

# Neues Verfahren zur Herstellung von multidirektionalen Gelegen

Multidirektionale Gelegestrukturen für Faserverbundanwendungen bieten den Vorteil einer hohen Ausnutzung der faserspezifischen Eigenschaften von Hochleistungsfasern. In einem neuen Verfahren zur Herstellung solcher Gelegestrukturen werden angepasste Gelegeaufbauten in einem zweistufigen Prozess hergestellt. Das chemisch fixierte Multidirektionalgelege besitzt dabei einen Lagenaufbau von  $+\alpha/0^\circ/-\alpha$ .

**Hans-Jürgen Heinrich, Jan Grünert**

Cetex Institut für Textil- und Verarbeitungsmaschinen gemeinnützige GmbH, Chemnitz

**Gert Zeidler**

Karl Mayer Malimo Textilmaschinenfabrik GmbH, Chemnitz

Charakterisierend für Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen sind Art und Aufbau der eingebetteten textilen Verstärkungsstrukturen. Besonders im Hinblick auf die Umsetzung rationeller Fertigungsverfahren für Faserverbundbauteile spielen die Eigenschaften des Verstärkungstextils eine entscheidende Rolle. Hier erschließen sich weite Einsatzfelder für die Anwendung multidirektionaler Gelegestrukturen.

Auf Grund der gerichteten, gestreckten Faserlagen in den einzelnen Gelegesichten ist eine hohe Ausnutzung der faserspezifischen Eigenschaften der Hochleistungsfasern gegeben. Darüber hinaus ist der Gelegeaufbau in unterschiedlichen Lagenwinkeln und Schichtaufbauten dem geforderten Anwendungsprofil in hohem Maße anpassbar.

## Verfahren

Das Verfahren zur Herstellung multidirektionaler Gelege besteht aus den beiden Stufen: 1) Herstellung vorfixierter unidirektionaler Materialbahnen und 2) Herstellung von multidirektionalen Gelegen (Bild 1).

Ausgangsmaterial bilden zunächst die auf Spulen bereitgestellten Verstärkungsfaservorlagen. Im ersten Verarbeitungsschritt werden die Rovings zu einer unidirektionalen Warenbahn zusammengeführt, die Einzelfilamente parallel ausgerichtet und die Faservorlage zur Warenbahn vorfixiert.

Die Weiterverarbeitung der unidirektionalen Gelegevorlagen zu einer multidirektionalen Gelegestruktur erfolgt anschließend auf der MD-Anlage, wobei eine unter dem Legewinkel  $\alpha$  zugeführte Warenbahn um eine weitere in Produktionsrichtung laufende  $0^\circ$ -Bahn spaltfrei gewickelt wird. Das Wickeln und

Ablegen erfolgt so, dass ein homogenes multidirektionales Gelege entsteht [1, 2].

## Herstellung vorfixierter unidirektionaler Materialbahnen

Die aus dem Spulengatter drehungsfrei abgezogen Einzelfaservorlagen werden der UD-Anlage vorgelegt, wo die Ausbreitung der Rovings sowie eine Faserverteilung auf das gewünschte Flächengewicht erfolgt. Gleichzeitig wird die Faservorlage gleichmäßig und die Einzelfilamente parallel abgelegt. Als Verstärkungsfasern können alle Arten von Hochleistungsfasern, wie Glas-, Kohle- und Aramidfasern, verarbeitet werden.

Die parallele Faservorlage wird dann durch Aufbringen eines chemischen Binders in einer vordefinierten Struktur stabilisiert. Als chemische Bindemittel können sowohl permanent klebende als auch heiß schmelzende Klebstoffe zum Einsatz kommen. Die Klebstoffe sind mit der späteren Bauteilmatrix kompatibel.

## Herstellung multidirektionaler Gelege

Die Herstellung der multidirektionalen Gelege erfolgt auf der MD-Anlage in einem Faltwicklerprozess, bei dem eine unter einem Legewinkel  $\alpha$  seitlich zugeführte  $\alpha$ -Bahn um eine weitere in Produktionsrichtung laufende  $0^\circ$ -Bahn gewickelt, um die Bahnkanten gefaltet und auf der  $0^\circ$ -Bahn abgelegt wird. In der Fixierung erfolgt die Verfestigung der Gelegevorlage zum Multidirektionalgelege (Bild 2) mit dem Aufbau  $+\alpha/0^\circ/-\alpha$ .

Für den Faltwicklerprozess gelten hinsichtlich der geometrischen und kinematischen Bedingungen besondere Erfordernisse (Bild 3). Dabei ergeben sich im Prozess Legebreite  $b$  und Legelänge  $L$  aus den Festlegungen für die Arbeitsbreite  $B$  und dem Legewinkel  $\alpha$ . Mit den gegebenen geometrischen Bedingungen folgen über die Festlegungen der Rotation  $\alpha$  des Systems um die x-Koordinatenachse die kinematischen Zusammenhänge zu den verknüpften Bewegungsfunktionen für die Zuführung der  $\alpha$ -Bahn, die Produktion sowie die Fixierung und Aufwicklung des Gelegeaufbaus.

Als weitere Varianten des Prozesses sind eine beidseitige Zuführung von  $\alpha$ -Bahnen sowie eine Erhöhung der Wickelanzahl je Seite möglich, womit die Geometrie der einzelnen  $\alpha$ -Wickel in den Grenzen der gegebenen Verfahrensbedingungen variabel ist. Neben der Variation der geometrischen Bedingungen

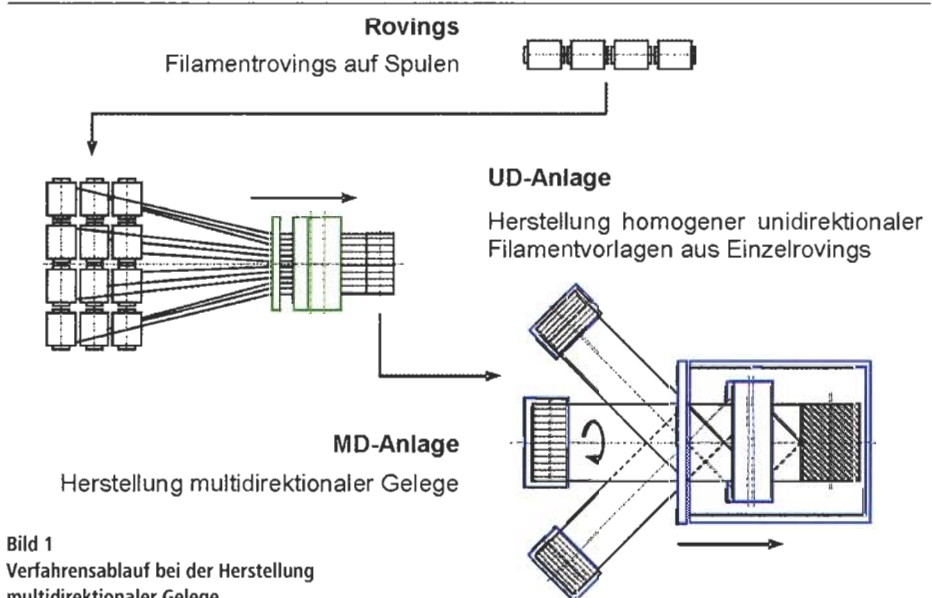
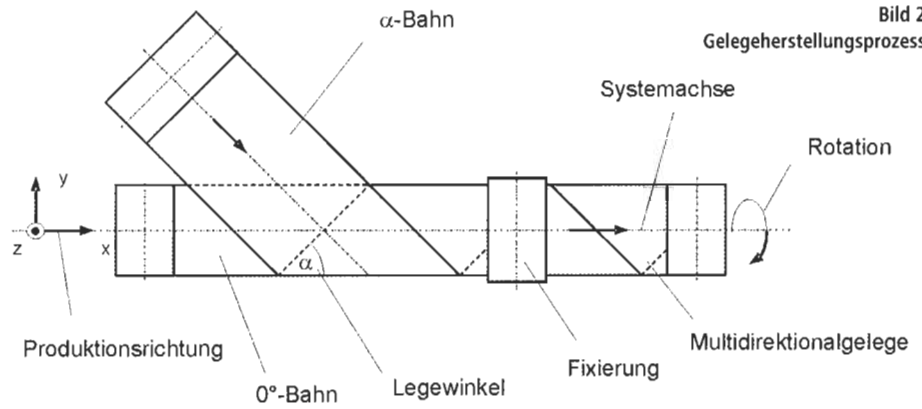


Bild 1  
Verfahrensablauf bei der Herstellung multidirektionaler Gelege

Bild 2

Gelegeherstellungsprozess



sind auch kinematische Varianten durch eine Bewegungsumkehr bezüglich der Hauptrotation mit der Rotation der 0°-Bahn und/oder das Umlaufen der α-Bahn um die x-Koordinate des Systems möglich.

**Versuchsanlage**

Zur praktischen Umsetzung der Faltwickeltechnologie sowie für die versuchsweise Herstellung von multidirektionalen Gelegen nach dem beschriebenen Verfahren wurde eine erste Versuchsanlage aufgebaut. Hier sind Multidirektionalgelege mit einer Breite von 600 mm herstellbar. Die Verfestigung des Gelegeaufbaus erfolgt über das auf dem vorfixierten unidirektionalen Ausgangsmaterial aufgebrachte permanent klebende Bindemittel im Kalandrier. Dem Maschinenkonzept der Versuchsanlage liegt die Rotation der 0°-Bahn um die x-Koordinate des Systems als kinematisches Prinzip zu Grunde. Von einer drehbar gelagerten Kopfplatte wird die 0°-Bahn abgezogen und durch den Kalandrier zur Aufwicklung geführt. Im unmittelbar an die Kopfplatte angrenzenden Wickelbereich wird die aus einer Vorrichtung seitlich zugeführte α-Bahn um die Kanten der rotierenden 0°-Bahn gewickelt. Die vorfixierte unidirektionale 0°- und α-Bahn besitzt adhäsive Kontaktflächen, die im Wickelprozess zueinander angeordnet werden. Im nachfolgenden Kalandrier erfolgt dann unter Druck die Verfestigung des Gelegeaufbaus. Kalandrier und Aufwicklung sind in einem Drehrahmen angeordnet. Zur maschinentechnischen Ausführung des Verfahrens rotieren Kopfplatte und Drehrahmen synchron zueinander. Im Antriebskonzept der Versuchsmaschine sind alle wichtigen Antriebe als stationäre Servoantriebe ausgelegt. Die Ankopplung an

den rotierenden Maschinenteil sowie die Bewegungsübertragung in den Rotor hinein erfolgt über Differenzantriebe. Damit ist die unabhängige Steuerung einzelner Bewegungsabläufe während des Wickelvorgangs möglich.

In ersten Versuchen zum Wickelverfahren (Bild 4) wurden Glasfaser-UDs zu einem multidirektionalen Gelege mit einem Lagenaufbau +45°/0°/-45° verarbeitet. Dabei zeigte sich, dass eine Vielzahl komplexer Problemstellungen zu lösen sind. Hauptmerkmale sind dabei die Bedingungen an den Bahnkanten der 0°-Bahn, da hier die Wickelbedingungen für ein stabiles Ablegen der α-Bahn definiert werden. Ein weiteres Hauptmerkmal ist die Bahnführung der α-Bahn mit der maschinen- und steuerungstechnischen Umsetzung der bestehenden kinematischen Zusammenhänge.

**Ausblick**

In der Fortführung der Arbeiten zum Herstellungsverfahren für multidirektionale Gelege liegt der Schwerpunkt zunächst auf der Durchführung weiterer umfangreicher Versuche zur Verfahrenstechnologie, zur Prozess-

sicherheit sowie zur Verarbeitung unterschiedlicher Materialien.

Es ergeben sich dabei zwei grundlegende Entwicklungsrichtungen, zum einen die Weiterentwicklung der Maschinen- und Anlagentechnik und zum anderen die Weiterentwicklung des Verfahrens unter Einbeziehung neuer Materialien entsprechend der Erfordernisse der Anwender und Hersteller textiler Verstärkungsstrukturen sowie der Hersteller von Faserverbundbauteilen. ■

**Danksagung**

Für die materielle Unterstützung des Projekts danken wir dem BMWA sowie der EuroNorm GmbH, Berlin, für die Projektbetreuung. Der Karl Mayer Malimo Textilmaschinenbau GmbH, Chemnitz danken wir für die logistische sowie maschinentechnische Unterstützung.

**Literatur**

- [1] DE102005000115A1: "Verfahren zur Herstellung einer multidirektionalen Gelegebahn", AT: 13.09.2005, Cetex gGmbH, Chemnitz, DE
- [2] Heinrich, H.-J., Grünert, J., Zeidler, G.: Neues Verfahren zur Herstellung von multidirektionalen Gelegen, 11. Chemnitzer Textiltechnik-Tagung, 24.-25.10.2007, Chemnitz

Bild 3  
Modell der Gelegebildung

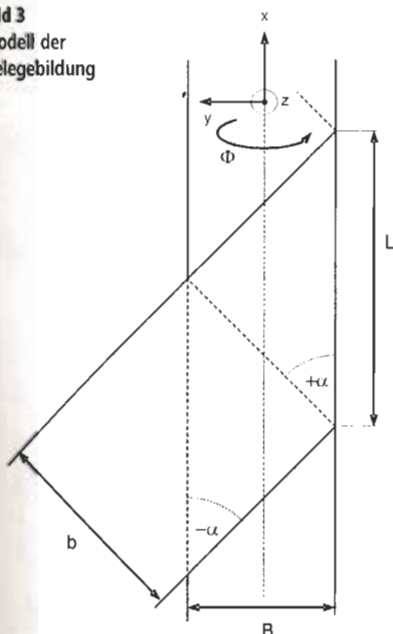


Bild 4  
Gelegeherstellung auf der MD-Versuchsanlage

