

Bauteile mit erweitertem Eigenschaftsspektrum

Siliciumnitridkeramik für Produkt- und Prozessinnovation

In vielen Bereichen der Technik stoßen neue Konzepten und die Prozessoptimierung oft an werkstofftechnische Grenzen. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an Werkstoffe: Sie müssen leicht sein, in speziellen Atmosphären korrosionsbeständig, hochsteif und dauerfest, hochrein und temperaturbeständig usw. Dem Ideen- und Anforderungsreichtum von Konstrukteuren und Prozessingenieuren sind keine Grenzen gesetzt. Oft wird dabei aber versucht, die Physik und die Chemie außer Kraft zu setzen.



Bild 1

Gehäusestrukturen für Optiken, Lichtquellen und Detektoren einer IR-Kamera.

Bild: Carl Zeiss Optronics

System nur durch Verwendung von Si_3N_4 -Keramik realisiert werden.

Große und sehr komplexe Bauteile mit unterschiedlichsten Wanddicken mussten in hoher Präzision wirtschaftlich, das heißt mit möglichst wenig Bearbeitungsaufwand nach dem Sintern zu fertigen sein. Bei FCT Ingenieurkeramik wurde eine auf CAD/CAM basierende, im Leichtbau übliche Technik auf die Keramik übertragen. Aus einem rohr- oder blockförmigen Halbzeug wird durch Zerspanen mit CNC-Dreh- und Fräsmaschinen das feinteilige, komplex geformte Bauteil herausgearbeitet.

Während die Metaller dies mit einem gegossenen oder geschmiedeten Block tun und das Bauteil nach der Bearbeitung fertig ist, muss die Keramik unter Berücksichtigung der Schrumpfung beim Sintern (etwa 20 %) sowie eines erforderlichen Schleifaufmaßes auf bestimmten Flächen im Grünzustand bearbeitet werden.

Um sicher zu stellen, dass nur wenige Funktionsflächen nach dem Sintern durch aufwändiges Schleifen bearbeitet werden müssen, musste der gesamte Fertigungsprozess vom Pulver bis zum Bauteil so abgesichert sein, dass die Formänderung durch Schwindung und Verzug beim Sintern mit +/- 0,2 % einzuhalten war. Dies bedeutet eine gegenüber der konventionellen Technik erhöhte Genauigkeit um fast eine Größenordnung.

Neben einer ausgefeilten Bearbeitungstechnik im grünen und gebrannten Zustand muss eine Sintertechnik auf höchstem Niveau verfügbar sein, um solche Bauteile verzugs- und rissfrei aus dem Sinterofen zu bekommen (**Bild 1**).

Mit dem Einsatz von Siliciumnitridwerkstoffen scheint das manchmal zu gelingen, die genaue Analyse ergibt dann, dass lediglich das Leistungsspektrum dieser Werkstoffe deutlich über konventionelle Lösungen hinausgeht.

Siliciumnitridkeramiken bieten hohes Potential für Anwendungen, in denen neben hoher Festigkeit und Bruchzähigkeit auch hohe Verschleiß-, Korrosions- und Temperaturwechselbeständigkeit auch bei erhöhten Temperaturen gefordert werden. Bauteile aus solchen Werkstoffen mit erweitertem Eigenschaftsspektrum sind nun kommerziell verfügbar.

Neben der Beherrschung der Werkstofftechnik ist hier aber vor allem die Beherrschung einer entsprechenden, zuverlässigen, wirtschaftlichen und reproduzierbaren Fertigungstechnik die Grundvoraussetzung dafür, dass neue Dinge tatsächlich umgesetzt werden können.

Realisierte Anwendungen im Prototypenmaßstab bieten deutliche technologische Vorteile, oft

verhindert oder verzögert der Preis solcher Lösungen und mangelnde Kenntnisse über entsprechender Werkstoffe deren Einführung auf breiterer Front.

Produktinnovation: Ultraleicht, hochsteif, dauerfest

Für ein innovatives Kamera-konzept der Carl Zeiss Optronics GmbH sind für das Gehäuse und die dazugehörige Präzisions-Geräteträgerplattform hohe Steifigkeit, Dauerfestigkeit, kleinste Wärmeausdehnung, Ermüdungsfreiheit und gute Wärmeleitfähigkeit bei geringstem Gewicht gefordert. Wegen hoher mechanischer Belastung bei Start und Landung der damit ausgestatteten Flugzeuge kann dieses

Autor

Dr. Karl Berroth
Geschäftsführender
Gesellschafter der
FCT Ingenieurkeramik GmbH
96528 Rauenstein
Gewerbepark 11
Tel.. 03 67 66/868-10
k.berroth@fct-keramik.de
www.fct-keramik.de



Bild 2

Kalibrierschwingerkopf (25 kHz),
dünnste Wanddicke rund 0,3 mm.

Lebensdauerprüfungen mit relevanten Lastwechselzahlen an dynamisch belasteten Maschinenkomponenten müssen möglichst schnell durchführbar sein. Um dies wirtschaftlich zu realisieren, werden Prüfgeräte mit immer höheren Prüffrequenzen gebaut. Dafür werden dauerfeste Werkstoffe und Bauteile mit wenig Masse und hohem E-Modul benötigt. Auch hier ist Si_3N_4 -Keramik sehr gut geeignet. Zusammen mit der Fa. Tira wurden neuartige Prüfköpfe für Dauerschwingprüfmaschinen entwickelt und gebaut, die Ausführungen in Aluminium, Magnesium und Stahl ersetzen. Damit wurde das Leistungsspektrum der Prüfmaschinen deutlich ausgeweitet (**Bild 2**).

Prozessinnovation: Korrosions- und verschleißbeständig

In der Aluminium-Gießertechnik sind korrosionsfeste Werkstoffe gefragt, die in flüssigem, hochlegiertem Aluminium über lange Zeiträume beständig sind. Pyrometer- und Tauchheizelementschutzhöhre sowie Steigrohre und Gießdüsen sind Stand der Technik.

Für eine weitere Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Abformtreue, vor allem bei feinststrukturierten Gussbauteilen, sind Flüssigmetallpumpen mit hoher Dosiergenauigkeit gefragt.

Eine neuartige, patentierte Pumpe, die eingetaucht im Schmelzriegel die Aluminiumschmelze kontaminationsfrei mit einem Druck bis rund 10 bar und mit einer Dosiertoleranz von +/- 0,1% in die Formpump, konnte aus Si_3N_4 mit der bei FCT Ingenieurkeramik entwickelten und verfügbaren Werkstoff- und Fer-

tigungstechnik realisiert werden. Sie wird zwischenzeitlich erfolgreich eingesetzt und erprobt.

Hier wurde neben der Korrosionsbeständigkeit und der äußersten Präzision aber auch die Hochtemperaturfestigkeit genutzt. Für die Verbindung von Kolben und Kolbenstange über eine Kolbeneinbauplatte wurde ein „elastischer“ Seegerring aus Si_3N_4 eingesetzt. Er lässt eine ausreichende Verformung zum Einbau zu und gewährleistet auch bei hoher Temperatur eine sichere, aber lösbare Verbindung. Auch Kolbenringe für die Abdichtung des Kolbens im Zylinder wurden daraus gefertigt (**Bild 3**).

Für die Automobilindustrie werden zunehmend Komponenten durch Umformprozesse hergestellt. Werkzeuge dafür müssen hohe Standzeiten bringen und möglichst schnelle Zykluszeiten erlauben um einen wirtschaftlichen Prozess zu gestalten.

Beim Streckwalzen von Stahl- und Aluminiumblechen mit einem neuen Verfahren hat die Einführung von Si_3N_4 -Streckwalzwerkzeugen dazu geführt, dass die Zykluszeit gegenüber Stahl- und Hartmetallwalzen um etwa 35% reduziert werden konnte. Damit konnte der innovative Streckwalzmaschinenhersteller anbieten, die Fertigung der gewünschten Felgenzahl beim Räderhersteller mit nur drei Maschinen zu schaffen, während der Mitbewerber mit metallischen Walzwerkzeugen vier Maschinen anbieten musste: Es war klar, wer den Auftrag bekam. Zudem wurde die Standzeit der Walzwerkzeuge auf das 1,5fache der Metallwerkzeuge erhöht. Durch höhere Kaltverfestigung wurde die Materialdicke reduziert und damit das Gewicht um rund 1 kg je Felge reduziert.

Machbar ist dies wegen der ho-



Bild 3

Skizze des Funktionsprinzips und Keramikbauteile der Schmelzpumpe.

hen Härte des Keramikwerkstoffs und wegen seiner ausgezeichneten Temperaturwechselbeständigkeit, die die Zerrüttung durch thermomechanisch induzierte Wärmespannungsrisbildung verhindert.

Auch für andere Umformwerkzeuge, Führungselemente und Verschleißteile in der Walzwerkstechnik konnten – in Keramik umgesetzt – die Standzeiten deutlich, bis zum 20fachen oder von Tagen auf Monate verlängert werden (**Bild 4**).

Ausblick

Mit Si_3N_4 -Keramikwerkstoffen und der entsprechenden Fertigungstechnik sind Bauteile aus einer Werkstoffklasse kommerziell verfügbar, die Produkt- und Prozessinnovationen erlauben oder erst möglich machen. Das Potential ist noch nicht ausgeschöpft und fast werden täglich neue Referenzen geschaffen. Zudem wird bei der FCT Ingenieurkeramik

GmbH systematisch an der Werkstoff- und Verfahrenstechnik weiter geforscht und entwickelt, um neue Eigenschaftskombinationen, höhere Zuverlässigkeit und wirtschaftlichere Bauteile zu erreichen.

Neben großen und komplexen Bauteilen sind auch Kleinstteile in höchster Präzision machbar. Sie helfen Konstrukteuren und Prozessingenieuren bislang vorhandene Grenzen zu überwinden.

Für Prozesse und Bauteile, bei denen hohe Temperaturen, korrosive Medien, höchste mechanische und tribologische Beanspruchungen Probleme aufwerfen, sollte dringend über Keramik nachgedacht werden. Auch für hochsteife, ultraleichte und dauerfeste Strukturen gibt es Konzepte und Lösungen mit Si_3N_4 oder anderen Keramikwerkstoffen. FCT Ingenieurkeramik bietet sich als Partner an, maßgeschneiderte Werkstoffe und keramikgerechtes Design zu realisieren.



Bild 4

Streckwalzrolle, keramischer
Walzring und montiertes Werkzeug,
gewalzte Felgen.

Bilder (3): FCT

FCT Ingenieurkeramik GmbH

Gewerbepark 11,
D-96528 Rauenstein

Tel.: +49 (0) 36 766 / 868-0

Fax: +49 (0) 36 766 / 868-68

email: ingenieurkeramik@fct-keramik.de

www.fct-keramik.de