

Optimierung durch Oberflächenbehandlung

Korona- und Plasmavorbehandlung verbessern die Farbhaftung auf Folien

WOLFGANG SCHUBERT¹, CHRISTIAN WIESNER

Kunststofffolien werden in allen Bereichen der Industrie und insbesondere der Verpackungstechnik eingesetzt. Oftmals muß dabei den Oberflächeneigenschaften eine besondere Beachtung geschenkt werden und das insbesondere im Hinblick auf Oberflächenspannung, Haftung, Laminierbarkeit sowie Siegfähigkeit. Um dies zu gewährleisten, ist bei den meisten Substraten eine Vorbehandlung der Oberfläche erforderlich.

Grundsätzlich gilt, daß die Substrate bzw. Folien nur bedruckt werden können, wenn ihre Oberflächenspannung über der Druckfarbe oder des zu applizierenden Stoffes liegt. Dazu wird traditionell eine Plasmavorbehandlung mit Luft als Prozeßgas, auch als Koronavorbehandlung bekannt, eingesetzt. Diese sollte bei der Folienherstellung im Extruder erfolgen sowie erneut in der Druckmaschine, als Auffrischung unmittelbar vor dem Druckvorgang. Durch die Koronavorbehandlung werden Sauerstoffgruppen in die Oberfläche der Folie eingebracht. Diese Sauerstoffgruppen erhöhen durch ihre unterschiedliche Elektronegativität die Oberflächenenergie und stellen damit eine ausreichende Benetzbarkeit sicher. Erst wenn diese Benetzbarkeit gegeben ist, ist eine ausreichende Haftung der Druckfarbe auf dem Substrat möglich.

Haftung ergibt sich dabei niemals aus der Oberflächenenergie selbst, sondern immer aus chemi-

schen Bindungen zwischen den Molekülen des Substrats und der Beschichtung sowie aus einer Verdrehung der Polymer-Ketten. Deshalb ist eine ausreichend hohe Oberflächenenergie der Folie eine wichtige Grundvoraussetzung dafür, daß gute Haftung überhaupt entstehen kann. Jedoch wird sie aber nicht immer zwingend dazu führen. Das kann gut am Beispiel von nicht beschichteten PET-Folien in der Beschichtungs- und Druckpraxis beobachtet werden. Diese weisen meist eine hohe Oberflächenenergie auf, lassen aber dennoch nur schlechte Farbhaftungsergebnisse zu.

Zu beachten ist dabei, daß die übliche Koronavorbehandlung negative Auswirkungen auf die Siegfähigkeit der Folien hat. Besonders in Blasfolienextrudern werden daher meist Koronaanlagen mit segmentierten Elektroden eingesetzt, um die Behandlung an den späteren Siegelstellen aussetzen zu können. Jedoch ist so an diesen Stellen keine Bedruckbarkeit gegeben.

Dagegen werden bei der Atmosphärendruck-Plasmavorbehandlung, mit Stickstoff als Prozeßgas (auch als Controlled Atmosphere Plasma System [CAPS] bekannt), unter Ausschluß von Sauerstoff, spezielle Stickstoffgruppen in die Oberfläche der Folie eingepfropft. Diese erhöhen ihrerseits die Oberflächenenergie und dienen gleichzeitig als ideale chemische Ankerpunkte für nachfolgende Druck-

Beschichtungs- und/oder Laminierprozesse. Zudem wird bei dieser Behandlung die Siegfähigkeit nicht nennenswert beeinflusst und zusätzlich eine sehr hohe Lagerstabilität erreicht.

Die Basistechnologie für dieses Verfahren (Generierung des Plasmas über dielektrische Barriereentladung) ist dabei vollständig industriell erprobt, da sie weitestgehend identisch mit der von konventionellen, leistungsstarken Koronaanlagen ist. Das System definiert sich, neben dem Stickstoff als hauptsächlichem Trägergas, insbesondere über den Aufbau und die Aufrechterhaltung der speziellen Gasatmosphäre im Plasmareaktorraum sowie über das Rezeptieren und die exakte Dosierung der notwendigen Zusatzgase. Dabei läßt sich die Kontinuität der Prozeßgasatmosphäre in der Reaktorkammer trotz der ständig von der Materialbahn eingebrachten Umgebungsluft sicherstellen.

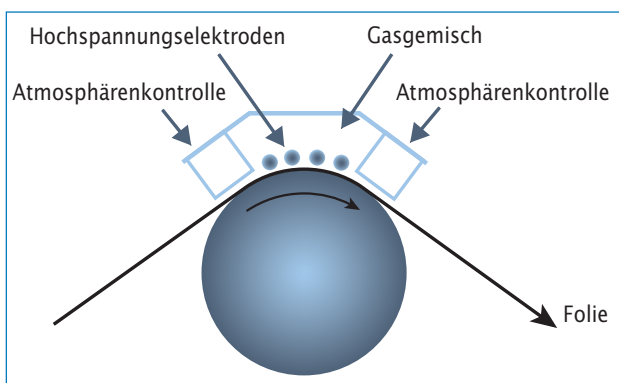
Modifikation der Folienoberfläche im Plasma

Durch die stille elektrische Entladung (Dielectric Barrier Discharge [DBD]) werden (stark) angeregte Spezies im Plasma erzeugt, die bestehende Bindungen zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff (Polymer) aufbrechen können. Bei Anwesenheit von Sauerstoff (Korona) werden diese offenen Bindungen sehr schnell von dessen Radikalen saturiert, so daß es kaum zur Einlagerung von Stickstoff in der Folie kommen kann. Erst wenn sichergestellt ist, daß nur noch sehr geringe Mengen Restsauerstoff im Reaktorraum vorhanden sind, ist es möglich, Stickstoff und dessen Verbindungen im nennenswerten Umfang in die Folienoberfläche einzubringen.

Dazu wird, über ein spezielles Schließensystem (am Einlauf und am Auslauf der Plasmaanlage), das kontinuierlich mit Stickstoff versorgt werden muß (6–10 l an N₂ je m² Folie), die laminare Grenzschicht auf der Folie abgeschält. Zudem wird der gesamte Reaktorraum permanent mit dem Prozeßgas geflutet

¹ Schubert GMD Industrieberatung, Tauscha/D.

Konzept einer Plasmavorbehandlungsanlage mit kontrollierter Stickstoffatmosphäre.



(leichter Überdruck). Bei den dabei entstehenden Stickstoffgruppen handelt es sich hauptsächlich um Amine, Amide und Imide.

Bei einer XPS-Analyse (X-ray Photoelectron Spectroscopy) läßt sich sehr gut nachweisen, daß die Einlagerung von Stickstoff in der Folienoberfläche in nennenswerter Maße erfolgt ist. Unter idealen Voraussetzungen sind heute Werte von bis zu 15% realisierbar.

Über die Rezeptierung der dem Stickstoff zugegebenen Zusatzgase kann die Anzahl und die Art der nachweisbaren Stickstoffgruppen in der Folienoberfläche in bestimmten Grenzen beeinflusst werden. Bei diesen Zusatzgasen, welche nur direkt in den Reaktorraum geführt werden (nicht in die Schleusen) und von denen zumeist minimale Mengen (einige hundert ppm) ausreichen, wird im wesentlichen zwischen oxidierender oder reduzierender Wirkung unterschieden.

Der Zusammenhang zwischen den eingesetzten Zusatzgasen, deren Dosierung und den daraus resultierenden Stickstoffgruppen auf der Folienoberfläche stellen das Kernwissen dieser Technologie dar. Sie sind in vielen Fällen durch entsprechende Patente geschützt.

Nachweis der Bedruckbarkeit

Nach der erfolgten Plasmavorbehandlung läßt sich die Bedruckbarkeit der Folien in einem Haftungstest nachweisen. Entscheidend ist hierbei, daß vor der industriellen Anwendung in Laborversuchen herausgefunden wird, welche Stickstoffgruppen zur idealen Haftung mit dem eingesetzten Beschichtungs- und/oder Klebstoff führen. Je nach chemischer Zusammensetzung kann es hierbei zu deutlichen Unterschieden kommen,

Gasgemisch (GM)	Spezifische Energie (Wmin/m ²)	C (%)	O (%)	N (%)	O/C	N/C	N/O
Unbehandelt	0	100,00	0,00	0,00	0,000	0,000	
Luft/Korona	50	86,01	13,35	0,64	0,155	0,007	0,048
Luft/Korona	100	83,93	15,48	0,59	0,184	0,007	0,038
GM1	50	87,42	6,44	6,14	0,074	0,070	0,953
GM1	100	83,93	7,77	8,30	0,093	0,099	1,068
GM2	50	88,69	6,80	4,51	0,077	0,051	0,663
GM2	100	85,68	7,78	6,54	0,091	0,076	0,841
GM3	50	85,30	11,15	3,55	0,131	0,042	0,318
GM3	100	82,54	11,63	5,83	0,141	0,071	0,501

Tabelle:
Beispiel für die XPS-Analyse einer Folienoberfläche.

und das sogar bei chemisch verwandten Farb- oder Klebstoffsystemen. Da die Anlagen über effiziente, computergesteuerte Gasmischsysteme verfügen, ist man in der Lage, die eingespeisten Zusatzgase und deren Dosierung in sehr kurzer Zeit anzupassen. Häufige Produktumstellungen sind so problemlos möglich.

Anwendung

Die Anwender der CAPS-Plasma-Technologie lassen sich derzeit in zwei Gruppen einteilen:

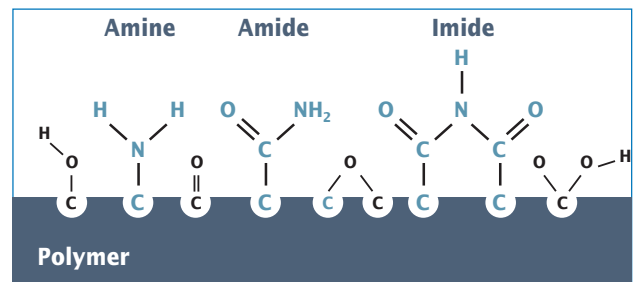
- Folienhersteller,
- Folienveredler sowie Drucker.

Folienhersteller definieren über die Plasmavorbehandlung eine neue Folienart, die deren existierendes Produktspektrum um neue Hafteigenschaften erweitert. Hauptaufgabe ist dann die Markteinführung der neuen Sorten bei den Kunden, was in den meisten Fällen mit Aufklärungsarbeit und Feldversuchen verbunden ist. Der Vorteil für den Folienhersteller ist eine daraus resultierende hohe Kundenbindung.

Der zweite Anwenderkreis, die Folienveredler und Druckereien, können über das Verfahren nennenswerte Einsparungen in der Herstellung ihrer Produkte erzielen, speziell wenn zuvor flüssigchemische Primer- und Haftgrundbe-

schichtungen appliziert werden müssen oder nur (teure) vorbe-schichtete Folientypen einsetzbar sind.

Neue Anwendungen könnten sich bei der Verarbeitung von ETFE-Folien (Solarenergie, Energietechnik), aber auch bei Anti-Haftung als kostengünstige Alternative zu Silikonbeschichtungen ergeben, speziell bei niedrigen Anforderungen an die Ablösekräfte.



Fazit

Die Plasmavorbehandlung von Folien in einer kontrollierten Prozessgasatmosphäre liefert exzellente Haftergebnisse mit hoher Stabilität und ist eine gute und kostengünstige Alternative zu vielen flüssigen chemischen Primer-Beschichtungen. Dadurch werden völlig neue Beschichtungskombinationen realisierbar.

→ www.schubert-gmd.de

Pfropfen von Stickstoffgruppen in der Oberfläche von Polymerfolien.

Links: Gasmischsystem mit Rezeptsteuerung.

Mitte, rechts: CAPS-Anlagen.

