

NEUARTIGE VERBUNDMATERIALIEN UND FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN FÜR KRYOSTATE ZUR SEE- UND LUFTGESTÜTZTEN ROHSTOFF- UND UMWELTERKUNDUNG (MAKSEL)

Entwicklung innovativer, hochfester Kunststoff-Glas-Verbundmaterialien

09/2014 – 08/2016

Ausgangssituation

Zur zukünftigen Erkundung strategischer Rohstoffe in immer schwerer zugänglichen Lagerstätten eignen sich magnetische und elektromagnetische Verfahren unter Nutzung extrem empfindlicher Magnetfeldsensoren, wie z.B. supraleitender Quanteninterferenz-Detektoren (SQUID). Diese Detektoren benötigen eine Kühlung i. d. R. durch kryogene Flüssigkeiten wie Helium bei 4,2 K in feldtauglichen Kühlmittelbehältern, so genannten Kryostaten, aus elektrisch isolierenden, unmagnetischen Materialien. Diese Behälter haben bis dato fast immer die Form eines aufrecht stehenden Zylinders. Der luftgestützte als auch der submarine Einsatz erfordern hingegen eine andere Form des Kryostaten. Aus strömungstechnischen Gründen muss die übliche Lösung eines stehenden Zylinders gegen die eines liegenden Zylinders mit kleinem Durchmesser ersetzt werden. Das hat weitreichende Folgen für die Kryostatkonstruktion und die verwendeten Materialien.

Forschungsziel

Das Ziel des Vorhabens ist deswegen die Erforschung und Entwicklung geeigneter Materialien und Materialverbindungen. Nur die Verfügbarkeit solcher Materialien ermöglicht es, einen Horizontalkryostaten zu bauen, der die Anwendung und den Einsatz hochempfindlicher SQUID-Sensoren auf See und in der Luft sichert und so neue Wege für die geophysikalische Exploration eröffnet.

Ergebnis

Im Projekt wurden Materialkonzepte mit extrem niedriger Helium-Permeabilität entwickelt. Dazu wurden zunächst theoretische Betrachtungen zur Packungsdichte angestellt und mögliche Einflussgrößen auf das Diffusionsverhalten definiert, die im Anschluss untersucht wurden. Dafür wurden Technologien zur Integration diffusionsmindernder Materialien in Herstellprozesse für FVK entwickelt. Dies erforderte neben maschinenseitigen Anpassungen und werkzeugseitigen Erfordernissen, spezielle Konsolidierungsprozesse und absolut porenfreie Harzsysteme. Anhand unterschiedlicher, diffusionsdichter Bauweisen wurde über Durchfluss-Messungen der Diffusionskoeffizient bestimmt. Dabei zeigte sich, dass der Faservolumengehalt einen wesentlichen Einfluss auf den Diffusionskoeffizienten ausübt, sich mit steigendem Anteil die Gefahr von Rissen – infolge der kleiner werdenden Faserabstände – jedoch erhöht. Die Integration von Geweben lässt – bedingt durch die Ondulationsstellen – den Diffusionskoeffizienten hingegen ansteigen, führt im Gegenzug jedoch auch zur Erhöhung der mechanischen Stabilität.

Zusammenfassend lassen sich folgende Ergebnisse festhalten:

- Es wurden Materialkonzepte entwickelt, die den Stand der Technik in Bezug auf das Diffusionsverhalten übertreffen und gleichzeitig die gestellten, mechanischen Anforderungen erfüllen.
- Die Grundlagen für die Realisierung unterschiedlicher Verbindungskonzepte in Abhängigkeit der Kryostatkonstruktion konnten erfolgreich geschaffen werden.
- Ein Kryostaten-Mock-Up konnte erfolgreich aufgebaut werden.
- Die Grundlagen der mechanischen Modellierung unter kryogenen Temperaturen konnten geschaffen werden, wobei die entwickelte Methodik zukünftig anhand bauteilnaher Strukturen validiert werden muss.



Halsrohre für ein Kryostaten-Mock-Up

Bedeutung

In erster Linie können Materialien und Bauweisen für die Verwendung in Vertikal- und Horizontalkryostaten angeboten werden, die im Rahmen der Systeme unterschiedlicher Hersteller Anwendung finden können. Darüber hinaus können Dienstleistungen hinsichtlich der Simulation unter tiefkalten Bedingungen erbracht werden. Das entwickelte Prozessverständnis und die erarbeiteten Materialkonzepte werden darüber hinaus im Rahmen neuer FuE-Vorhaben genutzt. Mit dem Projekt konnte zudem die wissenschaftliche Basis und das Knowhow im Bereich der Material- und Prozessentwicklung weiter gefestigt und verbessert werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages