



## PASSGENAUE KOMPOSITWANDLER AUF BASIS PIEZOKERAMISCHER FASERN UND PERLEN

Dr. Sylvia Gebhardt, Dipl.-Ing. Kai Hohlfeld

Piezoelektrische Wandler auf Basis von Piezokeramik-Polymer-Verbundwerkstoffen finden als Sensoren, Aktoren, Ultraschallwandler oder Generatoren vor allem in der Adaptronik, in der Medizintechnik sowie in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung Einsatz. Im Hinblick auf eine leistungsfähige Auslegung und kosteneffektive Fertigung solcher Wandler müssen sowohl die verwendeten piezokeramischen Komponenten als auch die daraus entstehenden piezoelektrischen Composite speziell auf den Anwendungsfall zugeschnitten sein. Während für Aktoren und Ultraschallwandler piezokeramische Fasern mit gerichteter Anordnung von Vorteil sind, können für Sensoren und Generatoren auch regellos angeordnete Piezokeramik-Komponenten eingesetzt werden, die einen geringeren Fertigungsaufwand benötigen.

Das IKTS verfügt über eine Faserspinnanlage mit deren Hilfe piezokeramische Fasern quasi-kontinuierlich hergestellt werden können. Technologische Grundlage ist ein Phaseninversionsverfahren, bei dem ein lösungsmittelhaltiger Schlicker bestehend aus Binderlösung, piezokeramischem Pulver sowie Additiven in ein Wasserbad gesponnen wird. Durch den Austausch des Lösungsmittels im Schlicker mit Wasser als Nichtlösemittel koaguliert der Binder und es entsteht eine feste Grünfaser.

Über Einstellung des Düsendurchmessers  $D$ , der Extrusionsgeschwindigkeit  $v_E$  und der Verfahrgeschwindigkeit  $v_R$  beim Faserspinnen kann der Durchmesser der piezokeramischen Faser definiert eingestellt werden. Erprobt ist ein Durchmesserbereich der Piezokeramik-Fasern von  $d = 100\text{--}800\ \mu\text{m}$ .

Zur Herstellung sphärischer piezokeramischer Komponenten wird der Schlicker durch eine Düse diskontinuierlich in ein Wasserbad getropft. Dabei bestimmen die Fallhöhe  $h$ , der Druck  $p$  sowie der Düsendurchmesser  $D$  die Geometrie und den Durchmesser der entstehenden Komponenten. Durch gezielte Variation lassen sich piezokeramische Perlen im Durchmesserbereich  $d = 0,8\text{--}1,6\ \text{mm}$  fertigen.

Mit beiden Verfahrensvarianten steht eine leistungsfähige Technologie zur Herstellung dichter piezokeramischer Elemente in breiter Geometrievariation zur Verfügung.

Das Anwendungsspektrum der piezokeramischen Komponenten ist breit. Für die Schwingungs- und Geräuschdämpfung sowie für Aufgaben der Strukturkontrolle werden piezokeramische Fasern parallel z. B. als Monolage angeordnet und mit einem Epoxidharz vergossen. Nach dem Freilegen der Faserflächen durch Schleifen oder Sägen können Interdigitalelektroden zur Kontaktierung und Ansteuerung angebracht werden. Es entsteht ein Flächenwandler, der besonders für Aufgaben als Sensor und Aktor oder als Generator geeignet ist. Zur Fertigung von Ultraschallwandlern für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Medizin- oder Sonartechnik werden piezokeramische Fasern parallel z. B. als Bündel angeordnet und ebenfalls mit einem Polymer infiltriert. Der so entstandene Faser-Polymer-Block kann mechanisch durch Sägen, Fräsen und Schleifen in Form gebracht und anschließend kontaktiert werden. Durch die Anordnung der Fasern (definiert/undefiniert) sowie Dicke und Form des Wandlers können Ultraschallwandler für verschiedene Aufgaben (hochfrequent/niederfrequent, fokussiert/nicht fokussiert, segmentiert/flächig) maßgeschneidert werden. Vorteile beim Einsatz piezokeramischer Perlen in Verbundwerkstoffen werden besonders für die Realisierung sensorischer Aufgaben sowie zur Energieversorgung verbrauchsarmer Elektronik aus Schwingungen gesehen. Die Perlen werden dabei als Monolage in die Polymermatrix eingebracht und die Oberfläche für die Kontaktierung durch Schleifen freigelegt. Das Verfahren eignet sich besonders zur kosteneffektiven Fertigung großflächiger Wandler, bei denen geringere Leistungsdichten toleriert werden können.

**1** Herstellung piezokeramischer Fasern durch Faserspinntechnik.

**2** Mechanische Bearbeitung eines Piezofaserkomposits durch CNC-Fräsen.