

Das ›Tangentialdrehen‹ basiert auf der Kinematik des Drehräumens und vermeidet die beim herkömmlichen Drehprozess auftretende Drehwendel samt der damit verbundenen Drallstruktur auf der Oberfläche. Insbesondere die Bearbeitung von Radialwellendichtring-Sitzen erfährt dadurch neue Perspektiven. Alle Bearbeitungsschritte sind auf der CNC-Drehmaschine hoch produktiv und wirtschaftlich realisierbar.

JOHANNES SCHNEIDER UND
LEO SCHREIBER

Mit dem Tangentialdrehen zu drallfreien Oberflächen

■ Bei Laufflächen für Dichtelemente an Wellen und anderen Werkstücken aus der Antriebstechnik wird häufig verlangt, dass sie keine Drallorientierung aufweisen, die durch Förderwirkung zur Undichtigkeit am Radialwellendichtring führen kann. Und das bei Oberflächen, die zum Teil mit 55 HRC und mehr gehärtet sind, wenn ein Einsatz in einer Umgebung vorgesehen ist, wo mit verschmutzten Medien gerechnet wird oder wo höhere Umfangsgeschwindigkeiten auftreten. Typische Anforderungen an die Rauheitswerte der Wellen liegen bei $R_a = 0,2$ bis $0,8 \mu\text{m}$, $R_z = 1$ bis $5 \mu\text{m}$ und $R_{\text{max}} \leq 6,3 \mu\text{m}$. Die geforderten Durchmesser-toleranzen liegen bei h11.

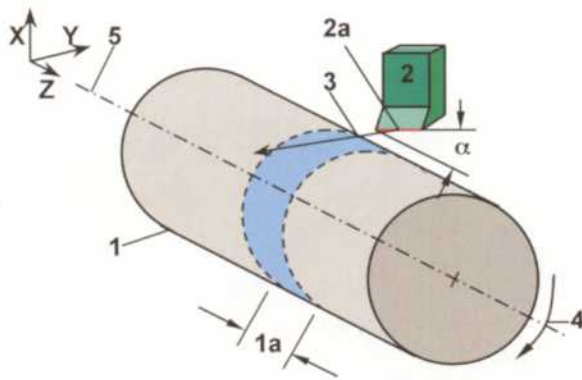
Das übliche Fertigungsverfahren zur Herstellung dieser Bauteile ist das Einstechschleifen. Es hat jedoch oft den Nachteil, dass abhängig vom Schleifscheibenzustand kritische und oft undefinierte Oberflächenstrukturen erzeugt werden. Die Drallfreiheit wäre damit unter ungünstigen Bedingungen nicht gewährleistet.

Drehräumen mit Linearvorschub bildet die Basis des Verfahrens

Zudem ist die Schleiftechnologie mit hohen Investitionskosten und einem aufwändigen Handling des Kühlschmiermittels verbunden.

Das von Boehring, Göppingen, in Zusammenarbeit mit dem Werkzeughersteller Sumitomo, Willich, entwickelte neue Verfahren ›Tangentialdrehen‹ – oder praxisorientiert: ›Drallfreies Drehen‹ – bietet sich als eine innovative, hoch wirtschaftliche Fertigungsalternative zu den bisherigen Produktionsverfahren für Laufflächen von Wellendichtringsitzen an.

Der Drehräumprozess, auf dem das Tangentialdrehen basiert, ist bei der Kurbelwellenbearbeitung mittlerweile ein gängiges Verfahren mit hoher Zerspanleistung. In Bild 1 ist die Kinematik des Drehräumens mit Linearvorschub gezeigt, die Grundlage des Tangentialdrehens. ►►



- 1 Welle
- 1a Bearbeitete Fläche
- 2 Raumschneidehalter
- 2a Raumschneide
- 3 Vorschubrichtung
- 4 Wellendrehrichtung
- 5 Wellenachse
- α Schrägungswinkel der Schneide

■ Grundlage des Tangentialdrehens bildet die Kinematik des Drehräumens mit Linearvorschub

►► Es ist gekennzeichnet durch eine Werkzeugschneide, die in der Bearbeitungsebene um den Schrägungswinkel α angestellt ist. Die Werkzeugschneide ist in einen Werkzeughalter integriert, der um die Schnitttiefe a_p zugestellt wird und anschließend in der Arbeitsebene tangential über das Werkstück verfährt. Aus dem Schrägungswinkel α und der Breite der Werkzeugschneide ergibt sich die Breite der bearbeiteten Fläche auf dem Werkstück. Der Schneideneingriffspunkt wandert bei diesem Zerspanvorgang kontinuierlich über die gesamte Breite der Werkzeugschneide.

Die Integration in die CNC-Drehmaschine ist einfach

Damit wird die Belastung aus dem Zerspanvorgang fortlaufend und daher gleichmäßig über die Schneidenlänge verteilt. Im Gegensatz zum konventionellen Drehprozess, wo die Belastung bei unveränderten Eingriffsverhältnissen stets stationär auf einen identischen Schneidenbereich einwirkt, führen die besonderen Eingriffsverhältnisse beim Tangentialdre-

hen zu einem erheblich verringerten Werkzeugverschleiß und zu einer um Mehrfache erhöhten Standzeit.

Die Kinematik des Tangentialdrehens lässt dabei keine Drallstruktur auf der Wellenoberfläche entstehen. Sie ist mit geringem Aufwand in die CNC-Drehmaschine integrierbar und eignet sich für die Bearbeitung von weichen wie auch gehärteten Wellenoberflächen. Bild 2 zeigt den Aufbau der Tangentialdreheinheit auf dem Revolver der Drehmaschine zur Bearbeitung der Dichtungsfläche eines Gelenkgehäuses. In dem hier gezeigten Fall erfolgt die Bearbeitung in der X-Z-Ebene der Maschine, das Werkzeug wird im Halter ausgerichtet und die Zustellung in Y-Richtung eingestellt.

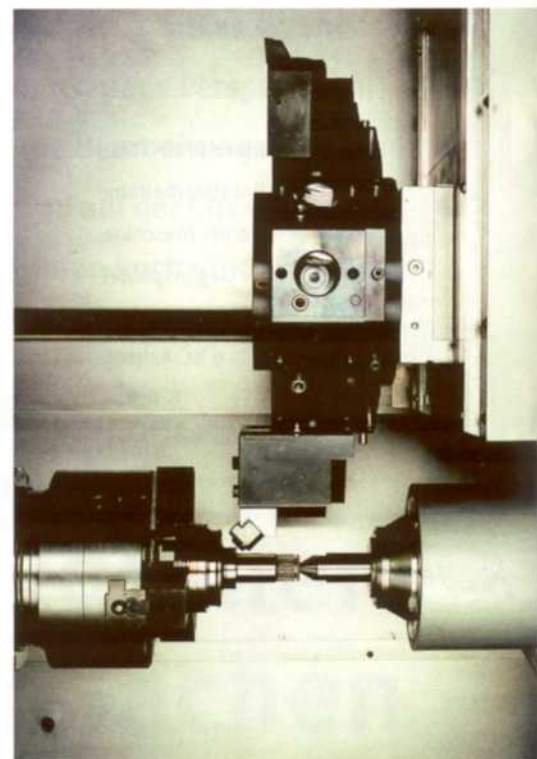
Bei der Schneide entscheiden Genauigkeit und Ausführungsgüte

Erfahrungen belegen dagegen, dass Drehmaschinen mit integrierter Y-Achse vorzuziehen sind. Hier können die Positionierung, Zustellung und Vorschubbewegung des Werkzeugs über die CNC-Achsen gesteuert werden. Dies ist vor allem dann von Vorteil, wenn man unterschiedliche Drehdurchmesser oder Wellenabsätze bearbeitet. Das Werkzeug selbst ist mit einer CBN-Schneide bestückt. Eingesetzt wird eine für die Hartfeinbearbeitung typische Schneidstoffsorte mit niedrigem CBN-Gehalt und einer keramischen Bindung. Sie verbindet hohe Härte, Warmhärte und

Verschleißfestigkeit mit guter Zähigkeit und eignet sich daher für den Einsatz im glatten wie im unterbrochenen Schnitt. Sie kann mit und ohne Kühlschmiermittelzufuhr eingesetzt werden, wobei man im unterbrochenen Schnitt besser auf einen Kühlschmiermitteleinsatz verzichtet. Von besonderer Bedeutung sind hohe Genauigkeit und Ausführungsgüte der Schneide, da sich die kleinste Unregelmäßigkeit direkt in der Oberflächenstruktur des Werkstücks abbilden würde. Die Schneide ist daher im μ -Bereich verrundet und nach dem Schleifen zusätzlich poliert.

Hartdrehen und Tangentialdrehen ergänzen sich auf ideale Art

Bei der Bearbeitung gehärteter Wellenoberflächen bietet das Tangentialdrehen in



■ Tangentialdreheinheit, eingebaut im Revolver der »NG200«, zur Bearbeitung eines Gelenkgehäuses

Kombination mit dem Hartdrehen hervorragende Möglichkeiten zur Verkürzung der gesamten Prozesskette. Durch das Hartdrehen lassen sich auf einer dafür geeigneten Drehmaschine alle Passungen, Planflächen und Freistiche am Werkstück bearbeiten.

Eine zum Hartdrehen und zum Tangentialdrehen geeignete Drehmaschine zeichnet sich durch ein besonderes Maschinenkonzept aus (Bild 3). Eine hohe geometrische Genauigkeit mit hoher Bahn- und Interpolationsgenauigkeit,



■ Die »NG200« bietet die technische Performance für die Hartbearbeitung mit der Option zur Integration des Tangentialdrehens

geringer Positionsunsicherheit und einer Positionsstrebweite $P_s \leq 1 \mu\text{m}$ bildet die Grundvoraussetzung. Dazu müssen eine hohe Rundlaufgenauigkeit der Hauptspindel und des Reitstocks gegeben und die Fehlereinflüsse von Spannvorrichtung und Reitstockspitze minimiert sein. Der Wärmegang in der Maschine stellt eine weitere entscheidende Größe für die erreichbaren Genauigkeiten dar. Auch unter längeren Eingriffszeiten, bei Produktionsunterbrechungen oder thermischer Belastung durch Späne und bei wechselnden Umgebungsbedingungen, darf der Wärmegang wenige μm nicht überschreiten. Eine hohe statische und dynamische Steifigkeit der Maschine ist erforderlich, um die Auswirkungen von Aufmaßschwankungen und Härteunterschieden am Bauteil zu minimieren.

Auch ein theoretischer Restdrall lässt sich heute nicht nachweisen

Mit dem Tangentialdrehen kann man auf wellenförmigen Bauteilen neben den oben aufgeführten typischen hartgedrehten Segmenten nun auch zusätzlich alle Dichtflächen drallfrei bearbeiten. Eine entsprechende geometrische Gestaltung der

Hartgedreht

Lt 5.600 mm
Lc 0.000 mm
Ra 0.483 μm
Rz 2.41 μm
R Profil: 0.000 mm
Lc 0.000 mm
VER 1.00 μm

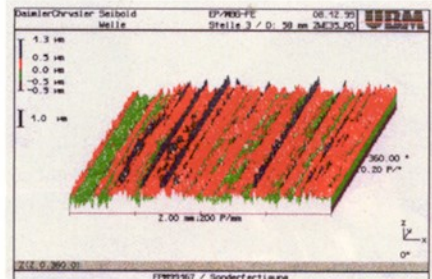


Drallfrei hartgedreht

Lt 5.600 mm
Lc 0.000 mm
Ra 0.252 μm
Rz 1.05 μm
R Profil: 0.000 mm
Lc 0.000 mm
VER 1.00 μm



Ergebnis der Drallmessung



Der Vergleich zeigt den Unterschied: Oberflächentopographie und Rauheit beim Tangentialdrehen und beim Hartdrehen

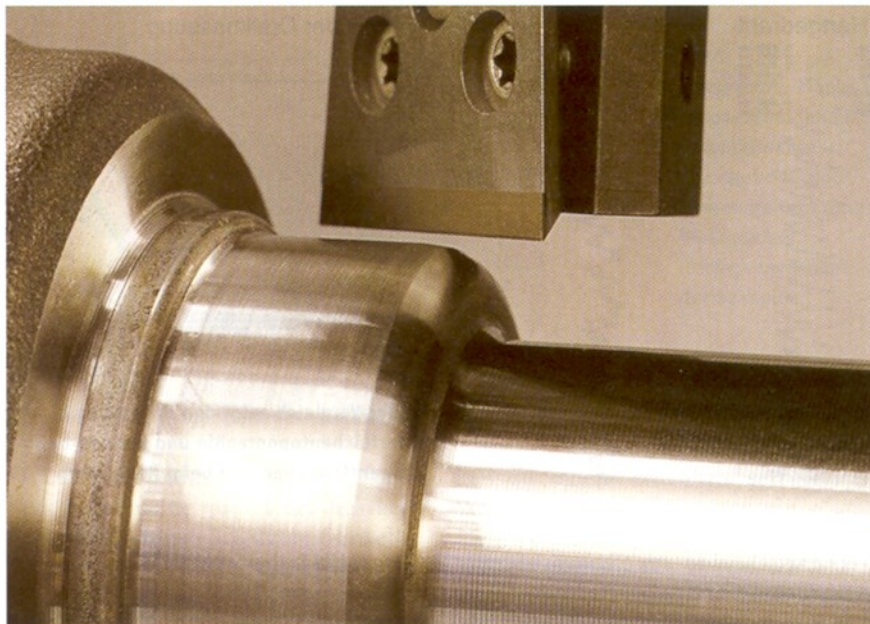
Werkzeugschneide am Tangentialdrehwerkzeug und eine geeignete Vorbearbeitung ermöglichen mit dem Tangentialdrehen auch radienförmige Übergänge zwischen den zylindrischen und den Planflächen an den Werkstücken.

Die Herstellung der drallfrei gedrehten Flächen erfolgt in kürzesten Zeiten (circa 2 s), wodurch die Hauptzeiten drastisch, nicht selten auch auf weniger als ein Viertel des ursprünglichen Werts reduziert werden. Typische Schnittwerte für das

Tangentialdrehen von gehärteten Oberflächen sind nach heutigem Stand der Erkenntnisse:

- Schnittgeschwindigkeit: $v_c = 120$ bis 180 m/min,
- Schnitttiefe: $a_p \text{ max} = 0,05$ bis $0,2$ mm,
- Vorschub des Tangentialdrehwerkzeugs: $f = 0,10$ bis $0,30$ mm.

Ausschlaggebend für die Wahl der Schnittbedingungen sind die Stabilität des Werkstücks, die gewählte Bearbeitungsstrategie (Hartdrehen und anschließendes Tan- >>>



Tangentialdrehen eines Dichtringsitzes an einer Gelenkwelle: Im Anschluss an das Hartdrehen erzielt man damit eine drallfreie Oberfläche

>>> gentialdrehen oder ausschließliches Tangentialdrehen der Oberflächen), die Härte des Werkstücks und die geforderten Oberflächen- und Formtoleranzen.

Erreicht werden können R_a -Werte im Bereich $0,2$ bis $0,6 \mu\text{m}$ und R_z -Werte im

Bereich 1 bis $3 \mu\text{m}$ bei absoluter Drallfreiheit, das heißt, auch ein theoretischer Restdrall lässt sich mit heutigen Messmethoden nicht nachweisen.

Die Breite des Dichtringsitzes ist im Rahmen der Herstellbarkeit der Schneid-

platte nahezu beliebig, und es entstehen keine Rundheitsprobleme am bearbeiteten Durchmesser. Dieses und der weiche Schnitt sind die entscheidenden Unterschiede zum Einstechdrehen.

Bild 4 zeigt die Oberflächentopographie eines Radialwellen-Dichtringsitzes einer Welle nach dem Hartdrehen und im Vergleich dazu nach dem Tangentialdrehen im gehärteten Zustand. Die Gelenkwelle in Bild 5 wird im Bereich des Dichtringsitzes mit dem Tangentialdrehwerkzeug bearbeitet. Das Werkzeug wird hier auf einer Maschine des Typs »NG200« mit Y-Achse nach dem Hartdrehen zur Erzeugung einer drallfreien Oberfläche eingesetzt. Diese Verfahrenskombination hat den Vorteil, dass die Vorbearbeitung bis auf ein verbleibendes Aufmaß von circa $a_p = 0,05$ bis $0,10$ mm durch das Hartdrehen zeitoptimal mit relativ großem Vorschub gefahren werden kann. Die daraus resultierenden hohen Rauheiten ($R_z \sim 14 \mu\text{m}$) werden durch das nachfolgende Tangentialdrehen egalisiert ($R_z \sim 3 \mu\text{m}$), gleichzeitig wird eine »drallfreie« Oberfläche erzeugt.

Den Nachweis der Dichtheit der durch das Tangentialdrehen gefertigten Gegenläufflächen von Radialwellendichtringen haben umfangreiche Versuche erbracht –

im Labor ebenso wie in der Praxis.

Mit dem Tangentialdrehen wird eine hoch flexible und enorm wirtschaftliche Fertigung von Antriebswellen und ähnlichen Werkstücken auf nur einer Maschine – der Drehmaschine – ermöglicht, wo zuvor neben der Drehmaschine zusätzlich eine Schleifmaschine eingesetzt werden musste. Für den Anwender bedeutet dies höhere Produktivität bei geringeren Stückkosten und hoher Flexibilität des Fertigungsverfahrens.

LITERATUR

- 1 R. Vogt, E. Bock: Wellenoberflächenstrukturen und deren Auswirkungen auf das Dichtheits- und Verschleißverhalten von Radialwellendichtungen, VDI-Berichte Nr. 1579 (2000), S. 195-210
- 2 M. Kohlhase, L. Schreiber, A. Riegel: Drallfreies Drehen von Oberflächen für Rotationsdichtungen, Vortrag im Rahmen des Seminars ›Fortschrittliche Dichtungssysteme in der Antriebstechnik‹, Busak+Shamban Akademie, Stuttgart, 10. 10. 2001
- 3 M. Kohlhase, L. Schreiber, M. König: Drehmaschinenkonzepte für die Hartbearbeitung – Einsatz alternativer Technologie Drehen statt Schleifen, VDI-Berichte Nr. 1399 (1998), S. 289-306
- 4 L. Schreiber, M. König: Prozesskettenverkürzung durch innovative Bearbeitungstechnologien, Vortrag ›Göppinger Drehtage‹, 12.-14. 7. 2000

TWIST-FREE SURFACES THROUGH TANGENTIAL TURNING

The ›tangential turning‹ process is based on the kinematics of turn-broaching, and avoids the turning helix - occurring during conventional turning processes together with the associated twist structure on the surface. In particular when machining shaft end seal seats, this gives rise to whole new perspectives. All the machining steps on the CNC lathe can be implemented with outstanding productivity and economy.

Dipl.-Ing. Johannes Schneider ist
Leiter Anwendungstechnik bei Boehringer;
j-schneider@boehringer-
werkzeugmaschinen.de

Dr.-Ing. Leo Schreiber ist
Leiter Prozesstechnologie bei Boehringer;
l-schreiber@boehringer-
werkzeugmaschinen.de

i HERSTELLER

Boehringer Werkzeugmaschinen GmbH,
73033 Göppingen,
Tel. 0 71 61/2 01-00,
Fax 0 71 61/2 01-3 53,
www.boehringer-werkzeugmaschinen.de,
Metav H15/A37