen Servicelabors für Pulverlacke. Seit 2011 verantwortet er den weltweiten technischen Service für Additive im Pulverlackbereich.



JUDITH EWALD

absolvierte im Rahmen eines dualen Studiums eine Ausbildung zur Chemielaborantin und machte ihren Master of Chemical Engineering mit Schwerpunkt Lacktechnik an der Hochschule Krefeld. Seit 2016 ist sie für Byk tätig, zunächst im technischen Service für Pulverlacke und flüssige Industrielacke. Nach einem zweijährigen Einsatz bei Byk in den USA wechselte sie 2019 nach Deutschland und übernahm die Leitung des technischen Servicelabors für Pulverlacke.



Mehr zum Thema!



31 Ergebnisse für PTFE-frei!
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360