

Diffusionsoptimiertes Faserverbunddesign für extrem dichte Behälterstrukturen

Faserverstärkte Kunststoffbehälter finden zunehmend Anwendung zur Speicherung von Gasen und Fluiden wie Wasserstoff, Helium oder Stickstoff. Die Anforderungen an die Behälterstrukturen richten sich dabei maßgeblich nach der Art der Speicherung. Neben der gasförmigen Hochdruckspeicherung, wie sie etwa im Bereich der Brennstoffzellenantriebe vermehrt Anwendung findet, hat sich auch die Speicherung kryogener Flüssigkeiten etabliert.

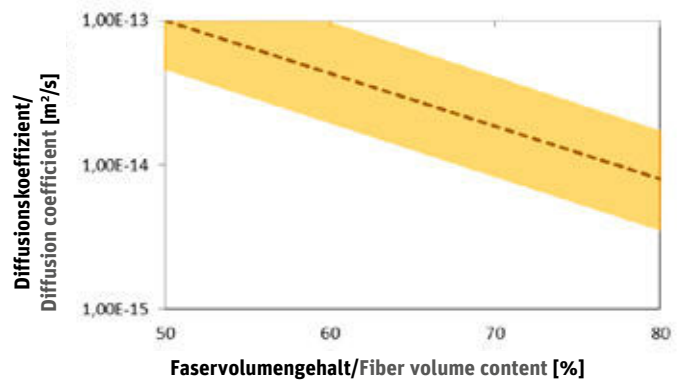
Das Bauteildesign bestimmt, unabhängig von der Art der Speicherung, das Diffusionsverhalten und damit die Standzeiten der Gase bzw. Fluide. Durch Diffusionsvorgänge entweichen diese über die Behälterwandungen. In Hochdruckbehältern wird dem entgegengewirkt, indem Linerstrukturen aus Metall oder Kunststoff (Behälterklassifizierung: Typ II – IV) Anwendung finden. Dies verbietet sich in aller Regel beim Einsatz kryogener Flüssigkeiten, da neben thermischen Inkompatibilitäten und in der Folge erheblichen Grenzflächendefekten auch die Wandstärken zur Reduktion der thermischen Verluste durch Wärmeleitung möglichst gering sein müssen. In diesem Fall muss die Faserverbundstruktur die Dichtfunktionsfunktion mit übernehmen.

Diffusionsoptimiertes Faserverbunddesign

Das Diffusionsverhalten von Faserverbundstrukturen steht in direktem Zusammenhang mit dem Faservolumengehalt.

So sinkt mit steigendem Faseranteil der Diffusionskoeffizient ab. Möglichst hohe Faservolumengehalte können unter Anwendung spezieller Faserhalbzeuge und hoher Packungsdichten in Verbindung mit einer idealen Faserstreckung und der fadenkreuzungsfreien Faserablage im Prozess realisiert werden. Niedrigviskose Harzsysteme und Faserhalbzeuge mit daran angepasster Schlichte sorgen für eine optimale Faserbenetzung und verbessern das Diffusionsverhalten weiter. So lassen sich Faservolumengehalte von bis zu 80 Prozent realisieren. Allerdings bergen zu hohe Faservolumengehalte die Gefahr zu „trockener“ Laminate, bei denen die Fasern nicht mehr vollständig von der Matrix benetzt sind. Dann führen kleinste Belastungen (thermisch oder mechanisch) zur Rissinitiation und zum Risswachstum. In Abhängigkeit der Rissausprägung wird dann die Diffusion unterschiedlich stark beeinträchtigt.

Demnach verschlechtern insbesondere Querrisse das Diffusionsverhalten dramatisch. Allerdings gilt hierbei zu beachten, dass ausgehend von Längsrissen der Rissfortschritt auch in Querrichtung begünstigt wird. Anhand von Simulationen konnten diese Effekte durch die Wissenschaftler im KVB gut nachvollzogen und



*Einfluss des Faservolumengehaltes auf den Diffusionskoeffizienten
Influence of the fiber volume content on the diffusion behavior*

Diffusion optimized fiber composite design for extreme tight vessel structures

Fiber reinforced plastic vessels are increasingly used for storing gases and fluids such as hydrogen, helium and nitrogen. The requirements for the vessel structures depend on the type of storing. The storage of cryogenic fluids has established besides the gaseous storage like it is increasingly used around the fuel cell drive.

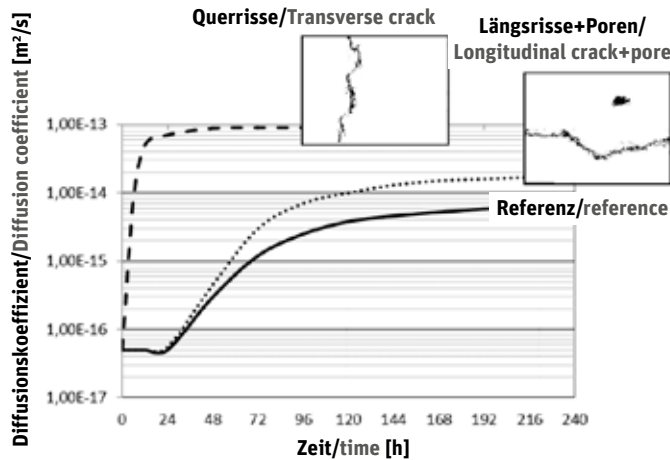
The component design determines the diffusion behavior and the service life of the gases or fluids regardless of the storing type. The Fluids escape via diffusion processes through the vessel walls. In high pressure vessels this is countered by using liner structures (vessel classification: type II – IV). Normally the use of liners is not possible when using cryogenic liquids because of thermal incompatibilities and subsequently significant interface defects. Farther the wall thickness has to be minimal to reduce thermal losses. In this case the fiber composite structure must take over the impermeability function.

Diffusion optimized fiber composite design

The diffusion behavior of composite structures depends directly on the fiber volume content.

Thus decreases the diffusions coefficient with increasing fiber content. High fiber volume contents can be achieved by using special fiber reinforcement products and high packing densities in combination with an ideal fiber orientation and the fiber deposition free of intersections in the process. Low viscosity resin systems and fiber reinforcement products with special sizing provide an optimal fiber wetting and improve the diffusion behavior. In this way, fiber volume contents of up to 80 percent can be achieved. Excessively high fiber volume content leads to “dry” lamina-

wichtige Rückschlüsse auf den Fertigungsprozess gezogen werden. So spielt die Prozessführung eine entscheidende Rolle bei der Vermeidung von diffusionsverschlechternden Mikroschädigungen während des Herstellprozesses und bildet somit die Grundlage für die reproduzierbare Herstellung extrem diffusionsdichter Behälterstrukturen.



Einfluss unterschiedlicher Defekte auf das zeitabhängige Diffusionsverhalten
Influence of different defects on the time-dependent diffusion behavior

tes in which the fibers are no longer completely surrounded by the matrix. In that case smallest loads (thermal or mechanical) lead to crack initiation and crack growth. The diffusion is severely impaired depending on the crack propagation.

Especially transverse cracks deteriorate the diffusion behavior dramatically. Starting from longitudinal direction crack propagation can also be favored in the transverse direction. Through simulations these effects could be comprehend by the scientists at the KVB and important conclusion could be drawn about the production process. Thus the process management plays a decisive role in the prevention of micro cracks during the manufacturing process. It is the basis for the reproducible production of extremely diffusion-tight vessel structures.

Weitere Informationen/Further information:

Dipl.-Ing. Christoph Albani,
 Wissenschaftlicher Projektleiter/Scientific Project Manager,
 KVB Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen gemeinnützige GmbH/
 Institute of Construction and Composite Design gGmbH (KVB), Döbeln,
 +49 (0) 34 31 / 734 25 94, christoph.albani@kvb-forschung.de,
 www.kvb-forschung.de