

Einsatz von Faserverbund-Sandwichplatten im Schiffbau Rationelle Fertigung dank standardisiertem Design

Großformatige GFK-Sandwichplatten ermöglichen die wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Herstellung von Schiffen, die nur noch die Hälfte des Brennstoffes herkömmlicher Modelle benötigen. Am Beispiel des Baus eines Katamarans lässt sich eindrucksvoll schildern, welche Möglichkeiten solche standardisierten Platten eröffnen.

Der Einsatz von Leichtbautechniken eröffnet bei der Herstellung von schnellen Schiffen ein enormes Energie-Einsparpotenzial. Heute sind Konstruktionen möglich, mit denen erhebliche Brennstoffeinsparungen erzielt werden können. So gelingt es zum Beispiel der Baltec Werft in Lübeck, durch innovativen Leichtbau hochfeste Sandwichschiffe herzustellen, die im Vergleich zu herkömmlich gefertigten Modellen bei gleicher Wasserlinienlänge weniger als halb so schwer sind und auch etwa nur halb so viel Bennisstoff verbrauchen (Bild 1).

DIE SCHIFFE

Die Baltec Werft in Lübeck fertigt Leichtbauschiffe für verschiedene Einsatzzwecke, hat sich aber insbesondere auf den Bau besonders treibstoffeffizienter Katamarane für die professionelle Schifffahrt spezialisiert. Neu entwickelt wurde das so genannte OceanRunner Design, das perfekt auf die Anforderungen, die sich aus dem Leichtbau ergeben, abgestimmt ist. Des Weiteren spiegelt das Design der Schiffe optimierte Formen aus abwickelbaren Flächen wieder, die notwendig sind, um Schiffe in Plattenbauweise überhaupt bauen zu

können. Um dem späteren Verwendungszweck gerecht zu werden, müssen Layout und spezifische Anforderungen an das Schiff in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden ausgearbeitet und in das Design integriert werden.

Das sich ergebende Einsparpotenzial im Vergleich zu den neuesten herkömmlichen Schiffen lässt sich an dem neu entwickelten P240 Lotsenkatamaran verdeutlichen (Bild 2): Mit 2 x 368 kW beträgt der Brennstoffverbrauch bei 20 Knoten Service Speed lediglich 6 Liter/nm (Seemeile). Im Einzelfall kann die Brennstoffersparnis somit bereits die Leasingrate des Schiffes decken.

DIE TECHNIK

Die Herstellung der großformatigen GFK (glasfaserverstärkten Kunststoff-) Sandwichplatten erfolgt in einer 12 x 2,4 Meter großen beheizbaren Vakuumpresse (Bild 3). Dabei können die Kern- und Decklagen-Materialien entsprechend dem späteren Verwendungszweck der Platte zusammengestellt werden (Bild 4). Die Decklagen bestehen aus vorgefertigten vorimprägnierten Laminaten (Epoxy-Prepreg), die sich hinsichtlich ihres Harz- und Fasergehaltes sowie



»Moderne GFK-Schiffe verbrauchen nur halb so viel Bennisstoff.«

Dipl.-Ing. (FH) Tina Kohn, Baltec Werft GmbH, Lübeck



BILD 1 Dank konsequentem Leichtbau gelingt es, Schiffe herzustellen, die halb so viel Brennstoff verbrauchen wie herkömmliche Modelle gleicher Wasserlinienlänge (links: A200 Workboat mit einem Verbrauch von 5 Litern pro Seemeile bei 20 Knoten Service Speed, rechts; P200 Pilot Boat mit einem Verbrauch von 5 Litern pro Seemeile bei 20 Knoten Service Speed)

ihrer Faserrichtung exakt definieren lassen. Dies garantiert eine gleich bleibende, reproduzierbare Qualität standardisierter Platten. Damit die Platten im weiteren Verlauf der Fertigung uneingeschränkt einsetzbar sind, werden sie nach dem Tempervorgang beidseitig geschliffen und damit für eine einwandfreie Haftung des Epoxidharzklebstoffs vorbereitet.

Für den Bau von Schiffen werden im nächsten Schritt die großen Sandwichplatten nach einer CAD-Abwicklung der Außenbeplankung des jeweiligen Schiffes, seiner Spanten und anderer Einzelteile exakt zugeschnitten. Hierbei ist auf die Abwickelbarkeit der Fläche für die spätere Konstruktion besonders zu achten, da gebogene oder gar sphärisch verformte Flächen nur bedingt realisierbar sind. Sowohl Plattenfertigung als auch der Zuschnitt erfolgen in getrennten Werkstattbereichen und können als separate Arbeitsprozesse individuell vorbereitet, ausgeführt und somit optimiert werden.

In der Fertigungshalle erfolgen nun die Zusammenstellung und Positionierung der Einzelteile, wobei – wie im Schiffbau üblich – von „innen nach außen“ gearbeitet wird (Bild 5). Nach dem Mischen von Harz und Härter im exakten Verhältnis mit Hilfe einer industriellen Spritzmaschine werden unter konstantem Druck Hohlkehlen zum Verkleben der einzelnen Elemente gezogen, wobei sich ein aufwändiges Nacharbeiten per Hand erübrigt.

Das Zusammensetzen der Schiffe erfolgt in einem sauberen Umfeld mit nur begrenzten Mengen an flüssigen Harzen und Handlaminaten. So sind die Bootsbauer dank der trockenen Plattenbauweise keiner zu starken Belastung aus flüssigen Harzen und deren Gasen ausgesetzt. Der Kontakt von Harz an Haut sowie Arbeitskleidung ist minimiert und das Unfall- und Allergierisiko stark reduziert. Der Anteil der Verwendung flüssiger Harze beschränkt sich auf die von Hand laminierten Verstärkungen zum Beispiel im Außenbereich des Kaskos oder an konstruktiven Versteifungen.

BILD 2 Nach modernen Leichtbaukonzepten entwickelter Lotsenkatamaran



Einsparpotenzial, bezogen auf 20 Dienstjahre:

- ca. 5.500 Tonnen weniger CO₂ Emission
- ca. 2.000.000 Liter Brennstoffersparnis
- min. 2.000.000 € weniger Betriebskosten

BILD 3 Die Herstellung der großformatigen GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff-) Sandwichplatten erfolgt in einer 12 x 2,4 Meter großen beheizbaren Vakuumpresse.



BILD 4 Kern- und Decklagen-Materialien können entsprechend dem späteren Verwendungszweck der Platte zusammengestellt werden.



BILD 5 Im Schiffbau wird von „innen nach außen“ gearbeitet (links: Positionierung der Einzelteile; rechts und kleines Bild: konstruktive Verklebung von Außenbeplankung mit Rahmenspant mittels Epoxidharz).

DIE QUALITÄTSSICHERUNG

Das häufigste Versagensbild der GFK-Sandwichplatte wird – wie im Bild 6 dargestellt – bei Beanspruchung auf Flächendruck durch Schub im Kernmaterial verursacht.



BILD 6 Typische Versagensbilder bei Flächendruck-Beanspruchung (links: PVC-Schaumsandwich; rechts: Polypropylen-Wabenkernsandwich)

Um die Restsicherheit zu ermitteln, die zwischen dem hart auf den Wellen aufschlagenden Schiffsrumpf und der Schubfestigkeit der Platte besteht, wurden entsprechende Werte im Wasserdruckrahmen für die Sandwichplatte bis zum maximal ertragbaren Wasserdruck gemessen und per Computer gesichert. Darüber hinaus ermittelte man bei einer Probefahrt über einen Drucksensor im Boden des Schiffsrumpfes die maximal zu erwartenden Druckstöße. Die Auswertung der Ergebnisse ergab für den P200 Lotsenkatamaran eine über 20fache Sicherheit für den Konstruktionswerkstoff GFK-Schaumsandwichplatte - ein Ergebnis, das noch 4fach über den geforderten Sicherheitswerten der Klassifikationsgesellschaften liegt.

Um das Verhalten der GFK-Platten im täglichen Dauereinsatz im Verlauf der geforderten 20 Dienstjahre analysieren zu können, wurden Sandwichstreifen in Ermüdungsversuchen 10 Millionen dynamischen Lastwechseln ausgesetzt. Auch nach zweimonatiger Prozedur waren weder auf den äußeren Decklaminaten, noch im Kernmaterial Ermüdungserscheinungen sichtbar. Auch war keine bleibende Verformung erkennbar; das Material besaß immer noch seine gerade Ausgangsform. Erst im Biegebruch ließen sich Versagensart, Biege- und Schubfestigkeiten vor und nach dem Versuch vergleichen und eine Abnahme der Schubfestigkeit um lediglich 10 Prozent ermitteln, was aber in Anbetracht der Testdauer und der vorhandenen Restsicherheit kaum eine Rolle spielen dürfte. Neben den üblichen 3- und 4-Punkt-Biegeversuchen können in der betriebseigenen Universalprüfmaschine zusätzliche Versuche u. a. zur Ermittlung von Laminatfestigkeiten, zum Ablösen der Deckschichten und punktuelle Druckversuche durchgeführt werden (Bild 7).

GFK-MODULBAU

Die Einsatzmöglichkeiten von Sandwichplatten sind nicht ausschließlich auf den Rumpfbau begrenzt. Die Plattenbauweise bietet sich vielmehr an, um einzelne Module, ganze Kabinen, Aufbauten, Decksmöbel und sogar Treppen separat zu fertigen und im fertigen Zustand in die Konstruktion zu integrieren (Bild 8). Hierbei stehen besonders die wasser- und wetterfesten Eigenschaften sowie die Standfestigkeit der Platte bei unterschiedlichen Temperaturen im Vordergrund. Bei der Verwendung von Sandwichelementen für große Luxus-Liner steht bei den gestellten Anforderungen zusätzlich die Reduzierung des Topgewichts an oberster Stelle. Den Gestaltungsmöglichkeiten sind dabei ebenfalls fast keine Grenzen gesetzt. So lassen sich die Platten bei Bedarf problemlos lackieren, anstreichen oder mit Melamindekoren beschichten. Dies macht die GFK-Sandwichplatte zu einem vielseitig



BILD 7 Um Aussagen über die Lebensdauer der GFK-Platten bei Beanspruchung treffen zu können, wurden Sandwichstreifen Ermüdungsversuchen unterzogen und anschließend geprüft (links: Universalprüfmaschine; rechts: Ergebnis eines Zugversuchs zur Laminatfestigkeit; Mitte: Ergebnis eines Zugversuchs senkrecht zur Deckebene).

BILD 8 Sandwichplatten eignen sich nicht nur für den Rumpfbau, sondern empfehlen sich insbesondere, um einzelne Module, ganze Kabinen, Aufbauten, Decksmöbel und sogar Treppen separat zu fertigen und im fertigen Zustand in die Konstruktion zu integrieren (unten: Modulbau des Rumpfes und der Kabine des P200 Lotsenkatamarans; links Treppenstufen und Deckvorsprung; rechts: Innenausbauerelemente aus GFK-Sandwichplatten in einem Hausboot).



einsetzbaren und robusten Ausbaumaterial. Hinzu kommt, dass sich durch Einsatz derselben Klebtechnik problemlos Formteile in eine Plattenkonstruktion integrieren lassen.

SCHLUSSBEMERKUNG

Die Verwendung von Plattenmaterialien – bevorzugt Holzwerkstoffplatten, aber immer stärker auch Leichtbauplatten mit Papierwabenkernen und Decklagen aus Spanplatte o. ä. – ist heute aus der Möbelindustrie nicht mehr wegzudenken. Für das besonders günstige und zudem vielseitig einsetzbare Baumaterial sind vielfältige Verfahrenstechniken entwickelt worden, die sich auf die Verarbeitung der GFK-Sandwichplatte und ihren Einsatz im Außenbereich sehr gut adaptieren lassen. So sind Schmalflächenapplikationen ebenso realisierbar wie Plattenstöße, diverse Verbindungen und das Anbringen von Beschlägen. Für den modularen GFK-Verbundwerkstoff lässt sich somit eine wachsende Einsatzbreite prognostizieren. ●

Die Autorin

DIPL.-ING. (FH) TINA KOHN
 (Tel.: +49(0)451.707-9947, kohn@baltec.de)
 ist leitende Ingenieurin für Strukturfestigkeit
 und Fertigungsverfahren der Baltec Werft
 GmbH in Lübeck.
