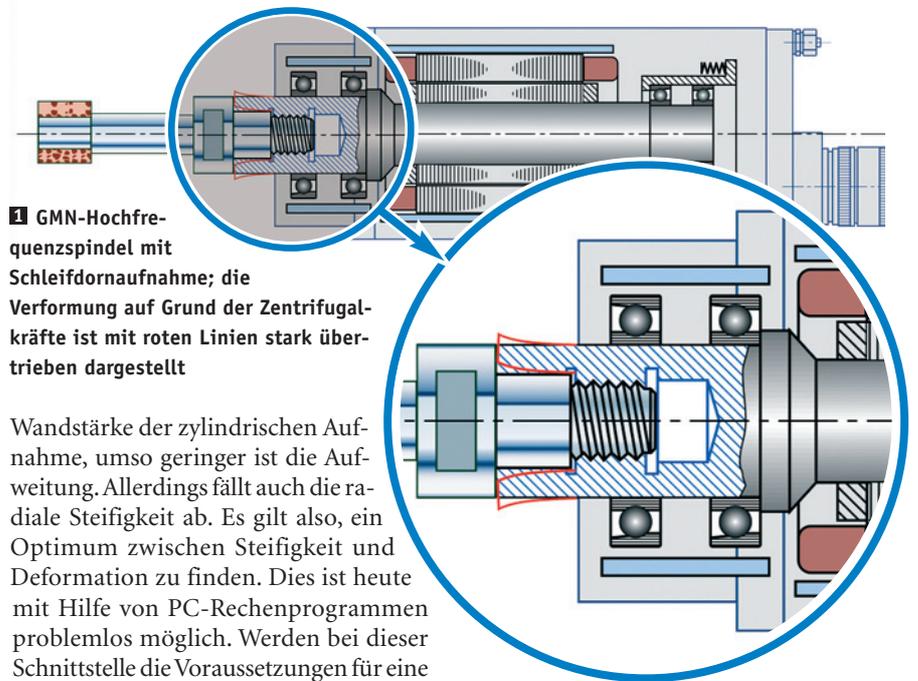


Die Werkzeugaufnahme ist in den meisten Fällen das schwächste Glied in der Kette vom Fundament zum Werkstück. Die Wahl der passenden Schnittstelle zwischen Hochfrequenzspindel und Werkzeug bestimmt daher in hohem Maße die Eigenschaften der Werkzeugmaschine und die Qualität der Bearbeitung. Zu berücksichtigen sind Einflüsse wie Steifigkeiten, Eigenfrequenzen, Lagerbelastungen sowie Werkzeugdaten.

# Auf gute Connections kommt's an

HEINZ WEHRFRITZ

■ Bei Hochfrequenzspindeln ist der Schleifdorn die gängige Werkzeugaufnahme: Er wird über ein Innengewinde in die Welle eingezogen, durch ein zylindrisches Schaftstück radial ausgerichtet und an einer Planfläche axial fixiert. Diese Befestigungsmethode ist jedoch nicht für alle Anwendungen optimal geeignet, weil bei größeren Wellendurchmessern und hohen Drehzahlen eine Zentrifugalkraft entsteht, die den hülsenförmigen Ansatz der Welle trompetenförmig aufweitet. Die Verbindung verliert dadurch an radialer Steifigkeit (Bild 1).

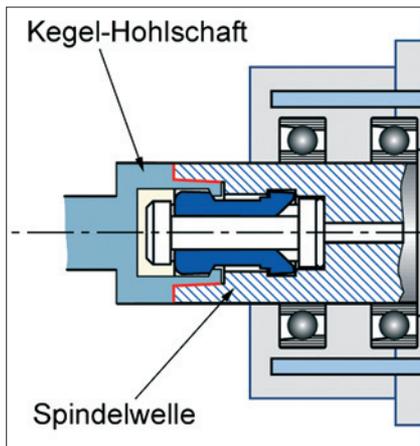


1 GMN-Hochfrequenzspindel mit Schleifdornaufnahme; die Verformung auf Grund der Zentrifugalkräfte ist mit roten Linien stark übertrieben dargestellt

## Optimum aus Steifigkeit und Deformation wird gesucht

Solange die Reibung zwischen den Planflächen ausreicht, um die radialen Kräfte

Wandstärke der zylindrischen Aufnahme, umso geringer ist die Aufweitung. Allerdings fällt auch die radiale Steifigkeit ab. Es gilt also, ein Optimum zwischen Steifigkeit und Deformation zu finden. Dies ist heute mit Hilfe von PC-Rechenprogrammen problemlos möglich. Werden bei dieser Schnittstelle die Voraussetzungen für eine funktionssichere Verbindung zwischen Werkzeugaufnahme und Spindelwelle nicht mehr erfüllt, so sind andere Aufnahmen auszuwählen.



2 Vereinfachte Darstellung einer HSK-Aufnahme; die Kontaktflächen sind mit roten Linien markiert

zu übertragen, wird die Genauigkeit nicht merklich beeinträchtigt. Je kleiner die

Bei der Einführung der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung mit definierter Schneide zeigte sich, dass die bis dahin verwendete Steilkegelaufnahme für hohe Drehzahlen nicht geeignet war. Mit dem Hohlschaftkegel wurde eine Verbindung entwickelt, die hinsichtlich Genauigkeit, Steifigkeit und Sicherheit wesentliche Verbesserungen erzielte.

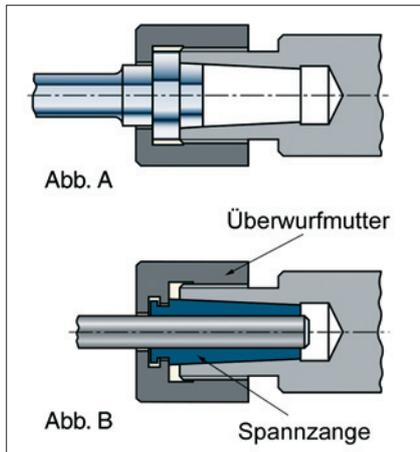
## Hohlschaftkegel mit guter Rund- und Planlaufgenauigkeit

Deshalb war es nur naheliegend, diese Schnittstelle auch bei Schleifspindeln ein-

zusetzen. Der Hohlschaftkegel mit Plananlage ist nach DIN 69893 genormt. Diese Konstruktion verhindert, dass die Anlageflächen der Spindelwelle vom Kegel abheben. Die Abmessungen und Toleranzen sind so festgelegt, dass beim Einfügen des Hohlschaftkegels in die Welle ein Luftspalt zwischen den Planflächen entsteht. Die Kräfte des Spanners erzeugen an den Kontaktflächen (Kegel und Plananlage) die für die Steifigkeit erforderliche Pressung (Bild 2). Eine steife Verbindung sowie eine Rund- und Planlaufgenauigkeit bleiben über den gesamten Drehzahlbereich erhalten.

Bedingt durch die Form sind den Abmessungen Grenzen gesetzt. Die kleinste gängige Größe ist der HSK 25 mit ei- ▶▶

►► nem Planflächen-Außendurchmesser von 25 mm. Schnell drehende Spindeln mit Drehzahlen über 60 000 min<sup>-1</sup>



**3** Werkzeugspannsystem ›Kurzkegel‹: A mit Kurzkegel und Plananlage, B mit Präzisionsspannzange

weisen jedoch kleinere Wellendurchmesser auf: Das Spannelement kann aus diesem Grund nicht mehr untergebracht werden, und ein anderes Spannelement wird benötigt.

**Kurzkegel mit Plananlage für höchste Drehzahlen**

Beim Kurzkegel mit Plananlage wird die Werkzeugaufnahme mit einer Überwurfmutter gespannt (Bild 3). Dieses System ist für eine sehr präzise Bearbeitung bei höchsten Drehzahlen geeignet. Außerdem können unterschiedliche Werkzeugaufnahmen gespannt werden. In Bild 3a ist ein monolithischer Dorn dargestellt, der – je nach Anwendung – aus Stahl oder Sintermaterial gefertigt ist. Die Auswahl des geeigneten Sinter-

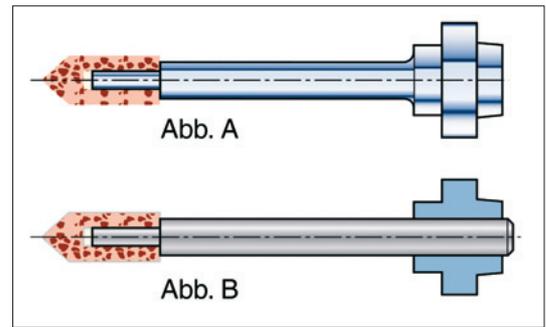
werkstoffs wird durch die Anforderungen bestimmt. Hartmetall weist einen hohen Elastizitätsmodul auf, der zu einer hohen Steifigkeit führt. Bedingt durch die hohe Dichte wird allerdings die erste Eigenfrequenz des Spindelsystems herabgesetzt. Ganz ähnliche Eigenschaften bestimmen auch das Verhalten des Werkstoffs ›Schwermetall‹.

Sintermaterialien mit Titananteil sind wegen ihrer geringen Dichte für Anwendungen geeignet, bei denen die angestrebte Betriebsdrehzahl nahe an der kritischen Drehzahl liegt. Bild 4b zeigt einen Hybriddorn, bei dem auf einen Hartmetallstift das Spannstück aus Stahl aufgeschumpft ist. Eine solche Konstruktion vereinigt die Vorteile einer kostengünstigen Fertigung, einer hohen Steifigkeit und einer hohen ersten Eigenfrequenz des Spindel-/Schleifdorn-Systems. Das Spannsystem kann für unterschiedliche Werkzeuge aus Hartmetall wie Schleifdorne, Bohrer und Fräser eingesetzt werden.

**Für nahezu jede Anwendung ist eine geeignete Spannung verfügbar**

Für dieses Spanverfahren sind zum Einschrumpfen und Lösen geeignete Geräte erforderlich. Neben kostengünstigen Heißluftgeräten sind Hochfrequenzgeräte verfügbar, mit

bereich von GMN-Hochfrequenzspindeln abgedeckt, der sich von 12 000 min<sup>-1</sup> bis 180 000 min<sup>-1</sup> erstreckt (Bild 5). Für nahezu jede Anwendung steht eine geeignete Spannung zur Verfügung. Um das optimale Spindel-/Werkzeug-System für die jeweilige Bearbeitungsaufgabe zu erhalten, sollte der Anwender bei der Beratung des Spindelherstellers in Anspruch nehmen.



**4** Schleifdorne für Kurzkegel-Spannsystem: A als monolithischer Dorn, B als Hybriddorn

Die Firma Paul Müller Industrie in Nürnberg bietet als Serviceleistung die Berechnung von Eigenfrequenzen, Steifigkeiten und Lagerbelastungen für Werkzeuge mit vorgegebenen Abmessungen, die in GMN-Spindeln eingesetzt werden sollen. Außerdem werden Vorschläge dazu unterbreitet, wie sich die Werkzeuge in Hinblick auf Werkstoffe und Abmessungen optimieren lassen.

Dipl.-Ing. (FH) Heinz Wehrfritz leitet das Marketing Spindeltechnik bei GMN Paul Müller Industrie in Nürnberg; h.wehrfritz@gmn.de

www.metall-infocenter.de/WB Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern.

© 2005 Carl Hanser Verlag, München



**5** Die GMN-Hochfrequenzspindel mit Kurzkegel-Spannsystem für eine Betriebsdrehzahl von 120 000 min<sup>-1</sup> ist für die Bearbeitung von Einspritzdüsen optimiert

denen die Werkzeugaufnahme schnell erwärmt werden kann. Wenn sie den technischen Anforderungen der Bearbeitungsaufgabe genügen, werden auf Grund ihrer Wirtschaftlichkeit natürlich weiterhin Spannzangen verwendet (Bild 3b).

Mit diesen verschiedenen Werkzeugaufnahmen wird der gesamte Drehzahl-

**i HERSTELLER**

**GMN Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG,**  
 90411 Nürnberg,  
 Tel. 09 11/56 91-0,  
 Fax 09 11/56 91-2 21,  
 www.gmn.de  
 Metav Düsseldorf 12/A 5