

Neue Möglichkeit zur Erosionsprüfung von Rotorblattbeschichtungen

Institut für Lacke und Farben e.V. entwickelt in Zusammenarbeit mit Windenergieanlagen-, Lack- und Geräteherstellern einen Erosionsprüfstand

Die Entwicklung, Auswahl und Prüfung von geeigneten Beschichtungsmaterialien ist für die Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit einer Windenergieanlage essentiell. Am Institut für Lacke und Farben e.V. in Magdeburg ist jetzt ein Erosionsprüfstand (EPS) entwickelt worden, mit dem Regen-erosionsschäden simuliert werden können.

Rotorblätter von Windenergieanlagen sind im Einsatz extremen Belastungen ausgesetzt. Bei millionenfachen Umläufen mit Blattspitzengeschwindigkeiten von bis zu 300 km/h werden die Blattoberflächen vor allem durch Niederschläge geschädigt. Für den Schutz der Blattstruktur werden in der Regel spezielle wetterbeständige Beschichtungssysteme verwendet. Dennoch sind durch Regentropfen verursachte Schäden an Rotorblattoberflächen allgegenwärtig. Die Beschichtung des Rotorblattes ist teilweise bzw. vollständig zerstört und abgetragen. Aufgrund dieser Beschädigungen verändern sich die Strömungsbedingungen am Blatt, wodurch

sich die Leistungsausbeute verringert und die Lärmemission zunimmt. Zusätzlich ist die Blattstruktur nicht mehr gegen UV-Strahlung geschützt. Kleinere Erosionsschäden werden in der Regel im Rahmen von Wartungsarbeiten ausgebessert. Bei größeren Schädigungen müssen die Rotorblätter ausgetauscht werden. Aufgrund der Größe von modernen Windenergieanlagen ist jede Form der Reparatur mit sehr hohem Aufwand und den damit einhergehenden Kosten verbunden. Die Entwicklung, Auswahl und Prüfung von geeigneten Beschichtungsmaterialien ist somit essentiell für die Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit einer Windenergieanlage.

Simulation im Einsatz

Am Institut für Lacke und Farben e.V. in Magdeburg wurde sich in Zusammenarbeit mit Windenergieanlagen-, Lack- und Geräteherstellern diesem komplexen Problem angenommen und ein Erosionsprüfstand (EPS) entwickelt. Dieser ermöglicht die Simulation von



Durch einen Erosionsschaden, hier an der Blattvorderkante eines Rotorblattes, ändern sich die Strömungsbedingungen.

Quelle: S. Brassel, Deutsche Rotor- und Turm-Service GmbH

Regenerationsschäden. Die reproduzierbar erzeugten Schadensbilder gleichen dabei denen, die auch im Feldeinsatz entstehen. Somit ist es möglich, neben dem Vergleich von verschiedenen Beschichtungssystemen auch den Mechanismus der Regeneration an Lacksystemen zu analysieren. Die Auswertung der simulierten Schäden mit einer geeigneten Bewertungsmethode und die Begutachtung von realen Schäden nach dem

Einsatz an einer Windenergieanlage ermöglichen zusätzlich richtungsweisende Erkenntnisse zur gezielten Verbesserung von Rotorblattbeschichtungen.

Zusätzlich besteht am iLF e.V. die Möglichkeit weitere schädigende Umwelteinflüsse für Rotorblattoberflächen mit zu berücksichtigen. So können Proben einer UV-Bewitterung unterzogen und nachfolgend hinsichtlich ihrer Erosionsbeständigkeit untersucht werden.

Ebenso können die Härtewerte der Beschichtungssysteme gemessen und verglichen werden, um ergänzende Aussagen zur Optimierung von Lacksystemen treffen zu können.

Für die Prüfung zur Beständigkeit gegen Regen-erosion werden bisher plane Proben im „Scheckkartenformat“ verwendet. Wie ein modernes Rotorblatt bestehen sie aus Glasfaserverbundmaterial mit einer ein- oder mehrlagigen Beschichtung. Die Proben werden im Erosionsprüfstand in Rotation versetzt und mit einem beschleunigten Wasserstrahl beansprucht. Durch die Rotationsbewegung der Proben fährt der Wasserstrahl die Proben ab und erzeugt über einen längeren Zeitraum (1-20 h) einen Erosionsschaden. Die erzeugten Schäden werden nach definierten Zeitintervallen lichtmikroskopisch begutachtet. Bei den ersten Zwischenauswertungen wird deutlich, dass zunächst viele kleine und einige größere Fehlstellen in der Beschichtung aufzufinden sind. Diese Fehlstellen erscheinen zunächst als „Löcher“. Im

Laufe der Versuchsdurchführung nimmt deren Anzahl und auch die Größe zu – bis hin zum flächigen Materialabtrag. Es handelt sich stets um einen kontinuierlichen Schadensverlauf und nicht etwa, um einzelne, plötzlich auftretende Fehler in der Beschichtung, die dann ein flächenhaftes Versagen zur Folge haben.

Der Versuch im Erosionsprüfstand wird beendet, sobald die Fehlstellen in der Beschichtung das GFK-Substrat erreichen. Die gezielte Auswertung der Schäden ermöglicht sowohl eine Gut-/Schlecht-Prüfung als auch einen Vergleich zwischen verschiedenen Beschichtungssystemen unter gleichen Bedingungen. Weiterhin ist eine Untersuchung des Schadensverlaufs beginnend bei der Initiierung bis zum vollständigen Versagen möglich. Dadurch können erstmals Aussagen zum Mechanismus getroffen werden.

Institut für Lacke und Farben e.V.,
Magdeburg, Markus Wilke,
Tel. +49 391 6090-0,
markus.wilke@lackinstitut.de,
www.lackinstitut.de

FRAUNHOFER
IPA
AKTUELL

Zerstäubungsmechanismen verstehen

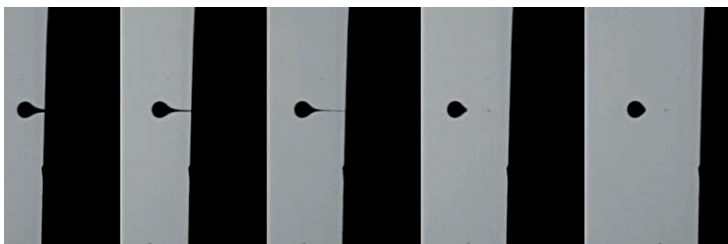
Hochgeschwindigkeitskameras erlauben neue Einblicke in Lackapplikationsprozesse und helfen Fehler zu vermeiden

Am Fraunhofer IPA werden jetzt erfolgreich Hochgeschwindigkeitskameras zur Fehleranalyse und Zerstäuberoptimierung eingesetzt.

Die Vorgänge im Moment der Zerstäubung sind derzeit noch nicht im Einzelnen verstanden. Dies führt dazu, dass die Ursachen für viele Probleme beim Spritzlackieren im Unklaren liegen und die empirische Fehlerbehebung keine nachhaltige Prozesssicherheit garantiert. Die neueste Generation von Hochgeschwindigkeitskameras erlaubt die bislang nicht mögliche Visualisierung der schnellen Vorgänge auf mikroskopischer Skala bei der Lackzerstäubung und beim Lacktransport zum Werkstück.

Mikrosekunden und Mikrometer

Das am Fraunhofer IPA eingesetzte neueste Equipment zur Hochgeschwindigkeitsaufnahme (Beleuchtung, Spiegeltechnik, Kamera, Objektiv) erlaubt hohe Bildraten bis 1.000.000 Bilder pro Sekunde)



Gezielte Tröpfchenerzeugung an einer Düse.

Quelle (zwei Fotos): IPA

bei gleichzeitig hoher Auflösung (einige Mikrometer pro Pixel). Dies ist nötig um einerseits die typischen kleinen Tröpfchen (ab ca. 10 µm) zu beobachten und andererseits die hohen Geschwindigkeiten (über 100 m/s nahe am Zerstäuber) aufzulösen. Dadurch bewegt sich ein Tröpfchen lediglich um die Länge einiger Tröpfchendurchmesser von Bild zu Bild und so können seine Größe, Geschwindigkeit und ein Zerfallen oder Kollisionen analysiert werden.

Zukünftig soll auch die Bildverarbeitung eingesetzt werden, um die großen Datenmengen effizient zu sichten. Ergänzend können Lasermetho-

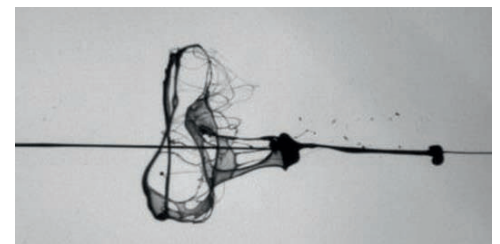
den wie Laser-Doppler-Anemometrie und Fraunhoferbeugung die Statistik bezüglich der Tröpfchengeschwindigkeit und der Tröpfchengröße erweitern. Um einen guten visuellen Überblick über den gesamten Spritzkegel zu erhalten, werden die Untersuchungen durch Laserschnitttechnik begleitet.

Zerstäubung verstehen

Die Methoden lassen sich für alle Arten von Zerstäubern einsetzen, vom Airless über Luftzerstäuber oder Spraydosen bis zur Hochrotationsglocke. Die Hochgeschwindigkeitsaufnahmen ermöglichen ein tieferes

Verständnis der Zerstäubungsvorgänge. Beispielsweise kann bestimmt werden, wo die Zerstäubung abgeschlossen ist, ob ausschließlich kugelförmige Tröpfchen erzeugt werden und welche Zerstäubungsmechanismen welche Rolle spielen (Rotation, Luftströmung, Treibgase, Elektrostatik, Ultraschall, ...). Schlussendlich sollen damit konkrete lackiertechnische Fragen beantwortet werden, z.B.:

- Welcher Abstand zum Substrat wird benötigt?
- Welche Ursachen für Zerstäuberverschmutzung treten auf, die im Nachhinein über Lackierfehler die Nacharbeitsquote erhöhen? Wie



Tröpfchenerfall durch Kollision zweier Tröpfchen.

kann man die Probleme vermeiden?

- Wie wird der Glockenteller vom Lackfilm benetzt?
- Kann die Zerstäubung effektiver (z.B. mit weniger Luft) erfolgen, um Overspray zu vermeiden?
- Wie entstehen bestimmte Lackierfehler z.B. Luftpfeifen?
- Wie wirkt sich das Auftreffen der Lacktröpfchen auf dem Substrat auf Benetzung, Verlauf, Effekt oder Farbton aus?

Hochgeschwindigkeitskameras werden am Fraunhofer IPA erfolgreich zur Fehleranalyse und Zerstäuberoptimierung eingesetzt. Die Highspeed-Aufnahmen ergeben in Kombi-

nation mit den weiteren Methoden der Sprühstrahlcharakterisierung ein wesentlich umfassenderes Bild der Lackapplikation.

Fraunhofer
IPA

Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und
Automatisierung IPA,
Stuttgart,
Dr. Michael Hilt,
Tel. +49 711 970-3820,
michael.hilt@ipa.fraunhofer.de,
Dr. Oliver Tiedje,
Tel. +49 711 970-1773,
oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de,
www.ipa.fraunhofer.de/
beschichtung