



1 Formkern mit angelöteten Messdrähten an den zwei Sensorstrukturen. Der Lötbereich wurde versiegelt, sodass auch bei Temperaturen über der Schmelztemperatur des bleifreien Lötzinns Messungen möglich sind.

## DÜNNSCHICHTSYSTEME ZUR TEMPERATURMESSUNG IM ALUMINIUM-DRUCKGUSS

Während eines Druckgussprozesses wirken enorme Kräfte und Temperaturen auf die belasteten Werkzeuge. Bisher waren Daten wie Temperaturverläufe, die für ein besseres Verständnis und vor allem dem Abgleich mit der Simulation des Prozesses notwendig sind, jedoch nicht ermittelbar. Daher war es ein vorrangiges Ziel der Industrie, Sensorik Elemente so nah wie möglich an der Oberfläche der Werkzeuge zu platzieren, um die Prozesse besser kontrollieren und erfassen zu können. In einem von der Volkswagen AG initiierten und beauftragten Projekt, das gemeinsam mit dem Fraunhofer IST und der Firma G. A. Röders GmbH & Co. KG durchgeführt wurde, ist es nun gelungen, Dünnschichtsensorik direkt als Beschichtung auf der Werkzeugoberfläche zu implementieren.

### Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig

#### Ansprechpartner

M.Sc. Anna Schott  
Telefon +49 531 2155-674  
anna.schott@ist.fraunhofer.de

[www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

### Herstellung des sensorischen Dünnschichtsystems

Für die Entwicklung des Dünnschichtsystems auf der Werkzeugoberfläche wird zunächst ein Bereich für die Kontaktierung der Messdrähte auf Formkernen für den Aluminiumdruckguss eingebracht. Jeder Formkern erhält zwei Sensorstrukturen. Mittels physikalischer Gasphasenabscheidung (PVD) wird dann die elektrische Isolationsschicht aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) hergestellt. Darauf folgt die homogene Beschichtung der Oberfläche mit Chrom (Cr) in einer Dicke von 250 nm. Diese

Chromschicht wird mit einem Mäanderdesign strukturiert. Dafür wird manuell ein Fotolack aufgebracht, mit einer flexiblen Maske belichtet und entwickelt. Die ungeschützten Konturbereiche werden nach der Entwicklung nasschemisch weggeätzt. Zum Abschluss wird der Fotolack entfernt und die mit den Sensorstrukturen versehene Metallisierung verbleibt auf der Oberfläche (vgl. Abbildung 1). Die Sensorstrukturen werden in der Vierleitertechnik aufgebaut. Die einzelnen Leiterbahnen haben dabei eine Breite von 100  $\mu\text{m}$ , die sich im gekrümmten Übergang lokal auf 250  $\mu\text{m}$  erhöht.



2 Formkern mit zwei Sensorstrukturen auf der Oberfläche.

Nach dem Aufbringen der Sensorstrukturen wird die zweite elektrische Isolationsschicht aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  abgeschieden, die Kontaktierungsgebiete werden zusätzlich mit einer  $1,5 \mu\text{m}$  dicken Kupferschicht (Cu) versehen. Daraufhin erfolgt die Beschichtung mit der Verschleißschutzschicht aus Chromvanadiumnitrid (CrVN). Abschließend werden Messdrähte an die Kontaktpads gelötet und der gesamte Bereich versiegelt. Dafür wird eine Masse verwendet, die auch bei Temperaturen über  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  eine gute Haftung aufweist und nicht elektrisch leitend ist. Abbildung 2 zeigt einen solchen sensorischen Formkern. Die Cr-Mäanderstrukturen weisen einen Temperaturkoeffizienten von  $1,24 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  auf.

### Nachweis der Funktionstüchtigkeit

Um die Funktionstüchtigkeit des Formkerns zu überprüfen, wird dieser in eine Formhälfte eines Druckgusswerkzeugs eingebaut, wobei die Messkabel an der

Seite herausgeführt werden. Mit der in Form von Temperaturmäandern aus Chrom gefertigten Sensorik kann der Temperaturverlauf auf der Formkernoberfläche während des Druckgussprozesses realistisch abgebildet werden. Das Schichtsystem ist während der 300 Druckgusszyklen durchgängig funktionstüchtig und weist auch nach diesen Prozessen keine Abplatzungen und Verlust der Sensorgüte auf. Die unten stehende Grafik dokumentiert den Verlauf des 300. Druckgussprozesses, der mit dem sensorischen Formkern durchgeführt wurde.

### Ausblick

Zukünftig soll die erprobte Technologie auf weiteren komplex geformten Werkzeugen eingesetzt werden. Ein Ziel dabei ist es, das Verständnis für Aluminiumdruckgussprozesse zu verbessern, um die Voraussetzung für eine optimierte ressourceneffiziente Produktion zu schaffen.

Temperaturverlauf, gemessen mit einem Chrommäander auf dem Formkern beim 300. Druckgusszyklus.

