

**1** Laserunterstützte Hartbearbeitung von Siliziumnitrid: Die lokal begrenzte Erwärmung des Werkstoffs bewirkt eine Entfestigung des zu zerspannenden Werkstoffvolumens

Hochproduktiv und flexibel Siliziumnitrid bearbeiten

# Harte Keramik laserunterstützt drehen

Ein neues hybrides Maschinenkonzept für die laserunterstützte Drehbearbeitung ermöglicht die flexible und hochproduktive Stangenbearbeitung von gesinterten, harten keramischen Werkstoffen mit Glasphase, wie Siliziumnitrid und -karbid.

VON DOMINIC DEUTGES

→ Keramik besitzt viele positive Eigenschaften: hohe Härte, Verschleißfestigkeit, chemische Beständigkeit, quasi nicht vorhandene elektrische Leitfähigkeit, hohe Temperaturfestigkeit, niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient, gute Druckfestigkeit und einen hohen E-Modul. Dies macht einen Einsatz in vielen Bereichen der Technik sinnvoll. Keramische Werkstoffe im Allgemeinen können vielen Beanspruchungen gleichzeitig widerstehen,

zum Beispiel einer hohen Druck- und Verschleißbeanspruchung unter Angriff einer heißen, aggressiven Säure.

Technisches Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) ist eine Keramik, deren Gefüge aus Silizium-

nitridkristallen – umgeben von einer amorph erstarrten Glasphase – besteht. Die Glasphase ermöglicht während des Sintervorgangs eine Phasenumwandlung der Siliziumnitridkristalle und damit die Ausbildung des charakteristischen nadelförmigen Gefüges. Die Glasphase verleiht der Siliziumnitridkeramik zudem eine gewisse Zähigkeit sowie in Kombination mit kleinen Defektgrößen die höchste Festigkeit unter den ingenieurkeramischen Werkstoffen.  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Keramik eignet sich besonders für thermoschockbeanspruchte Bauteile und ist für Einsatztemperaturen bis etwa 1300° C geeignet. >>>

## **i** HERSTELLER

**A. Monforts Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG**

41238 Mönchengladbach

Tel. +49 2161 9461-0

Fax +49 2161 9461-341-

→ [www.monforts-wzm.de](http://www.monforts-wzm.de)

→ EMO Hannover Halle 17, C69

### »» Siliziumnitrid für thermisch anspruchsvolle Aufgaben

Einsatzfelder für Bauteile aus Siliziumnitridkeramik sind zum Beispiel

- Umformwerkzeuge für die Warmumformung
- Führungsrollen in Warmwalz- und Werkzeugformeinsätze in Tiefziehprozessen
- Steigrohre zur Handhabung von Aluminiumschmelzen in der Gießereitechnik
- Sonderwerkstoff in der Lagertechnik.

In thermisch anspruchsvollen Prozessen zeigt die Keramik deutliche Standzeitvorteile gegenüber metallischen Werkstoffen, aber auch das geringere Gewicht ist häufig ein Grund für den Einsatz.

Bei der Herstellung von Keramikbauteilen wird die keramische Rohmasse durch unterschiedliche Formgebungsverfahren geformt und anschließend einer Wärmebehandlung (Sinterung) unterzogen. Durch die Sinterung schwindet das Bauteil um bis zu 20 Prozent, bezogen auf die linearen Abmessungen, sodass eine Nachbearbeitung nötig ist, um die geforderten Endmaße in den erforderlichen Genauigkeiten zu erreichen. Die Fertigungstechnik beschränkt die Bauteilgestaltung bezüglich der Größe, der Formvielfalt und der erreichbaren Toleranzen. Die Schwindung bei Trocknung und Brand ist nicht immer ideal gleichmäßig, was zu einem Verzug der Bauteile führt.



2 Dreh- und Laserwerkzeug sind in der RNC 400 Laserturn von Monforts intelligent und praxistauglich miteinander verknüpft

### Hohe Ansprüche an die Finishbearbeitung

Die grundsätzlich geringe Zähigkeit keramischer Werkstoffe verhindert den Abbau von örtlichen Spannungsspitzen durch plastische Verformung. Aus diesem Grund verfügt Keramik nur über einen geringen Widerstand gegen Risswachstum. Bei unzureichend präzise gefertigten Oberflächen entsteht somit bei Belastung eine hohe Hertzsche Flächenpressung, die zum

Bauteilversagen führen kann. Die besonderen Eigenschaften keramischer Werkstoffe stellen daher hohe Ansprüche an die Qualität der Finishbearbeitung. Die bisher hierzu eingesetzte Schleifbearbeitung ist aufgrund der hohen Härte und Verschleißbeständigkeit technischer Keramik aufwendig und nur eingeschränkt wirtschaftlich. Wesentlicher Hinderungsgrund für eine weitere Verbreitung von Siliziumnitridkeramik sind bislang die hohen Kosten der Hartbearbeitungsverfahren bei der Herstellung von Bauteilen, die bis zu 80 Prozent der Gesamtherstellungskosten ausmachen.

### Drehen ist erst mit Laserunterstützung sinnvoll

Eine Drehbearbeitung ohne vorherige Erwärmung des Werkstücks ist in wirtschaftlicher und technologischer Hinsicht nicht sinnvoll. Hoher Werkzeugverschleiß und unzureichende Oberflächenqualitäten sind Folgen der hohen Härte des Werkstoffs. Die Laserbestrahlung ermöglicht eine lokal begrenzte Erwärmung des Werkstoffs vor dem Eingriff der Werkzeugschneide und somit eine Entfestigung des zu zerspanenden Werkstoffvolumens (Bild 1). Hierdurch kann eine signifikante Verbesserung der Zerspanbarkeit von Siliziumnitridkeramik erzielt werden. Durch den Einsatz eines Lasers zur Erwärmung und Entfestigung des Werkstücks werden eine



3 Das revolverintegrierte Laserwerkzeug bei der RNC 400 Laserturn ist auf einem Standard-Werkzeugplatz positioniert

erhebliche Reduktion des Werkzeugverschleißes und eine starke Verbesserung der erzielbaren Oberflächenqualitäten erreicht.

### Produktiv von der Stange bearbeiten

Gegenüber dem bislang etablierten Schleifen der Bauteile aus Siliziumnitridkeramik ermöglicht die laserunterstützte Drehbearbeitung wirtschaftlich sehr sinnvolle

Optionen, so zum Beispiel die Stangenbearbeitung. Es müssen keine einzelnen Werkstücke vorgeformt und gesintert werden mit jeweiliger Schleifbearbeitung der einzelnen Bauteile. Stattdessen können Stangen aus Siliziumnitrid gesintert werden, die anschließend von der Maschine durch Stechbearbeitung separiert werden.

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung des hybriden Verfahrens zum la-

serunterstützten Drehen ist die Entwicklung einer Produktionsmaschine, die Dreh- und Laserwerkzeug intelligent und praxistauglich miteinander verknüpft. Die RNC 400 Laserturn (Bild 2) der Firma Monforts aus Mönchengladbach bildet dieses Verfahren erstmals auf einer Serienmaschine ab. Als Basismaschine dient eine RNC 400 duoTurn mit einem maximalen Werkstückdurchmesser von 340 mm und einer hydrostatischen Rundführung, die entsprechend hohe Maschinengenauigkeiten gewährleistet.

Die Erweiterung zur hybriden Bearbeitung mittels Laserstrahlung wird durch ein im Werkzeugrevolver auf einem Standard-Werkzeugplatz positioniertes Laserwerkzeug realisiert (Bild 3). Ein gleichzeitiger Einsatz von Zerspanungswerkzeug und Laserwerkzeug wird hierdurch ermöglicht. Die Strahlführung erfolgt durch den Werkzeugrevolver. Dieses Integrationskonzept wurde zum Patent angemeldet. Als Strahlquelle wird ein Diodenlaser verwendet, der einen vergleichsweise hohen >>>



4 Auch zum Laserhärten lassen sich die Laserwerkzeuge in der RNC 400 Laserturn einsetzen, was in Kombination mit dem ...



5 ... Hartdrehen die Durchlaufzeiten verkürzt und den Logistik-Aufwand verringert

» elektro-optischen Wirkungsgrad von circa 45 Prozent bietet. Die Laserstrahlung wird über ein Lichtleitkabel von der peripher aufgestellten Strahlquelle in die Maschine geführt.

### Sehr gute Prozessergebnisse

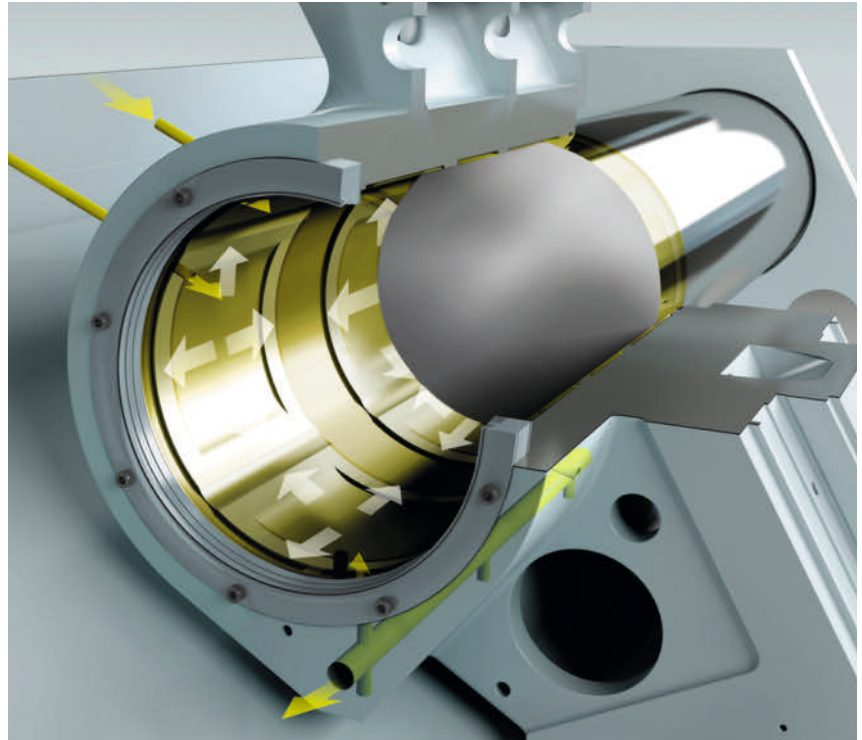
Die Untersuchungen zeigen, dass sich Oberflächenrauigkeiten von  $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ , teilweise auch darunter, prozesssicher erreichen lassen. Auch die Kantenqualität ist bei der Drehbearbeitung hervorragend, bei Stechoperationen werden entsprechend gute Oberflächen erzielt.

Die Laserwerkzeuge im Werkzeugrevolver können auch zum Laserhärten von Metallen (Bild 4) eingesetzt werden. Dies ist im Rahmen einer Kombinationsbearbeitung mit dem Hartdrehen (Bild 5) sinnvoll, wenn es zum Beispiel um kurze Durchlaufzeiten und die Verringerung von logistischen Aufwänden im Produktionsablauf geht (Entfall von Transport- und Rüstzeiten). Des Weiteren wird eine Steigerung der Bauteilqualität erreicht, da alle Prozesse in einer Aufspannung erfolgen können.

Beim Laserstrahlhärten werden zum Beispiel lokal beanspruchte Wellenbereiche (Lagersitze, Passfedernuten oder Keilnutverbindungen) martensitisch gehärtet, um den Verschleiß zu reduzieren. Dabei können alle Werkstoffe, die flamm- und induktionshärtbar sind, auch lasergehärtet werden. Der Kohlenstoffgehalt muss dann größer 0,3 Prozent sein. (Vergütungsstähle, Kalt- und Warmarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle, Guss, rost- und säurebeständige Stähle). Die erreichbare Härte liegt bei der werkstoffspezifischen Maximalhärte.

Der Vorteil gegenüber anderen Randschichthärteverfahren ist die geringe und gezielte Energieeinbringung. Nachbearbeitungsaufmaß und -umfang können entsprechend reduziert werden. Durch den ortselektiven Härtevorgang werden zudem Bauteile an anderen Stellen nicht unnötig spröde gemacht. Zudem ist kein Abkühlungsmedium erforderlich, da dieses Verfahren über die Selbstabschreckung (Temperaturableitung ins Innere des Bauteils) arbeitet.

Die erzielbaren Einhärtetiefen liegen im Bereich von ungefähr 0,1 mm bis maximal 1,5 mm. Die Oberflächengeschwin-



6 Bewährtes Konzept: hydrostatische Säulenführung für höchste Genauigkeit

digkeiten bewegen sich etwa im Intervall 0,15 m/min ... 2 m/min, dies ist insbesondere abhängig von der geforderten Spurbreite und Einhärtetiefe sowie der installierten Laserleistung.

### Hydrostatische Säulenführung für höchste Genauigkeit

Monforts setzt bei der RNC 400 Laserturn auf das bewährte Konzept der hydrostati-

schen Säulenführung (Bild 6). Der Schlitten mit dem Werkzeugträger wird dabei auf einer massiven Säule mit einem dünnen Ölfilm geführt. Diese wartungs- und verschleißfreie Führung arbeitet ohne Reibkontakt. Der dünne Ölfilm zwischen Bohrung und Säule verleiht der Maschine außerordentlich gute Dämpfungseigenschaften. Dies ist besonders bei der genauen Hartbearbeitung sehr vorteilhaft. Die Werkzeuglebensdauer verlängert sich massiv, wenn sich Schwingungen nicht ausbreiten können. Durch die geringe Reibung der Führung bewegt sich der Längsschlitten dazu äußerst gleichmäßig. Dies macht sich in sehr guten Oberflächeneigenschaften bemerkbar. Der Stick-Slip-Effekt tritt nicht auf. Dies wirkt sich besonders bei kleinen Verfahrensbewegungen günstig aus. So können auch kleinste Weginkremente von 1  $\mu\text{m}$  stick-slip-frei Verfahren werden. ■

Artikel als PDF unter [www.werkstatt-betrieb.de](http://www.werkstatt-betrieb.de)  
Suchbegriff → **WB110459**

**Dr. Dominic Deutges** ist Leiter Produktmanagement, Marketing & neue Technologien bei der A. Monforts Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG in Mönchengladbach  
→ [deutges@monforts-wzm.de](mailto:deutges@monforts-wzm.de)