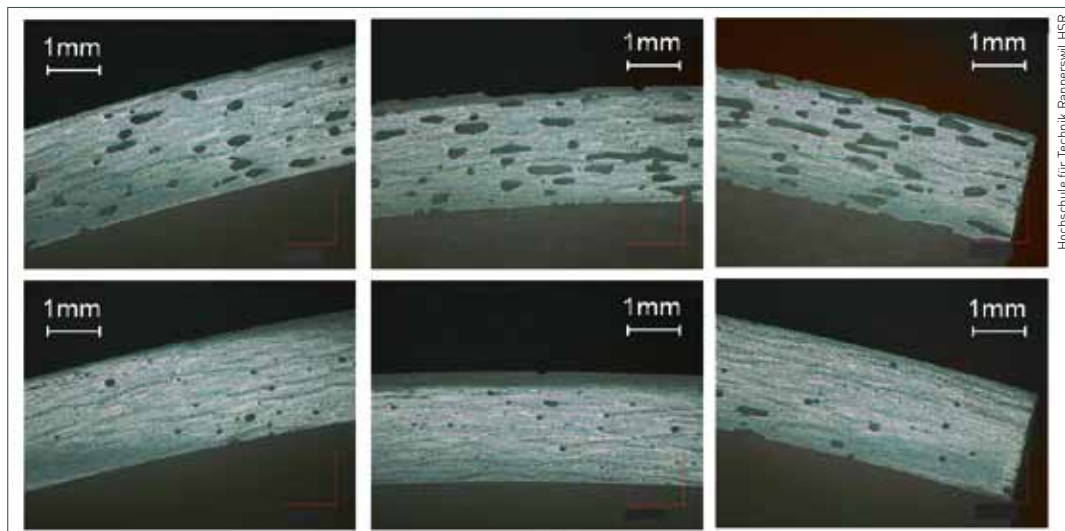


Porengehalt drastisch gesenkt

Heisspressen ist ein Fertigungsverfahren zur Herstellung von Faserverbundbauteilen in mittleren Stückzahlen. Dabei werden vorimprägnierte Glas- oder Kohlefasergewebe, so genannte Prepregs, in einem temperierten Werkzeug abgelegt, unter Druck umgeformt und unter Temperatur ausgehärtet. Um den Porengehalt zu reduzieren, wird die Kavität während dem Ablegen der einzelnen Prepreg-Schichten evakuiert.



Hochschule für Technik Rapperswil HSR

Schliffbilder von Versuchsbauteilen aus Cycom 7740/76281 vom Rand (links), der Mitte (mittig) und dem Zentrum (rechts) ohne (oben) und mit Zwischenvakuum (unten) nach jeweils zwei drapierten Layern. Es hat sich gezeigt, dass die Zwischenevakuierung der Kavität nach dem Ablegen der Prepreglagen zu Qualitätsverbesserungen führt.

Für die Herstellung schalenförmiger, langfaserverstärkter Kunststoffstrukturen kommen vorwiegend folgende Fertigungsverfahren zur Anwendung: Handlaminiert für Kleinstserien mit geringen Qualitätsanforderungen, Harzinjektionsverfahren für tragende, qualitativ hochstehende Bauteile für mittlere Stückzahlen oder Prepreg-Autoklav-Verfahren für strukturelle Bauteile in der Luft- und Raumfahrt. Bei Prepregs handelt es sich um vorimprägnierte, flächige Faserhalbzeuge, die in einem kontinuierlichen Prozess mit einer Matrix imprägniert werden. Die dazu verwendeten Verfahren sind die Lösungsmittelimprägnierung für duromere Systeme und die Schmelzimprägnierung für Thermoplaste. Für die Weiterverarbeitung der duroplastischen Prepregs hat sich das Autoklav-Verfahren etabliert, bei welchem das Prepreg manuell auf ein einteiliges Werkzeug abgelegt und unter Druck und Temperatur konsolidiert

und ausgehärtet wird. Dabei werden die abgelegten Prepregs mit Zusatzlagen versehen, um Luft und überflüssiges Harz abzuführen. Diese Verbrauchsmaterialien müssen am Ende des Prozesses entsorgt werden. Mit diesem Verfahren können hochwertige Bauteile mit einem Faservolumengehalt von bis zu 60% und einem Porengehalt von unter 1% gefertigt werden. Für kleinere, geometrisch einfache Bauteile in mittleren Stückzahlen kann alternativ das Heisspressverfahren angewendet werden. Dabei werden die Prepregs zuerst in eine Formhälfte abgelegt und dann mit einem Oberwerkzeug verpresst und konsolidiert. Ein Vorteil der Heisspresstechnik gegenüber der klassischen Autoklav-Technik sind die geringeren Investitionskosten, da kein Autoklav für die Verarbeitung benötigt wird. Dazu kommen eine hohe Automatisierbarkeit, wenig Verbrauchsmaterial sowie eine beidseitig hohe Oberflächengüte.

Poren eliminieren

Das Verpressen der Prepregs geschieht üblicherweise ohne Entlüftung der Kavität. Das heisst, es besteht die Gefahr, dass Luft während dem Pressvorgang im Werkzeug eingeschlossen wird. So entstehen Poren im Bauteil, welche die Qualität mindern, zum Beispiel diejenige der mechanischen Eigenschaften und der Oberflächengüte. Um Luft einschüsse zu vermeiden, wird teilweise bereits heute das Unterwerkzeug nach dem Ablegen der Prepregs in einen Kunststoffstoffsack eingepackt und evakuiert, bevor der Pressvorgang ausgeführt wird. Dieser Vorgang ist aufwendig, zeitintensiv und verursacht viel Abfall, was für grössere Stückzahlen ungeeignet ist. Ziel des Versuchs am Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) der Hochschule für Technik Rapperswil HSR war, ein automatisierbares Verfahren zu entwickeln, welches eine Qualitätssteigerung bei der Fertigung von Faserverbundbauteilen im

Heisspressverfahren erzielt. Es wurde ein Luftporengehalt von weniger als 1% angestrebt.

Erfolgreiche Tests


Nach dem Ablegen der Prepregs wird neu die eingeschlossene Luft zwischen den einzelnen Prepreglagen durch eine Zwischenevakuierung abgesaugt. Es hat sich gezeigt, dass die Luft beim erneuten Öffnen des Werkzeuges nicht mehr vollständig in die interlaminaeren Schichten zurückfliesst, was sich durch die Klebrigkeit der duromeren Prepregs erklären lässt. Dies führt zu einer sichtlichen Qualitätssteigerung der Laminatstruktur. Zudem haben die Versuche folgende Resultate ergeben:

1. Mit dem neuen Verfahren kann der flächenbezogene Porengehalt im Mikroschliff von bisher bis zu 15% im konventionellen Pressprozess auf 2,5% gesenkt werden.
2. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn die Zwischenevakuierung nach dem Ablegen jeder einzelnen Prepreglage erfolgt.
3. Das Anlegen des Vakuums während der Konsolidierung oder Aushärtung wirkt sich nicht oder sogar negativ auf den Porengehalt aus.
4. Die Porosität ist stark von der Bindung des Prepregs abhängig. Je dichter das Textil gewoben ist, umso schlechter kann die Luft entweichen.
5. Eine Unterfüllung der Werkzeugkavität mit Prepreglagen hat eine erhöhte Porosität zur Folge. Bei einer Überfüllung der Werkzeugkavität entsteht zwar eine höhere Verdichtung der Prepreglagen. Dies führt jedoch ohne die Zwischenevakuierung nicht zu der angestrebte Qualitätssteigerung, da die einge-

schlossene Luft auch in diesem Fall bei der Konsolidierung eingeschlossen bleibt.

Deutlich gesenkt

Die Auswertung der Schlibfbilder hat gezeigt, dass der Porengehalt durch das neu vorgeschlagene Fertigungsverfahren deutlich gesenkt werden kann, in einigen Fällen auf unter 1%. Im Fall einer Automatisierung des Prozesses für die Fertigung grösserer Stückzahlen, gilt es vor allem den Ablege- und Drapiervorgang zu automatisieren. Das im Experiment erarbeitete manuelle Konsolidieren der einzelnen klebrigen Prepreglagen, kann dabei durch einen Pressvorgang in das Oberwerkzeug mit Hilfe eines gummielastischen Stempels ersetzt werden. Als serientaugliche Werkstoffe zur Fertigung dieses Stempels bieten sich beispielsweise technische Silikone, EPDM, oder TPE an. Zwischen den einzelnen Prepregablegevorgängen wird das Werkzeug mit dem Oberwerkzeug geschlossen und evaku-

iert. Dabei muss die Dichtung zwischen dem Ober- und der Unterwerkzeug so ausgebildet sein, dass die Dichtigkeit auch dann gewährleistet ist, wenn das Werkzeug nicht ganz zugefahren wird. Das heisst, das Vakuum muss unabhängig von der Anzahl der eingelegten Prepregs erzeugt werden können, auch wenn zwischen den Werkzeughälften ein Spalt von wenigen Millimetern verbleibt. So kann die Luft in den interlaminaeren Schichten abgeführt werden. 

Prof. Dr. Markus Henne und
BSc. Michael Ferstl
Institut für Werkstofftechnik und
Kunststoffverarbeitung (IWK)
Hochschule für Technik
Rapperswil HSR
www.iwk.hsr.ch

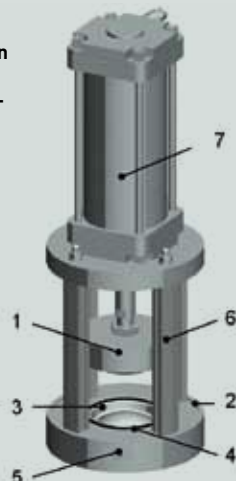
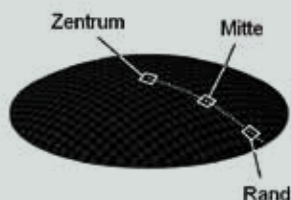
Prof. Dr. Michael Niedermeier
Hochschule
Ravensburg-Weingarten HRW
Deutschland
www.hs-weingarten.de

zudem

Versuchsgeometrie und Pressvorrichtung

Die Versuchsgeometrie hat die Form einer Schale mit einer Dicke von 2 mm und einem Durchmesser von 100 mm. Das Versuchswerkzeug besteht im Wesentlichen aus einem beheizbaren Ober- (1) und Unterwerkzeug (2) mit Tauchkante (3), einer Silikondichtung (4), einem Vakuumanschluss (5) sowie mehreren Heizelementen. Ober- und Unterwerkzeug werden in einem Gehäuse (6) geführt, und durch einen Pneumatikaktuator (7) bewegt und sind zueinander abgedichtet. Die Silikondichtung ist so gewählt, dass die Dichtigkeit auch bei einem Spalt von bis zu 5 mm zwischen Ober- und Unterwerkzeug gewährleistet ist.

Versuchsgeometrie (links) mit den Positionen der Proben für die Schlibfbildanalysen und Versuchswerkzeug (rechts).



Hochschule für Technik Rapperswil HSR



Kunststoffbau

Lüftungen
Rohrleitungen
Umwelttechnik
Ventilatoren
Behälter

reine abluft

... dank dem Abluft-
Wäschersystem
RECYCLAIR
von Colasit

Kreuz- und
Gegenstromwäscher
Wärmetauscher
Tropfenabscheider
Ventilatoren

COLASIT AG
Kunststoffbau
CH-3700 Spiez
+41 33 655 6161

COLASIT

www.colasit.ch