

Mehrlagige holzbasierte Schichtwerkstoffe mit dreidimensionaler Armierung

Projektleiter: Dipl.-Ing (FH) Lars Blüthgen
 Bearbeiter: Dipl.-Phys. Heiko Kühne
 Förderinstitution: BMWi/EuroNorm/INNO-KOM

Einleitung

Durch stochastische dynamische Beanspruchungen und häufige Lastwechsel während der Nutzung unterliegen in Brettssportgeräten (Snowboards, Longboards, Ski, Kiteboards etc.) eingesetzte Composite extremen Belastungen. Die aus diesen Belastungen resultierenden Delaminationen begrenzen maßgeblich die Lebensdauer der Sportgeräte. Im Rahmen des Projektes wurden neuartige mehrlagige Schichtwerkstoffe mit dreidimensionalen textilen Verstärkungselementen entwickelt und deren Leistungsfähigkeit untersucht. Da die entwickelten Werkstoffe gegenüber Delaminationen weniger anfällig als übliche Composite sind, sind sie besonders für den Einsatz in brettförmigen Sportgeräten, aber auch für Anwendungen im Fahrzeugbau geeignet.

Werkstoffkonzept

In enger Zusammenarbeit mit einem Praxispartner erfolgte eine Schadensanalyse an verschiedenen brettförmigen (Winter-)Sportgeräten auf Basis von epoxidharz-laminierten Holzwerkstoffen,

auf deren Grundlage das neue Werkstoffkonzept „3-D-Armierung“ erarbeitet wurde¹. Grundansatz der entwickelten 3D-Armierungselemente ist die Verbindung von Ober- und Untergurt eines Verbundbauteils mittels vertikal durch den Kern verlaufender textiler Strukturen. Diese verhindern eine Delamination der Deckschichten vom Kernmaterial. Die Strukturen (Fasern, Faserbündel, Gelege) werden in einem zusätzlichen Prozessschritt in ein Halbzeug (Textil des Obergurtes, Kernmaterial, Textil des Untergurtes) eingebracht.

Als vergleichsweise schnelle Möglichkeit, diese Verstärkungselemente in Bauteile einzubringen, wurde nach anfänglichen manuellen Versuchen auf das Sticken mittels CNC-gesteuerter Stickmaschine zurückgegriffen (Abb. 1). Die oberen und unteren Faserschichten/Gelege der Gurte werden dazu auf den Kern aufgelegt und mittels eines durch den Kern verlaufenden Fadens bzw. mehrerer parallel

¹ Der Begriff Laminat wird im Kontext dieser Darstellung im Sinne eines mehrlagigen Verbundwerkstoffes mit aus Glasfasergelegen und ausgehärtetem Epoxidharz bestehendem Ober- und Untergurt benutzt.



Abb. 1: Einbringen von dreidimensionalen Verstärkungselementen am Beispiel eines Snowboard-Halbzeugs mit Hilfe einer CNC-gesteuerten Stickmaschine

verlaufender Fäden miteinander verbunden. Die dafür notwendigen Kanäle im Kernmaterial werden mit Hilfe einer CNC-gesteuerten Oberfräse eingebracht. Die Fäden bestehen aus einem Material mit einer hohen Dehnungsfestigkeit (Polyester, Aramid). Die so miteinander verbundenen Tragschichten werden mit Laminierharz getränkt und unter Druck- und Temperatureinwirkung verpresst. Die durch den Kern verlaufenden Fasern werden dabei im Matrixharz eingebettet.

Untersuchungen

Die Wirksamkeit der Armierungselemente wurde vor allem anhand der 3-Punkt-Biegung nach DIN EN 310 untersucht. Dafür wurden mehr als 500 Biegeprüfkörper nach einem entwickelten Prüfkörperschema und einem definierten Herstellungsverfahren gefertigt. Neben Prüfkörpern mit 6 verschiedenen Bohrungsanordnungen (Variation der Bohrungsabstände und -muster (ein- und mehrreihig, ggf. Versatz der Reihen)) und jeweils 2 Stickmustern wurden für Vergleichszwecke Prüfkörper ohne Bohrung und mit Bohrung, aber ohne Armierungselement hergestellt.

Zusätzlich zur Geometrie wurden die verwendeten Ausgangsmaterialien variiert; zum Einsatz kamen:

- mitteldichte Holzfaserplatten (MDF) (Dicke: 8 mm, 12 mm),
- Pappel-, Buche-Vollholzplatten (geleimte Lamellen, Dicke: 8 mm) sowie
- Birke-Sperrholz (Dicke: 8 mm) als Kernmaterial,
- Epoxidharz-System (Typ: Sicomin SR 8500/SZ 8525) und
- multiaxiales Glasfasergelege (Triaxialgelege, E-Glas, Faseranordnung von 0°/+ 45°/- 45°, Flächengewicht: 610 g/m² und 840 g/m²) für Ober- und Untergurt,
- Aramid- und HPE-Garn (hochfestes Polyester) für die Armierung.

Im Rahmen der labormäßigen Herstellung und Charakterisierung wurde deutlich, dass die Herstellungsparameter der Schichtwerkstoffe wesentlichen Einfluss auf ihre mechanischen Eigenschaften besitzen. Neben den in den Versuchsplänen festgelegten Einflussgrößen

- relativer Faservolumenanteil im Ober- und Untergurt,
- Bohrungseigenschaften (Durchmesser, Muster, Fase) und

- Art des Geleges und des Stickfadens wurden deshalb weitere Parameter definiert, die fertigungsbedingt sind und Streuungen aufwiesen. Dies sind:

- die Qualität der Tränkung der Gurte nach dem Aushärten und
- der Grad der Füllung der Bohrungen mit Matrixharz.

Aus den Kraft-Weg-Verläufen der Biegeversuche wurden die Biegefestigkeit und der Biegeelastizitätsmodul berechnet – sie stellen die eigentlichen „Zielgrößen“ dar.

Ergebnisse

Auf Grund der hohen Anzahl an Varianten und den verhältnismäßig geringen Losgrößen wurde kein Vergleich einzelner Varianten unter Zuhilfenahme von Mittelwerten der Zielgrößen vorgenommen. Die Auswertung der Versuche wurde stattdessen vor allem mit Hilfe der Methode des paarweisen Vergleichs durchgeführt, bei der mit Hilfe sogenannter Vergleichskennzahlen eine Aussage über die Rangordnung und Bedeutung der Einflussgrößen getroffen werden kann. Sie zeigte, dass die Anzahl und Anordnung der Verstärkungselemente den größten Einfluss auf die Biegefestigkeit hat (Abb. 2), während der Biegeelastizitätsmodul eng mit der Qualität der Laminierung der Unter- und Obergurte zusammenhängt. Eine gleichmäßige Tränkung der Lamine der Deckschichten führt zu einer Steigerung des Biegeelastizitätsmoduls gegenüber ungleichmäßig getränkten Laminaten. Mit einer steigenden Anzahl an Armierungselementen sinkt der Biegeelastizitätsmodul. Die Biegefestigkeit des Verbundes steigt wiederum mit der Anzahl der eingebrachten Armierungselemente. Eine mehrreihige Anordnung der Elemente beeinflusst die Biegefestigkeit positiv.

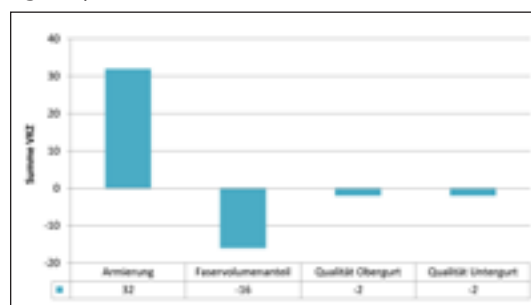


Abb. 2: Einflüsse auf die Biegefestigkeit - paarweiser Vergleich, Schritt 1 (VKZ – Vergleichskennzahl)