

optische sensorik

Sensoren auf Glasfaserbasis

Die Glasfasertechnologie wird in der Mineralöl- und Gasindustrie mittlerweile für eine Reihe von Sensorik-Anwendungen eingesetzt. Die Signalerfassung betrifft physikalische Größen wie Temperaturverteilung, Druck, Vibration, Spannung und Strömung. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Ölquellen oder Pipelines in Echtzeit überwachen.

Die in geophysikalischen Anwendungen eingesetzte Faser-Technologie unterscheidet sich grundlegend von den Standard-Glasfasern, wie sie für Telekommunikationsanwendungen entwickelt wurden. Diese sind zwar optisch hervorragend für den Einsatz in geophysikalischen Instrumenten geeignet, ihre Acrylat-Beschichtung begrenzt eine Anwendung jedoch auf Umgebungstemperaturen von maximal +85 °C. In geophysikalischen Anwendungen sind aber weitaus härtere Umgebungsbedingungen vorzufinden: Temperaturen bis zu 300 °C, extrem hohe Drücke, Dampf, aggressive Chemikalien sowie hoher Verschleiß durch scheuernde Oberflächen. Zusätzlich dringt mit steigenden Temperaturen vermehrt Wasserstoff in die Glasfaser ein, was zu einer Erhöhung der Dämpfung führt. Solche Bedingungen erfordern besondere Faserbeschichtungen und Faser-Designs.

Wird eine Glasfaser mechanischer Belastung oder Wasserdampf ausgesetzt, so vergrößern sich mit der Zeit mikroskopisch kleine Fehler (Mikrorisse) in der Oberfläche des Glases. Deshalb wird auf die Faser eine Beschichtung aufgebracht, die sie vor solchen Beanspruchungen schützen soll. Die durch die Belastung verursachte Faserermüdung lässt sich durch einen messbaren Faktor (n-Wert) charakterisieren, der die Widerstandsfähigkeit gegenüber der

Beanspruchung ausdrückt.

Dieser dimensionslose Parameter hat einen Wert von etwa 20 für eine mit Acrylat, Silikon, oder Polyimid beschichtete



Der typische Aufbau einer Faser für geophysikalische Anwendungen besteht aus einem Quarzkern mit Quarzmantel, einer hermetischen Kohlenstoffschicht und einem Polyimid-Buffer.

Faser. Wird hingegen Kohlenstoff als zusätzliche Schicht direkt auf die Faser aufgebracht, erhöht sich der n-Wert auf mehr als 100. Die sehr dünne Kohlenstoffschicht (0,03 bis 0,04 µm) verbindet sich während des Ziehens der Faser auf chemischen Weg mit der Glasoberfläche und dichtet sie so auf ihre gesam-

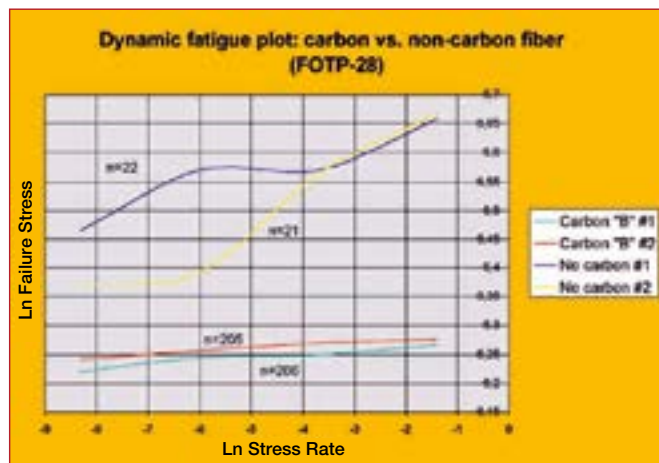
te Länge hermetisch ab. Wegen der äußerst geringen Dicke der Kohlenstoffschicht ist eine zusätzliche polymere Beschichtung erforderlich, die ausreichenden Schutz gegen mechanische Beanspruchungen gewährleistet. Hierfür eignen sich sowohl Silikon als auch Polyimid hervorragend.

Polymere Beschichtungen erhöhen den Schutz

Da sowohl Glas als auch Kohlenstoff den Temperaturen oberhalb von 300 °C standhalten können, bestimmt die Qualität des polymeren Beschichtungsmaterials den maximalen Temperaturbereich der Glasfaser. Es gibt drei charakteristische Temperaturbereiche, die auf kommerziell erhältlichen Beschichtungen basieren. Acrylatbeschichtete Fasern werden für Temperaturbereiche

Die Autoren

Cathy Ciardiello ist Marketing Managerin für geophysikalische und Sensorprodukte bei OFS Fitel LLC in Avon, USA. Dipl.-Ing. (FH) Manfred Mair ist Vertriebsingenieur Faseroptische Komponenten bei der Laser Components GmbH, Olching bei München.



Die dynamische Ermüdung wird im Vergleich der Dehnungsbelastung der Faser gegenüber den auftretenden Fehlern gemessen.

Laser 2-2006

KENNZIFFER 032 ►

optische sensorik

bis maximal 85 °C verwendet. Sie können aber auch etwas höhere Temperaturen überstehen, wenn sie in einer gefüllten Metallröhre eingesetzt werden, wie diese üblicherweise bei Ölquellen verwendet wird.

Silikonbeschichtungen können Temperaturen bis zu 200 °C standhalten und sind widerstandsfähiger gegenüber Chemikalien und Wasserdampf. Dennoch erfordert die geringere Festigkeit von Silikon den Einsatz eines härteren äußeren Buffers, wie beispielsweise PFA.

Beschichtungen aus Polyimid können Temperaturen von 300 °C und darüber standhalten. Außerdem sind sie widerstandsfähig gegenüber Chemikalien und Verschleiß. Sie sind mit nur 15 µm sehr dünn und erfordern keinen zusätzlichen Buffer.

Die Beschichtungssysteme Kohlenstoff/Silikon/PFA und Kohlenstoff/Polyimid, bieten einen ausgezeichneten hermetischen Schutz, sowohl bei Temperaturen von 100 °C bis 200 °C als auch 200 °C bis 300 °C.

Ein spezielles Problem beim Einsatz in

geophysikalischen Anwendungen ist das mögliche Eindringen von Wasserstoff in die Glasfaser. Die Korrosion von Metallen, das Ausgasen von Polymeren oder Wasser in den Tieflochbohrungen kann den freien Wasserstoff verursachen. Der Anstieg der Temperatur verursacht gleichzeitig eine Zunahme der Wasserstoffentwicklung und damit auch eine Steigerung der Diffusionsrate. Die in der Faser eingelagerte H₂-Moleküle erhöhen die Dämpfung und führen schließlich zur Störung, bis hin zum Ausfall des Sensors. Aus diesem Grund kann in solchen Umgebungen die Lebensdauer von Sensoren zwischen mehreren Jahren und wenigen Wochen variieren, ohne dass zuvor eine signifikante Verschlechterung der Lichtübertragungsfähigkeit eintritt. Es gibt im Wesentlichen drei Möglichkeiten, dieses Problem anzugehen:

- Die Entwicklung und Anwendung von Materialien, die den Wasserstoff absorbieren, bevor er den Kern erreicht,
- die Entwicklung von Glasfasern, die nur sehr geringe Reaktivität mit Was-

serstoff aufweisen oder

- die Auswahl von Materialien, die nur sehr geringe Tendenz zur Entwicklung von Wasserstoff besitzen.

Die hermetische Beschichtung mit Kohlenstoff verhindert bei Temperaturen bis zu 130 °C sehr wirksam das Eindringen von Wasserstoff. Bei höheren Temperaturen kann der Einsatz von Röhren aus rostfreiem Stahl/Edelstahl und zusätzliche Schichten von Stahlkabeln das Eindringen von H₂ verlangsamen. Hilfreich sind auch so genannte Getter, Materialien also, die den freien Wasserstoff abfangen. Diese Materialien werden häufig in der Industrie verwendet. Unterschiedliche Möglichkeiten, sie mit einer Kabelkonstruktion zu kombinieren, wurden bereits untersucht, beispielsweise in Form einer Gel-Füllung oder sogar als Fasermantelmaterial.

KENNZIFFER 033

Laser Components GmbH
www.lasercomponents.com