

# Nakanishi Jaeger - die richtige Wahl

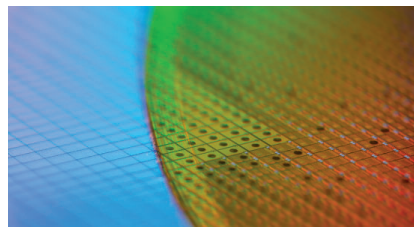
Hochfrequenzspindeln für die  
Micro-Präzisionsbearbeitung von  
sprödharten Materialien



## Hochleistungswerkstoffe wie Silizium und keramische Werkstoffe haben besondere Materialeigenschaften

Sie zeichnen sich insbesondere durch eine hohe Härte, einem hohen Elastizitätsmodul, geringer Dichte und weitgehender Unempfindlichkeit gegenüber chemischen Stoffen aus.

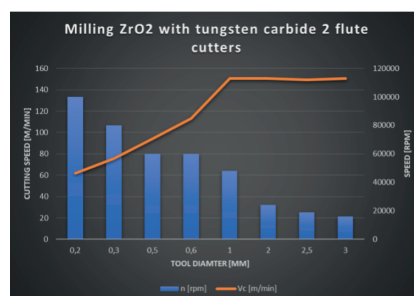
Die hohe Härte keramischer Werkstoffe begünstigt deren Einsatz für Bauteile, die einem hohen abrasiven Verschleiß ausgesetzt sind. Keramische Werkstoffe werden zunehmend für technische Bauteile und Implantate verwendet. Die Keramik findet Anwendung in der Medizintechnik, z. B. für künstlichen Zahnersatz. Halbleiter aus Silizium sind aus unserer digitalisierten Welt nicht mehr wegzudenken.



Präzisionsbohrungen in Siliziumwafer

## Zerspanung sprödharter Werkstoffe Anforderungen an die Spindel

Die Streuung der bei der Mikropräzisionsbearbeitung verwendeten Werkzeugdurchmesser kann zwischen 0,2 mm und 3 mm liegen.



Typische Parameter zum Fräsen von Zirkonoxid (Dentalindustrie)

Sowohl das Fräsen von sprödharten Werkstoffen mit geometrisch bestimmter Schneide (beschränkt auf die Bearbeitung von Zirkonoxid) als auch das Schleifen mit geometrisch unbestimmter Schneide ist eine Herausforderung gegenüber der Metallbearbeitung.

Die große Härte und mangelnde Duktilität von Hochleistungskeramiken führen zu geringen Standzeiten, geringem Materialabtrag und schlechten Oberflächenqualitäten. Eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit führt in der Regel zu einer Verbesserung der erzielten Oberflächengüte.

Der Grund liegt in der Reduzierung der mittleren Spannungsdicke (mehr Schneideneingriffe / Zeiteinheit im Zerspanungsprozess), bei gleichzeitiger Abnahme der Schleifkräfte (geringere Beanspruchung des ein-

zelen Schleifkorns) und dadurch verbessertem Verschleißverhalten. Allerdings steigt die thermische Belastung von Werkzeug und Werkstück. Die Verringerung der Umfangsgeschwindigkeit führt, meist bedingt durch gegenläufige Prozesse, zu einer Verringerung der Oberflächengüte. [Holzhüter 02]

Sprödharte Materialbearbeitung führt beim Eindringen der Kornschneide in das Material zu radialen und seitlichen Kornrissen im Werkstückmaterial. Die eigentliche Spanabfuhr erfolgt durch die seitlichen Risse, die zum Abplatzen des Materials führen. [Klocke 18\_1]

Im Gegensatz zur Metallbearbeitung treten bei der Keramikbearbeitung grundsätzlich erhöhte Prozesskräfte auf, insbesondere in Normalrichtung. [TIO 90]

Diese Kräfte müssen durch entsprechend steife Maschinen und Spindelssysteme kompensiert werden. Andernfalls führen zu weiche und nachgiebige Systeme zu reduzierten Maß- und Formgenauigkeiten der erzeugten Funktionsflächen. [Klocke 18\_2]

Folglich muss die Arbeitsspindel gute Steifigkeitseigenschaften in radialer und axialer Richtung aufweisen und einerseits eine Drehzahl von 100.000 min<sup>-1</sup> aufweisen,



Diverse Dentalwerkzeuge mit 3 mm Schaftdurchmesser für den Zahnersatz - Fotos Eigentum von HPTec

andererseits genügend Leistung sowie Drehmoment für das Schrumpfen des Werkstücks mit einem 3 mm Werkzeug haben. Der Vergleich vom Ackerpflügen mit einem Porsche liegt nahe. Die 5-Achs-Bearbeitung von Zahnersatz macht die Konstruktion von Spindeln mit signifikant auskragenden Spindelwellennasen notwendig und erfordert zwingend den Einsatz langer Werkzeuge. Steifigkeit und lange Werkzeuge und Spindelnasen sind gegensätzliche Anforderungen und machen Kompromisse in Sachen Produktivität notwendig.

### Leistungsstark, kompakt und leicht sowie thermisch konstant für eine anspruchsvolle Anwendung

**Nakanishi Jaeger** entwickelt und fertigt die Motoren, die sie in ihren Hochfrequenzspindeln verwenden, selbst. So kann **Nakanishi Jaeger** den Motor genau passend zur Anwendung auslegen – einerseits klein und kompakt, andererseits ausreichend Kraft für die anspruchsvolle Schrubbearbeitung.

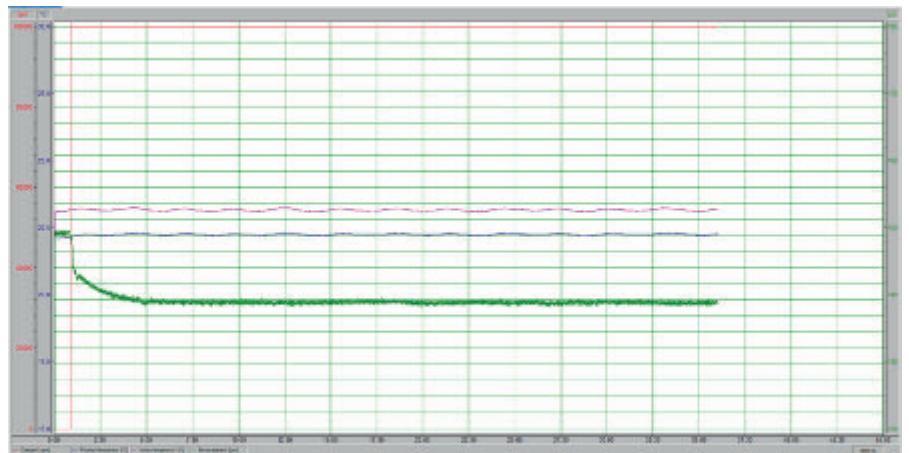
Kombiniert mit dem Fokus des Motorendesigns auf niedrigste Temperaturverluste sind Nakanishi Jaeger Spindeln die richtige Wahl für diese anspruchsvolle Anwendung. Die Anforderungen an die Formgenauigkeit an Werkstücke aus sprödharten Werkstoffen sind meist signifikant. Eine Wärmeausdehnung der Spindelwelle ist unerwünscht und der Wärmeeintrag der Spindel in die Maschine ebenso.

Die Spindel muss aus Produktivitätsgründen möglichst schnell thermisch saturiert und während des Betriebes konstant sein, um den thermisch bedingten Einfluss auf die Genauigkeit auf ein Minimum zu begrenzen.

Der Wärmeeintrag in die Maschine muss so gering wie möglich ausfallen. Um eine derart thermisch konstante Spindel zu erreichen, müssen hier ein außerordentlich effektives Motordesign und ein hervorragendes Kühlkonzept zusammenarbeiten.



Fräsen von ZrO<sub>2</sub>



Z33@ 100.000 min<sup>-1</sup>

Thermisches Verhalten nach 5 Minuten gesättigt, konstant innerhalb 1 µm Auslenkung > 30 Minuten.

## Dauerfettsschmierung - das beste Lagerschmierprinzip für sensitive Teile

Bei der Bearbeitung von Silizium und keramischen Werkstoffen, die beispielsweise im ungesinterten Zustand hygroskopische Werkstoff-

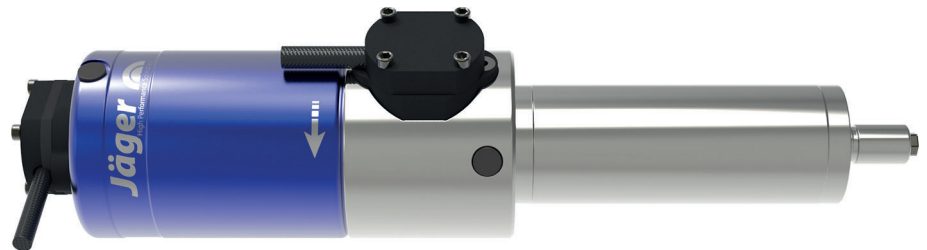
eigenschaften haben, sowie bei medizinischen Anwendungen wird die fettgeschmierte Spindel häufig der Öl-Luftgeschmierten Variante vorgezogen. Dies verhindert eine Kontamination des Werkstücks, die insbesondere bei Implantaten kritisch sein könnte. Weitere Gründe

für eine Dauerfettsschmierung sind neben dem Kostenaspekt beispielsweise die Reduzierung von Fehlermöglichkeiten (z. B. durch unsachgemäße Handhabung von Öl-Luft-Schmieraggregaten oder Verwendung ungeeigneter oder zu unreiner Öle).

## Ausschlaggebend für die erreichbare Genauigkeit ist die Ausführung und Genauigkeit der Werkzeugschnittstelle

Je weniger Schnittstellen zwischen Werkzeug und Spindel, desto höher ist die erreichbare Bearbeitungsgenauigkeit.

Alternative Spannsysteme für die Mikrobearbeitung von sprödharten Werkstoffen sind HSK-Schnittstellen, vorzugsweise mit Wärmeschrumpfverbindung, oder direkte Werkzeugschaftspannung.



Z33 Spindel 100.000 min<sup>-1</sup>, 0,65 kW mit elektrischer Löseeinheit

Nachteilig dabei ist, dass alle Werkzeuge im Prozess den gleichen Schaftdurchmesser haben müssen, was in bestimmten Branchen wie der Dentalindustrie Stand der Technik ist und dazu führt, dass weniger Kapital in kostenintensiven

HSK-Werkzeugaufnahmen gebunden wird. Um den Luftverbrauch und damit den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu reduzieren, können Nakanishi-Jaeger-Spindeln anstelle eines Pneumatikzylinders mit einer elektrischen Löseeinheit ausgestattet werden.

## Nakanishi Jaeger Produktprogramm

### Beispiele für Produkte zur Mikropräzisionsbearbeitung von sprödharten Werkstoffen:

Spindeltyp	max. Drehzahl (min <sup>-1</sup> )	Werkzeugschnittstelle
Z33	100.000	Direktschaftspannung
DentaDrive X.O	100.000	Direktschaftspannung
Z62 H370	70.000	HSK E 20
Z62 H460	60.000	HSK E 25
Z100 H540	40.000	HSK E 32
B150	26.000	HSK E 40

### Hersteller

**Nakanishi Jaeger GmbH**  
Siemensstraße 8  
61239 Ober-Mörlen · GERMANY  
Telefon +49 6002 9123-0  
info@nakanishi-jaeger.com

### Autor

Jürgen Beck; Biberach 01.09.2023

### Literaturverzeichnis:

- [Holzhüter 02] Holzhüter, Sonja Mandy (07.05. 2002), Dissertation Einfluss von Digitalisierung und Bearbeitung auf die Eigenschaften CAD/CAM bearbeiteter Kronen- und Brückengerüste aus Hochleistungskeramik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland
- [Klocke 18\_1] Klocke, Fritz (6. Auflage 2018), Fertigungsverfahren 2, Seite 109
- [TIO 90] Tio TH (1990) Pendelplanschleifen nichtoxidischer Keramiken. Dissertation, TU Berlin
- [Klocke 18\_2] Klocke, Fritz (6. Auflage 2018), Fertigungsverfahren 2, Seite 110