

Brandhemmend ausgerüstete Faser-verbundbauteile nach DIN SPEC 91326

Durch Vakuuminfusion hergestellte isotrope oder quasiisotrope, lastoptimierte Bauteile erfüllen die Anforderungen der DIN EN 45545.



Abb. 1: Imprägnierung mit Harz in der Vakuuminfusion

Jörg Bünker

Durch Vakuuminfusionsverfahren (Abb. 1) können Faserverbundbauteile in hochintegrierter Bauweise hergestellt werden. Im Gegensatz zur klassischen Differenzialbauweise ergeben sich somit Bauteile mit höchstem Leichtbaupotenzial, dessen Werkstoffkenngrößen nun in einer DIN-Spezifikation normiert wurden. Aufgrund neuartiger Technologien erfüllen diese Bauteile erstmals auch die strengen Anforderungen der europäischen Brandschutznorm.

Trotz des technologischen Mehrwerts kann aufgrund des reduzierten Personalaufwandes bei der Herstellung wie auch der geringeren Materialeinsatzquote von einer Preisneutralität des fertigen Bauteils ausgegangen werden.

Faserverstärkte Kunststoffe in Schienenfahrzeugen

Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) finden in unterschiedlichsten Bereichen von Schienenfahrzeugen Anwendung. Erforderlich für diesen Einsatz ist die Qualifizierung der Bauteile nach dem europäischen Brandschutzstandard DIN EN 45545 [1].

Neben dem geringen Gewicht der Bauteile steht besonders die hohe Formfreiheit im Design der FVK im Fokus.

Historisch werden hierzu textilglasverstärkte Lamine mit gefüllten Brandschutzharzen auf Basis ungesättigter Polyesterharze verwendet. Der aktuelle Wechsel von den national gültigen Brandnormen auf die europäisch gültige DIN EN 45545 bewirkt auch eine zum Teil drastische Verschärfung der Brandschutzanforderungen für FVK. Dies hat auch einen direkten Einfluss auf die möglichen eingesetzten Rohmaterialien.

Momentan existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Harztypen und Brandschutzsysteme am Markt. Je nach Lieferant oder Harzrezeptur fließen unterschiedlich hohe Gehalte an Brandschutzfüllstoff in das Harz ein. Es ist gängige Praxis, dass Hersteller von FVK die in den Bauteilen verwendeten Harzsysteme selber in ihrer Fertigung mischen oder vorab gefüllte Harzsysteme beziehen. Durch die Füllstoffe obliegen die Bauteilqualitäten einer hohen Schwankung, da diese manuelle Fertigung nur eine geringe Reproduzierbarkeit hat und sich schwankende Füllstoffgehalte stark auf die mechanischen Eigenschaften und Brandeigenschaften der FVK auswirken.

Bedingt durch die Vielzahl unterschiedlicher Lieferanten und das teilweise händische Mischen der Harze hat der Bauteildesigner somit keine einheitliche Übersicht über die Materialperformance und die Eigenschaften der eingesetzten Materialien bzw. Materialkombinationen. Dies wird durch die neue Brandschutznorm noch verstärkt, da die Mengen an eingesetzten Brandschutzfüllstoffen zum Teil erhöht oder mit anderen Brandschutzmitteln kombiniert werden müssen, um die erhöhten Anforderungen an den Brandschutz gemäß DIN EN 45545 zu erfüllen. Dies wiederum verringert die mechanische Performance des Harzes und die Gesamtleistung des FVK.

Alternativ ist es möglich, auf den Einsatz von Brandschutzfüllstoffen im Harz vollständig zu verzichten und in geschlossenen Vakuuminfusionsverfahren FVK herzustellen, die gleichzeitig die hohen Anforderungen der DIN EN 45545 erfüllen.

Es ist durch die Infusionstechnologie möglich, vorab definierbare Bauteile mit Leichtbaukennzahlen in einem für den Schienenfahrzeugmarkt bisher nie dagewesenen Maß herzustellen. Das Resultat sind FVK mit höchster spezifischer Festigkeit und einem geringen Gewicht, kombiniert mit hohem Brandschutz.

Zur Standardisierung und Etablierung dieser Eigenschaften wurde die DIN SPEC 91326 [2] entwickelt. Das Ziel ist die Beschreibung eines FVK mit definierten mechanischen Eigenschaften und nachgewiesenen, reproduzierbaren Brandeigenschaften, die es dem Designer erstmals ermöglichen, verlässlich Bauteile in reproduzierbarer Qualität zu konstruieren und dimensionieren.

Die DIN SPEC 91326 ist nach dem PAS-Verfahren erarbeitet, wobei die DIN kontrolliert und dafür sorgt, dass die DIN SPEC nicht mit bestehenden Normen kollidiert und sie veröffentlicht – auch international.

Der Fokus der DIN SPEC ist die Beschreibung eines isotropen und eines quasiisotropen Faserverbundmaterials, welches eine Materialkombination mit vorab bekannten und verlässlichen Eigenschaften beschreibt. Diese Daten stellen somit einen allgemeingültigen Stand der Technik dar, der sowohl von Designern als auch von Bauteilherstellern genutzt werden kann.

Allgemeine Eigenschaften von Faserverbundbauteilen

Ein Faserverbundbauteil ist ein aus im Allgemeinen zwei Hauptkomponenten (einer bettenden Matrix sowie verstärkenden Fasern) bestehender Mehrphasen- oder Mischwerkstoff. Durch gegenseitige Wechselwirkungen der beiden Komponenten erhält dieser Werkstoff höherwertige Eigenschaften als jede der beiden einzeln beteiligten Komponenten.

Da die Fasern je nach Beanspruchung ausgerichtet und in ihrer Dichte (Anzahl pro Fläche) angepasst werden können, entstehen maßgeschneiderte Bauteile. Um die Festigkeit in verschiedene Richtungen zu beeinflussen, werden statt einzelner Fasern Gelege verwendet, bei denen die Fasern in unterschiedlichen definierten Winkeln vorliegen können und die vor dem Kontakt mit der Matrix hergestellt werden.

Die höherwertigen Eigenschaften eines FVK-Teils werden erst durch das Zusammenspiel beider Komponenten erreicht. Hinsichtlich der Brandeigenschaften von FVK lässt sich festhalten, dass die Faser zumeist aus anorganischem E-Glas gefertigt ist und somit eine nichtbrennbare Phase darstellt. Die umgebene Matrix besteht zumeist aus organischem Harz, welches (bis auf wenige Ausnahmen) brennbar ist. Somit ist ein hoher Gehalt an anorganischer Faser auch hinsichtlich der Anforderungen der DIN EN 45545 wünschenswert.

Nicht alle Kombinationen von Faser- und Matrixwerkstoffen führen zu einer Erhöhung der Festigkeit und der Steifigkeit des Verbundes. Es müssen drei Bedingungen erfüllt sein, damit in faserparalleler Richtung eine Verstärkungswirkung eintritt:

1. $E_{\text{Faser, längs}} > E_{\text{Matrix}}$
Der Elastizitätsmodul der Faser in Längsrichtung muss größer sein als der Elastizitätsmodul des Matrixwerkstoffs.
2. $\epsilon_{\text{Bruch, Matrix}} > \epsilon_{\text{Bruch, Faser}}$
Die Bruchdehnung des Matrixwerkstoffs muss größer sein als die Bruchdehnung der Fasern.
3. $R_{\text{Faser, längs}} > R_{\text{Matrix}}$
Die Bruchfestigkeit der Fasern muss größer sein als die Bruchfestigkeit des Matrixwerkstoffs.

Spezielle Eigenschaften von Faserverbundkunststoffen

Zur Standardisierung eines solchen Faserverbundkunststoffs mit guter Verstärkungswirkung, der zur Anwendung im Schienenfahrzeugmarkt unter Berücksichtigung der DIN EN 45545 geeignet ist, werden im Verlauf die Eigenschaften eines solchen Kunststoffs gemäß DIN SPEC 91326 beschrieben.

Herstellung von Faserverbundbauteilen

Zur Herstellung eines FVK mit höchsten Leichtbaukennzahlen ist es wichtig, nicht nur die richtigen Rohstoffe einzusetzen, sondern auch die passenden Herstellungsverfahren zu wählen.

Stand der Technik

Historisch werden Bauteile für den Schienenfahrzeugmarkt aus gefüllten Harzsystemen im Handlaminierverfahren hergestellt. Bei diesem händischen Verfahren wird das gefüllte Harzsystem mit einer Laminierrolle auf eine zuvor trocken in die Form gelegte Textilglasmatte gestrichen und die Matte imprägniert. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt bis die nötige Bauteildicke er-

reicht ist. Üblicherweise bestehen die Textilglasmatte aus nicht gerichteten Kurzglasfaserschnipseln, sogenannten Chopped Strand Mat (CSM). Durch den Einsatz von CSM entstehen isotrope FVK, die jedoch hinsichtlich der ungerichteten Struktur des Verstärkungsmaterials nur eine geringe Materialperformance aufweisen.

Zudem entstehen durch die Kombination der hochgefüllten Harzsysteme mit CSM-Matten und der Verarbeitung im Handlaminierverfahren FVK-Bauteile mit einem geringen Gehalt an Verstärkungsmaterial, was wiederum die Performance erniedrigt. Bedingt durch den händischen Legeprozess ist es auch schwierig, einheitliche Bauteilqualitäten zu erzielen. Zum einen enthält das aufgebrauchte Harzsystem oft Luftblasen, die

INSTALLIERTE SICHERHEIT
HAZARD LEVEL 2 UND 3
DÄMMSTOFFE

Armaflex® Rail
EN 45545
CERTIFIED

Die weltweit ersten flexiblen, geschlossenzelligen Dämmstoffe, die die neue europäische Brandschutznorm EN 45545 erfüllen.

Armaflex® Rail

armacell®
Tel.: +49 25 17 60 30
info@armacell.com

www.armacell.de

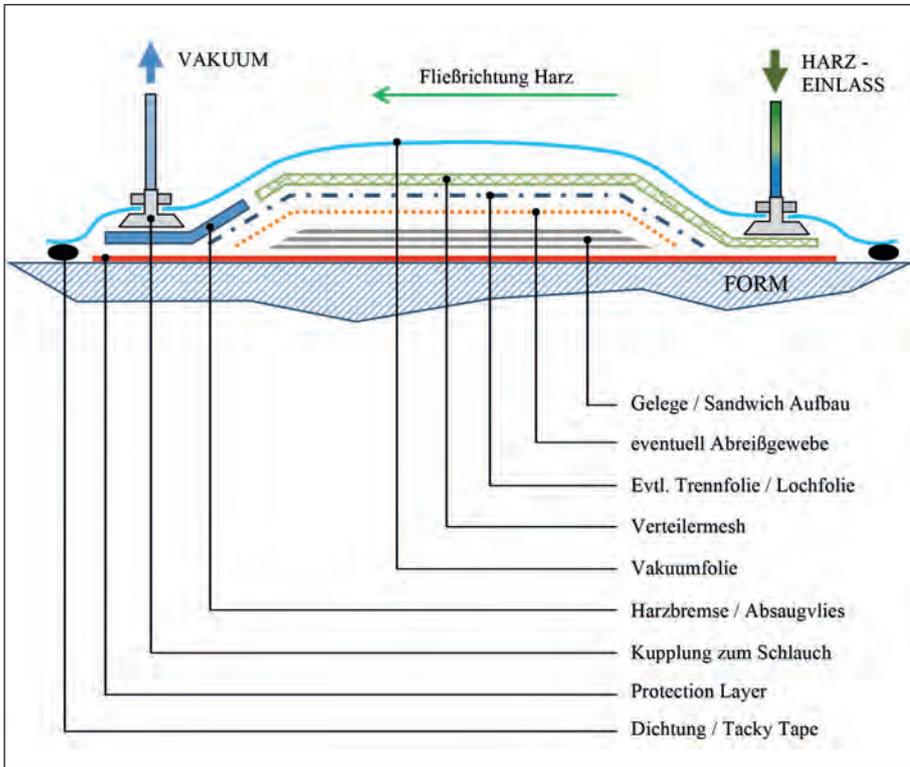


Abb. 2: Lagenaufbau eines Infusionsbauteils



Abb. 3: Querschnitt eines LEO-Bauteils mit Sandwichkern

im Prozess entfernt werden müssen, da sie die Bauteilqualitäten mindern. Dies ist oft nur schwer und selten einheitlich möglich. Auch unterliegen die eingesetzten CSM-Matten herstellungsbedingt großen Schwankungen im Glasgehalt. Somit ist es auch schwierig, den gewünschten Glasgehalt reproduzierbar einzustellen.

Herstellung in Infusionsverfahren

Die Herstellung von FVK in geschlossenen Verfahren, wie der Infusionstechnologie, hat sich in vielen Bereichen der Composite-Industrie etabliert. Zu nennen sind unter anderem die Herstellung von Rotorblättern für Windenergieanlagen, Schiffe und Schnellfähren in der Marine und Offshore Industrie oder auch die Herstellung von Strukturbauteilen in der Automobilindustrie.

Bisher wurde die Infusionstechnologie im Bereich des Schienenfahrzeugmarktes nur in geringem Umfang eingesetzt. Durch das LEO-System der Firma Saertex GmbH & Co. KG ist es nun erstmals möglich, FVK in Infusionstechnologie (Abb. 2) gemäß DIN SPEC 91236 mit zertifizierten Brandeigenschaften nach DIN EN 45545 herzustellen.

Kernelemente des LEO-Systems sind brandschutztechnisch modifizierte multiaxiale Gelege, ein brandschutztechnisch modifiziertes nicht gefülltes niedrigviskoses Infusionsharz auf Basis eines Vinylesterharzes und abschließend ein Protectionlayer, der zum einen als Deckschicht fungiert und zum anderen hohe Brandschutzeigenschaften aufweist (Abb. 3). Diese drei Systemkomponenten sind chemisch so aufeinander abgestimmt, dass sie im Brandfall Synergien entwickeln und den höchsten Anforderungen der DIN EN 45545 entsprechen. Eine Halogenfreiheit und der Verzicht auf toxische Inhaltstoffe sind hierbei selbstverständlich.

Durch die abgestimmten Systemkomponenten, die nun auch brandschutztechnische

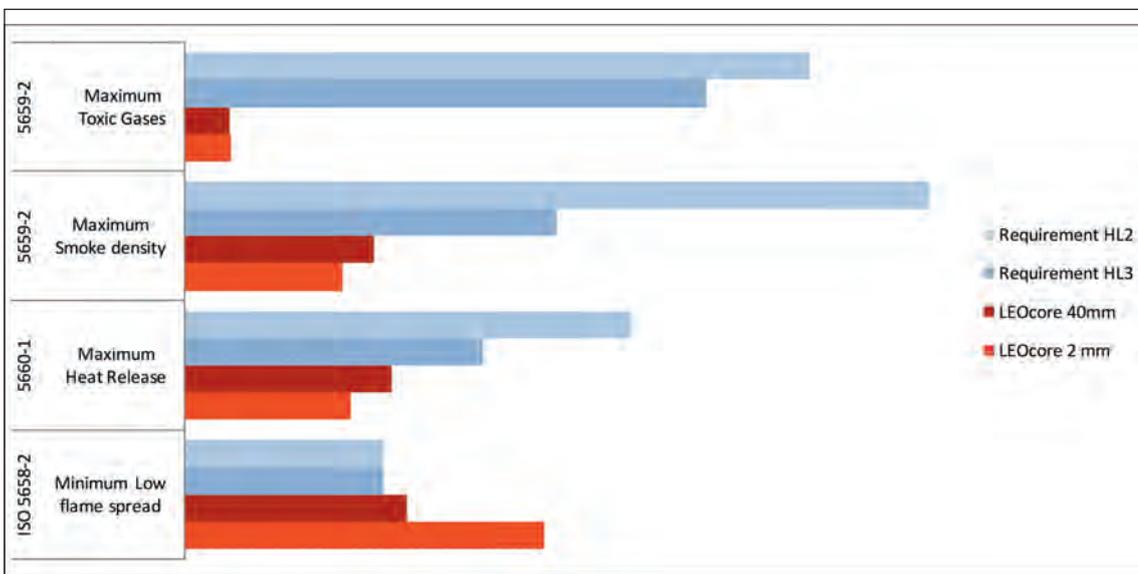


Abb. 4: Brand-ergebnisse eines Sandwichbauteils in unterschiedlichen Dicken

Vorgaben erfüllen, kann die Infusionstechnologie auch im Bereich des Schienenfahrzeugmarktes breitere Verwendung finden. Aktuell werden vornehmlich große Struktur- und Primärbauteile in der Infusionstechnologie hergestellt. Hierbei wird der vorab berechnete und gemäß den strukturellen Anforderungen des Bauteils ausgewählte Aufbau aus trockenen Gelegen in die Form gelegt. Die Gelege können sich in den Winkellagen, dem Flächengewicht oder auch der Anzahl der Einzellagen unterscheiden. Außerdem können neben Bauteilen, die rein aus Glasgelegen (monolithisch) aufgebaut sind, auch Bauteile mit integriertem Schaumkern (Sandwichbauteile, Abb. 3) hergestellt werden. Im Gegensatz zum klassischen Handlaminierverfahren erfolgt die Imprägnierung des Aufbaus nicht Lage für Lage, sondern in einem Schritt.

Der gesamte Lagenaufbau wird hierzu mit einer Folie abgedeckt und das Infusionsharz wird mit Unterdruck in das Bauteil eingesaugt (Abb. 2). So können selbst Sandwichbauteile in einem Schritt hergestellt werden. Bedingt durch die definierbare Harzmenge und das einstellbare Vakuum können so hochwertige Bauteile mit vorab einstellbaren Eigenschaften hergestellt werden. Wegen der Druckunterschiede bei der Infusion



Abb. 5: Cone-Calorimeter-Test gemäß Brandnorm ISO 5660-1

Foto: Brandhaus Rhein-Main GmbH

Eurailpress – offizieller Medienpartner der InnoTrans

Fach- und Wirtschafts-
informationen rund um
Bahnen, ÖPNV und Technik

WERBEN

MIT STARKEN

MARKEN



**Eurail
press**

JETZT BUCHEN:
SILKE HÄRTEL, TEL.: 040/237 14-227
EMAIL: SILKE.HAERTEL@DVVMEDIA.COM

alba
Fachmedien ÖPNV

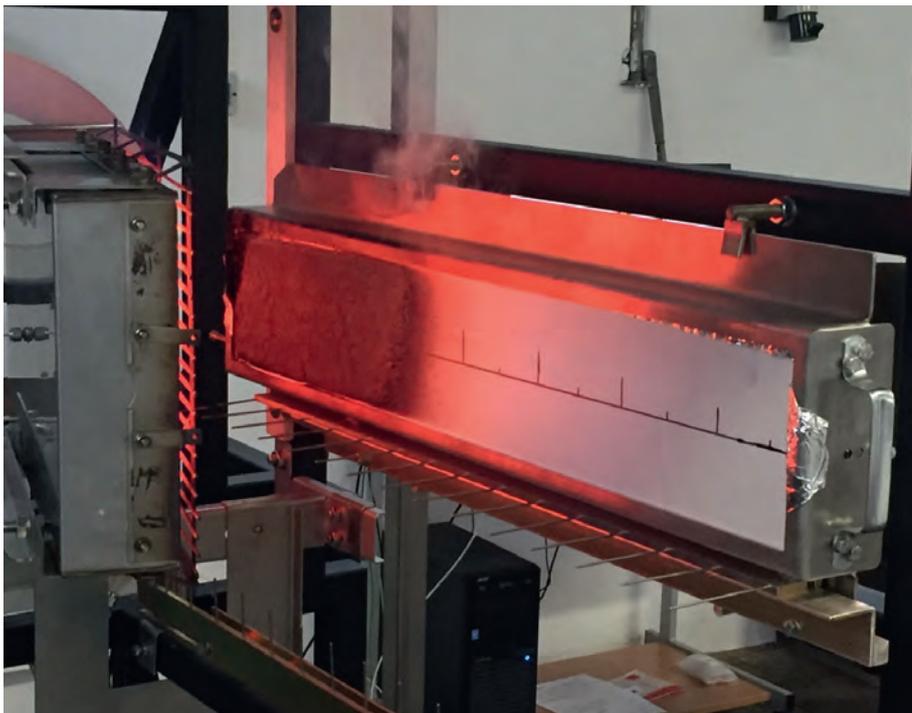


Abb. 6: Spread-of-flame-Test gemäß Brandnorm ISO 5658-2

Foto: Brandhaus Rhein-Main GmbH

werden die Gelege stark kompaktiert und an die Formoberfläche gedrückt, was zu einem hohen Glasgehalt und hohen mechanischen Eigenschaften führt.

Um den Konstrukteuren und Bauteilherstellern die nötigen Daten zur Berechnung und Simulation der FVK-Bauteile bereitzustellen, werden in der DIN SPEC 91326 alle nötigen Laminatkennwerte aufgezeigt.

Neben den mechanischen Werten, wie Festigkeitswerten und Module einer unidirektionalen Einzellage, die als Designvorlage für neue Composite-Aufbauten dient, sind alle FVK-Parameter, wie Einzelschichtdicke, Fasergehalt und Werkstoffdichte, beschrieben. Mit diesen Daten kann eine komplette FEM-Analyse eines Bauteils erstellt werden.

Um dem Hersteller von FVK-Bauteilen Vorschläge für bestehende FVK-Konstruktionen zu machen, beschreibt die DIN SPEC 91326 beispielhaft auch diverse mo-

nomolithische – und Sandwich- Aufbauten. Neben isotropen Aufbauten werden auch quasiisotrope Aufbauten in unterschiedlichen Dicken beschrieben, so dass für jeden Lastfall ein direktes Laminatbeispiel vorgegeben wird, das vom Anwender direkt übernommen werden kann. Somit bietet sich die Möglichkeit, als Baukastensystem für jedes Projekt die passenden Komponenten zu wählen.

Zertifizierter Brandschutz

Alle aufgeführten Laminatbeispiele erfüllen die Brandschutzanforderungen der DIN EN 45545. Hinsichtlich der Brandnormvorgaben werden Lamine mit HL2- oder HL3-Einstufung unterschieden.

Um dem Anwender ein möglichst breites Spektrum an Laminataufbauten zu ermöglichen, wurden beispielsweise monolithische Lamine in Dicken von 2,5 mm – 8,0 mm

mit einem passenden Protectionlayer für HL2 nach R1 [3] geprüft. Nach Brandschutznorm sind somit auch alle Zwischendicken geprüft und ermöglichen dem Anwender breite Möglichkeiten des Einsatzes von monolithischen Laminen.

Um auch die Möglichkeiten des Einsatzes von Sandwichaufbauten im LEO-System zu zeigen, wurden Brandprüfungen an unterschiedlichen Aufbauten durchgeführt (Abb. 4). Hierbei wurden die LEOcore Sandwichkerne in Dicken von 2 mm – 40 mm variiert. Auch die Dicke der Glaslamine wurde von 0,6 – 3,2 mm variiert [4, 5].

Die Brandprüfungen zeigen die Höchsteinstufung HL3 für R1, R7 und R17, unabhängig, ob das dickste oder das dünnste Sandwichelement geprüft wurde. Das System erfüllt somit lagen- und dickenunabhängig alle Brandanforderungen gemäß DIN EN 45545 für die Anforderungssätze R1, R7 oder R17.

Die Ergebnisse der Einzelprüfungen für Rauch und Tox sowie die maximale Wärmeabgabe und der geringe Flammenfortschritt übertreffen die Anforderungen der Norm deutlich. Dies ist ein gewolltes Ergebnis des Systems, da die geprüften FVK-Teile ohne einen zusätzlichen Lack getestet wurden und unterschiedliche Lacksysteme die Brandschutzeigenschaften von FVK-Bauteilen zum Teil signifikant beeinflussen.

LITERATUR

[1] DIN EN 45545-2: Bahnanwendungen, Brandschutz in Schienenfahrzeugen, Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten

[2] DIN SPEC 91326: Brandhemmend ausgerüstete, multiaxial verstärkte Kunststoffbauteile, hergestellt in Vakuumverfahren für Schienenfahrzeuganwendungen, Beuth Verlag GmbH, März 2016

[3] Prüfbericht Nr. 2015-1668, Exova Warringtonfire, Frankfurt, 15.07.2015

[4] Prüfbericht Nr. 2016-1019: Brandhaus Rhein-Main, Frankfurt am Main, 23.03.2016

[5] Prüfbericht Nr. 2016-1021: Brandhaus Rhein-Main, Frankfurt am Main, 23.03.2016



Dipl.-Ing (FH) Jörg Bünker

Head of R&D
Saertex LEO, Saerbeck
j.buenker@saertex.com

Zusammenfassung

Brandhemmend ausgerüstete Faserverbundbauteile nach DIN SPEC 91326

Die DIN SPEC 91326 beschreibt beispielhaft diverse FVK-Aufbauten mit geprüften Brandschutzeigenschaften nach DIN EN 45545 und bekannten mechanischen Eigenschaften. Neben isotropen Aufbauten werden auch quasiisotrope Aufbauten in unterschiedlichen Dicken beschrieben, so dass für jeden Anwendungsfall ein direktes Laminatbeispiel vorgegeben wird, das vom Anwender direkt übernommen werden kann. Somit bietet sich die Möglichkeit, als Baukastensystem für jedes Projekt die passenden Komponenten zu wählen. Durch die gegebenen Vorteile der Vakuuminfusion entstehen so reproduzierbare, hochintegrierte FVK-Bauteile mit einem hohen Leichtbaupotenzial – erstmals mit geprüften Brandschutzeigenschaften.

Summary

Fibre-reinforced components with fire retardant properties according to DIN SPEC 91326

DIN SPEC 91326 describes various FRP compositions with tested fire safety properties according to EN 45545 and known mechanical properties. Isotropic as well as quasi-isotropic compositions in different thicknesses are described, so that for each application case an example of a laminate is defined to be directly applied by the user. This opens the possibility to choose the appropriate components for each project from a modular system. The given advantages of vacuum infusion therefore create reproducible and highly integrated FRP components with a high potential for light construction – for the first time with tested fire safety properties.

Besuchen Sie
uns auf der

InnoTrans
20.-23.09.2016
Berlin

Halle 3.1, Stand 213
mit Gaugler & Lutz

COMPOSITE MATERIALIEN FÜR EXTREMEN BRANDSCHUTZ **SAERTEX LEO**[®]

DIN SPEC 91326
KONFORM

Neue Generation von Brandschutz
für Composites:

- Erfüllt höchste Ansprüche an Brandschutz
EN 45545-2 geprüft
- Exzellente mechanische Eigenschaften
40% Gewichtsersparnis bei höchster Beständigkeit
- Gesundheitlich unbedenklich

Realisieren Sie Ihre Ideen und Projekte mit **SAERTEX**.