



Bilder: RBC

# Herausforderung Carbonlackierung

## Wichtige Aspekte und Lösungsansätze für die erfolgreiche Lackierung von Carbon-Bauteilen

Für viele Branchen und deren Produkte ist Carbon ein ebenso attraktiver wie wichtiger Werkstoff. Eine der zentralen Herausforderungen ist die richtige Vorbereitung solcher Oberflächen für eine Lackierung. Um diese Mechanismen zu verstehen, ist eine fundierte Auseinandersetzung mit dem Werkstoff Kohlenstoff notwendig.

Aktuell wird Kohlenstoff in Form von Carbon (CFK) vermehrt im Automobilbau mit all seinen Herausforderungen eingesetzt. Davon abgesehen kommen Kohlefaser-Verbünde nicht nur in Raumschiffen, Jets oder Rennwagen zum Einsatz, sondern inzwischen auch in immer mehr Dingen des täglichen Bedarfs – die Palette ist mittlerweile vielfältig.

Insbesondere bieten Verbundwerkstoffe die Möglichkeit, durch die Kombination verschiedener Werkstoffe bei Faser und Matrix auf spezielle Anwendungen maßgeschneidert zu werden. Insbesondere die hohe Zugfestigkeit bei geringem Gewicht von Faserverbundwerkstoffen machen diese zunehmend interessant für industrielle Anwendungen.

Kohlefaserbauteile werden häufig aus gewebten Fasermatten hergestellt, die in einer Form durch unterschiedliche Verfahren mit Harz getränkt werden.

Prinzipiell gilt, dass ein Werkstoff in Faserform in Faserrichtung eine vielfach größere Zugfestigkeit aufweist, als dasselbe Material in anderer Form. Je dünner eine Faser ist, desto größer ist ihre Zugfestigkeit. So lassen sich eine Vielzahl unterschiedlicher Fasern mit Kunststoffen, Metallen oder keramischen Werkstoffen kombinieren. Einen wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften von Kohlefaserbauteilen, insbesondere in Bezug auf ihre Oberflächenqualität und das Alterungsverhalten, hat das Herstellungsverfahren an sich.

### Problemanalyse bei Defekten

Für die meisten Veredelungsbetriebe ist die Carbon-Lackierung derzeit jedoch noch ein Problemfeld. Worin hier die Herausforderungen und Gründe für Qualitätsmängel liegen können, soll im Folgenden gezeigt werden. Insbesondere soll deutlich werden, wie sich die unterschiedlichsten Herstellungs- aber auch die darauffolgenden Abarbeitungsverfahren auswirken.

Die RBC-Ralf Beinbrecht Consulting wurde von einem bekannten Zulieferer, der viele OEMs mit wichtigen Karosserieteilen ausstattet, beauftragt, ein aktuelles Sichtcarbon-Projekt auf mögliche Verbesserungspotenziale zu durchleuchten. Auslöser hierfür waren nicht zuletzt Ausfälle in Klimawechseltests und in den der Lackierung nachgeschalteten Prozessschritten. Aufgrund dessen wurde der Herstellungs- und Nachveredelungsprozess auf Schwachstellen und mögliche potenzielle Anpassungen analysiert.

In dem Projekt wird ein Sichtcarbon-Bauteil farblich überwiegend im Schwarztonbereich durch eine Beschichtung veredelt und optisch aufgewertet. Der dazu notwendige Herstellungs- aber auch Veredelungsprozess wurde für alle drei beteiligten Betriebe von der Carbon-Herstellung über die Vorbereitung bis hin zum Veredelungsbetrieb analysiert, um die Schwachstellen des Prozesses aufzudecken und damit die die Ausfallrate auf ein erträgliches Minimum zu reduzieren. Primäre Herausforderungen waren Blasenbildung und ein starkes Durchscheitern der Gewebestruktur nach dem Veredelungsprozess.

Zunächst einmal gilt es in einem solchen Fall im Rahmen einer hypothetischen Betrachtung alle denkbaren Ursachen zusammenzutragen. Anhand der in diesem Fall vorgefundenen Blasen-Charakteristika

## Herstellungsverfahren für CFK-Verbundbauteile

- + Manuelle Verarbeitung: Gewebematten oder Rovings werden manuell in die Form gelegt und mit Harz getränkt und unter Überdruck oder Vakuum ausgehärtet. Wirtschaftlich nur für kleine Serien.
- + Automatic Patch Placement: Der Prepreg wird automatisiert in einzelne Abschnitte geschnitten, geprüft und auf einem Kern platziert.
- + Prepreg im Autoklav-Verfahren: Unter hohem Druck und Temperaturen von 900 Grad bis 3.000°C werden vorimprägnierte Fasern zusammengepresst.
- + Prepregs im Pressverfahren: Prepregs werden in beheizten Metallformen in eine Form gepresst und ausgehärtet. Das Verfahren eignet sich besonders für Bauteile mit gleichmäßiger Wanddicke und ermöglicht eine gute Oberflächenqualität.
- + Faserwickeln: Die Fasern werden auf einem Kern abgelegt und mit Harz getränkt. Das erlaubt einen hohen Faseranteil und hohe Maßgenauigkeit. Häufiger Einsatz: Fahrradbau.
- + Infusionsverfahren (RTM = Resin Transfer Moulding): Trockene Fasern werden in eine geschlossene Form eingelegt, diese wird evakuiert und das flüssige Harz mit Druck injiziert. Die Aushärtung erfolgt durch Wärme.

könnte eine Ablagerungen von Salzen oder Mineralien, eine mangelhafte Reinigung oder auch Handschweiß auf dem Untergrund ursächlich sein. Als weitere Ursache kommt verunreinigte Spritzluft infrage. Möglich ist auch, dass der Untergrund Feuchtigkeit aufnimmt, das Polyestermaterial nicht isoliert oder Poren und Lunkerstellen nicht ausreichend geschliffenen wurden.

Im zweiten Schritt ging es um die Validierung der aufgestellten Hypothesen. Geprüft wurde zum Beispiel, ob die Mitarbeiter bei jeder Tätigkeit am CFK- Bauteil Handschuhe tragen. Sollte das nicht sichergestellt sein, könnten Ablagerungen von Cremen oder Handschweiß ursächlich sein.

Außerdem wurde der Rohteileschliff betrachtet. Hier sind die relevanten Faktoren



Richtiges Spachteln und Schleifen ist Voraussetzung für eine gute Lackierung:

die Verwendung der richtigen Körnungen, außerdem die Dauer, die Krafteinwirkung und wie effektiv und sorgfältig das Abblasen von Schleifstaub erfolgt. Der Gedanke hierbei ist, dass wenn nicht alle Poren restlos ausgeblasen werden, kleine staubgefüllte Hohlräume übrigbleiben können. Mit die größten Mängelpotenziale hat das Spachteln, denn Rückstände aus dem vorherigen ►



im vorliegenden Anwendungsfall hatten unter anderem Fehler beim Spachteln und Schleifen zu Lackabplatzungen und zusätzlicher teurer Nacharbeit geführt.

Durchlauf oder nicht richtig vermengter Spachtel können Porenbildung in der Spachtelmasse verursachen.

### Gewebestruktur wird sichtbar

Ein zentrales Problem bestand darin, dass nach zyklischen Klimawechseltests bei +80/-40 sowie nach Bewitterung mit Sonnenlicht die Gewebestruktur zum Vorschein kam. Insofern galt es zu klären, ob die Verfahrenstemperaturen im Herstellprozess die Ursache sein können oder die Zykluszeiten für Trocknungsprozesse zu kurz ausgelegt sind.

### Informationen zur Gefahrenanalyse

Aufgrund bisher vorliegender Ergebnisse sind CFK-Stäube differenziert zu betrachten. Alle bisher untersuchten Stäube aus Bohrprozessen, Fräsprozessen und Crash-Ereignissen sind laut einer Stellungnahme des CFK-Valley Stade aus dem Jahr 2014 als unkritisch einzustufen. Laut dieser ist nachgewiesen, dass die Fasern auf Grund ihrer Struktur nur quer zur Faserrichtung brechen und somit der zwischen 5 und 7 µm liegende Durchmesser der Kohlenstofffaser erhalten bleibt. Damit ist solcher Faserstaub nicht lungengängig. Kritischer zu betrachten sind demnach aber Stäube aus Schleifprozessen und Brandereignissen. Dies gilt verstärkt im Umgang mit Verbrennungsrückständen von CFK-Strukturen, denn oberhalb von 650°C können Oxidationsvorgänge die Durchmesser von Kohlenstofffasern unter 3 µm reduzieren. Werden in einem solchen Fall kleine Partikel freigesetzt, folgt daraus Lungengängigkeit.

Ebenfalls prüfte RBC, wie regelmäßig Temperaturbilder angefertigt wurden und ob sichergestellt ist, dass die Messtechnik korrekte Werte geliefert. Nicht zuletzt die Wasserkühlung von Formwerkzeugen kann hier Einfluss haben. Denn Kalkablagerungen können mit der Zeit zu einer inhomogenen Temperaturverteilung führen. Verhindern können das nun regelmäßige und ausreichende Entkalkungs- oder Reinigungsprozesse. Nicht zuletzt die korrekte Lagerung der Vormaterialien Bezug auf Luftfeuchtigkeit und Temperatur gilt es einen solchen Fall zu prüfen.

Ebenfalls zu beachten in diesem Fall ist, dass das Lackmaterial bei einer reinen Konvektionstrocknung noch etwa zwei Wochen ausdiffundiert und sich somit strukturell verändert. Insofern könnte die Einführung einer IR-Trocknung nach dem Herstellungsprozess vorteilhaft sein, zumal die Beschichtung dann von unten nach oben trocknet und somit die Bestandteile Harz/Peroxid besser aushärten und sich der Vernetzungsgrad erhöht. Auch die Grundierungen, in diesem Fall auf Epoxidharz basierend, gilt es bei Qualitätsproblemen auf den Prüfstand zu stellen.

### Erfolgreiche Maßnahmen

Um die Qualitätsmängel zu beseitigen kommen nun Harzreparaturen zum Einsatz, außerdem wurden die vorbereitenden Arbeiten vor dem Lackieren intensiviert. Besondere Sorgfalt gilt nun beim Auffinden von Hohlstellen. Zusätzliche Maßnahmen stellen sicher, dass eine korrekte Vermengung von Peroxid mit der Polyesterspachtelmasse ebenso erfolgt wie ein sorgfältiges Reinigen und Ausblasen nach dem Spachtelvorgang. Weiterhin ist Überbeschichtung nicht mehr zulässig und ein striktes Einhalten sowohl der Ausdiffundierzeiten, als auch der Trocknungs- und Relaxationszeiten geboten.



Für den Leichtbau sind Bauteile aus Kohlefaser sehr interessant, hier im Bild eine Motorhaube.

Beinbrecht empfiehlt in solchen Fällen außerdem, das Tempern sowohl nach dem Spachteln, als auch nach den einzelnen dem Lackieren vorgeschalteten Prozessen näher zu untersuchen. Ein weiterer möglicherweise zielführender Ansatz kann sein, statt Kohlefaser auf Glasgewebe zurückzugreifen –

### Veröffentlichungen zum Thema

- + Allg. DGUV-Information
- + FB HM-074
- + EU Richtlinie 97/69/EG
- + Einstufung von Faserstäuben DFG 2017
- + IPA-Journal 01/19: Gefährdungsanalyse für Carbonfaser-verstärkte Kunststoffe
- + Gefahrstoffverordnung Anhang 2 Nr. 5
- + Ausarbeitungen bzw. Forschungsberichte der Bundesländer mit der Nr.177, Thema: Abbrandverhalten von Faserverbundwerkstoffen
- + Staub von Morgen – besser ohne Sorgen; Online-Aufarbeitung

hierfür empfiehlt sich aber in jedem Fall eine fundierte Versuchsreihe, um die gewünschten Produkteigenschaften sicherzustellen. Bei dem angesprochenen Automobilzulieferer hat sich der Analyseaufwand bereits gelohnt, denn nach der Auswertung und Umsetzung der Maßnahmen konnten deutliche Verbesserungen in Bezug auf Qualitätsproblemen und Ausfallraten erreicht werden.

**i** RBC – Ralf Beinbrecht Consulting,  
www.beinbrecht.de