



Bild: Hyprostatik Schönfeld

Bei hydrostatischen Spindellagern – hier eine Gewindeschleifspindel im Einsatz – ist die Welle verschleißfrei gelagert.

# VERSCHLEISSFREI BEARBEITEN

Spindellager, die Wälzlager nutzen, sind gängig, doch sie stoßen bei steigenden Anforderungen hinsichtlich Formgenauigkeit, Oberflächenqualität oder Abtragleistung an ihre Grenzen. Dann können **hydrostatische Spindellager** die Aufgaben übernehmen.

## Robert Schönfeld

**S**pindellager mit Gleit- und Luftlagern sowie mit Magnetslagern werden nur für spezielle Aufgaben eingesetzt. Beherrscht wird das Terrain aktuell vor allem von wälzgelagerten Spindellagerungen. Doch die steigenden Anforderungen an Formgenauigkeit, Oberflächenqualität, Maßhaltigkeit und Abtragleistung überfordern zunehmend die wälzgelagerten Spindellagerungen und Rundtische. Hierfür wurden hydrostatische Spindellager und Rundtische entwickelt, welche den Anforderungen in hohem Maße gerecht werden.

Beste wälzgelagerte Spindellagerungen erreichen in neuem Zustand Rundlaufqualitäten im Bereich von circa 1 µm, wobei die Laufqualität durch Gebrauchsdauer, hohe Belastungen und hohe Drehzahlen abnimmt. Folglich müssen die Lager, beispielsweise bei

schnelldrehenden Innenschleifspindeln, etwa alle sechs Monate getauscht werden.

Wälzlager sind minimal gedämpft, weshalb die mit wälzgelagerten Spindellagerungen erreichten Oberflächenqualitäten am Werkstück begrenzt sind. Außerdem weisen diese Spindeln eine deutlich ausgeprägte Resonanzfrequenz auf und die Werkzeugstandzeiten und Grenzzerspannungsleistung sind beeinträchtigt. Daneben werden schnelllaufende Spindellagerungen vielfach sehr heiß; thermische Verlagerungen der Werkzeugmaschinen können nur mit hohem Aufwand gemildert werden.

## VORTEILE VON HYDROSTATISCHEN SPINDELLAGERUNGEN

Im Vergleich zu Spindellagern auf Basis von Wälzlagern haben die hydrostatischen Spindellagerungen einige Vorteile:

- **Verschleißfreiheit:** In hydrostatischen Lagern schwebt die Welle unabhängig von der Drehzahl und

Robert Schönfeld ist Geschäftsführer bei der Hyprostatik Schönfeld GmbH in 73035 Göppingen-Jebenhausen, Tel. (0 71 61) 96 59 59-20, info@hyprostatik.de

Belastung berührungsfrei und damit verschleißfrei. Dadurch bleiben die Eigenschaften dieser Lagerungen unabhängig von der Gebrauchsdauer, der Belastung und der Drehzahl erhalten.

- **Rundlauf:** Abhängig von der Spindelgröße, der Maximaldrehzahl und dem Aufbau der Spindel beträgt der Rundlauf der hydrostatischen Spindellagerungen unabhängig von der Gebrauchsdauer zwischen 0,03 und 0,3  $\mu\text{m}$ , typisch 0,1  $\mu\text{m}$ .

- **Hohe Dämpfung:** Hydrostatisch Spindellager weisen vielfach höhere Dämpfungswerte als die von Wälzlagerspindeln auf. Resonanzfrequenzen werden nicht gemessen. Durch die hohe Dämpfung wird die Oberflächen- und Formqualität deutlich verbessert sowie die Werkzeugstandzeit verlängert. Auch die Zerspanungsleistungen werden gesteigert, da Rattern vermieden wird.

- **Besseres Temperaturverhalten:** Die Reibung der hydrostatischen Lager erfolgt im Hydrostatikfluid. Die dadurch erzeugte Wärme wird weitgehend mit dem Fluid aus den Spindellagerungen ausgetragen. Hydrostatische Spindeln haben somit einen deutlich geringeren Wärmegang als Wälzlagerspindeln.

- **Amortisation:** Durch höhere Maschinenverfügbarkeit, reduzierte Wartungskosten, geringere Werkzeugkosten, kürzere Bearbeitungszeiten, aber auch durch höhere Werkstückpräzision amortisieren sich die etwas höheren Anschaffungskosten hydrostatischer



Bild: Hydrostatik Schönfeld

*Der hydrostatische Reitstock ist mit einer hydrostatisch spiel- und verschleißfrei gelagerten Pinole ausgestattet, die in den Radiallagern längs verschoben wird und mit dem Werkstück rotiert.*

Spindellagerungen in der Regel kurzfristig. Sofern jedoch eine Bearbeitungsaufgabe wegen der Genauigkeitsforderung oder der Widerstandsfähigkeit des Werkstückwerkstoffes mit wälzgelagerten Spindellagerungen nicht oder nur bedingt lösbar ist, stellt sich die Frage nach der Amortisation nicht. ►



Die hydrostatische Innenschleifspindel HSK 32 C (manuell) ist dreifach gelagert, erreicht 40.000 min<sup>-1</sup>, hat eine Motorleistung von 16 kW, ein Motormoment 6,4 Nm und eine Eckdrehzahl von etwa 24.000 min<sup>-1</sup>.

Bild: Hyprostatik Schönfeld

Hydrostatische Spindellagerungen weisen, abhängig von der Art der Regelung des Ölstromes in die Lagertaschen, große Qualitätsunterschiede auf. Konventionelle hydrostatische Spindellager nutzen Kapillaren, also feste Widerstände oder Spaltdrosseln, als Vorwiderstand zwischen Pumpe und Tasche. Diese Spindeln sind gekennzeichnet durch relativ geringe Steife, hohe Reibleistung und großen Ölstrom – eine hohe Verlust- beziehungsweise Kühlleistung. Daneben wird bei diesen Lagerungen die Belastbarkeit mit steigender Drehzahl eingeschränkt.

### VORTEILE VON SPINDELLAGERUNGEN MIT PM-REGLERN

Die Ölströme in die Hydrostatiktaschen der Spindellagerungen von Hyprostatik Schönfeld werden mithilfe eines Progressiv-Mengen-(PM-)Reglers eingestellt. Diese erhöhen den Durchfluss in die stärker belasteten Taschen und vermindern den Durchfluss in die entlasteten Taschen. Dadurch erreichen hydrostatische Lager von Hyprostatik Schönfeld dreis- bis fünffach höhere Steifen als alternative Hydrosta-

tiklager. Zudem ermöglicht der PM-Regler eine deutliche Reduktion des Ölstromes, des Pumpendruckes und damit der Ölerwärmung sowie der Kühlleistung. Auch ist die Belastbarkeit bei hohen Drehzahlen nicht, wie bei anderen hydrostatischen Lagern, eingeschränkt.

Hyprostatik Schönfeld verfügt daneben über eigene Berechnungsprogramme, um Spindellagerungen nicht nur gegenüber statischen, sondern auch gegenüber dynamischen Belastungen optimal auszuliegen. Die relevanten Daten der Dämpfungsberechnungen werden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Erregerfrequenzen aufgelistet, sodass durch Modifikation der Lagergestaltung und Ölversorgung bestmögliche Dämpfung erreicht wird. Zudem kann bei relevanten Erregerfrequenzen eine höchstmögliche Dämpfung erreicht werden. Von besonderem Interesse bei der Bewertung der Dämpfung ist die für jede Erregerfrequenz aufgelistete Größe der Dämpfungsabsorptionsleistung. Dies ist die Leistung, welche die Hydrostatik aus der Schwingenergie in der Maschine abbaut.

Weiter ermöglicht die hohe Steife und Dämpfung von Spindellagerungen von Hyprostatik Schönfeld auch Wuchtgüten im Bereich G0,04, garantiert werden kann G0,1 (die kleinste Wuchtgüte nach DIN ISO 1940 ist G0,4).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Hyprostatik-Spindellagerungen gegenüber wälzgelagerten Spindeln auch bei höchsten Drehzahlen und Belastungen verschleißfrei arbeiten, geringere Rundlauffehler und eine bessere Dämpfung aufweisen und nahezu keine thermisch bedingten Verlagerungen zeigen. Gegenüber anderen hydrostatischen Spindellagerungen sorgt der PM-Regler für die bereits genannten Vorteile.

### SPINDELLAGERUNG ALS KOMPLETTE EINHEIT MIT HYDROAGGREGAT

Hydrostatische Spindellagerungen werden als komplette Einheit mit Hydroaggregat geliefert. Der Antrieb kann über Riemen oder Kupplung erfolgen, für beste Bearbeitungsergebnisse werden Motorspindeln empfohlen. Die Abdichtung erfolgt schon bei mittleren Drehzahlen durch berührungs- und verschleißfreie Labyrinthdichtungen, welche durch Sperrluft derart unterstützt werden, dass das Hydrostatikfluid nach innen in die Lagerung und Verschmutzungen nach außen geblasen werden. Die Spindellagerungen sind somit komplett verschleißfrei.

Die Rotationsachse kann horizontal, vertikal oder schwenkbar angeordnet sein. Ein rundes Spindelgehäuse wird an einen Spindelhalter angeflanscht. Wenn es quadratisch ist, wird es auf einer ebenen Fläche befestigt.

Für Werkzeug- und Werkstückspindeln stehen Standardgeometrien mit den üblich verwendeten Aufnahmen für Spannmittel beziehungsweise Werkzeugaufnahmen zur Verfügung. Kundenspezifische Anpassungen sind möglich. Für den automatischen Werkzeugwechsel können HSK-Schnittstellen geliefert werden. Bei Stromausfall wird die Spindel über den Antriebsmotor in wenigen Sekunden abgebremst. Während dieser Zeit werden die hydrostatischen Lager aus Hydrospeichern mit Öl versorgt.

#### MM INFO

#### ANWENDUNGSBEISPIELE

- Hydrostatische Schleifspindel in einer Gewindefschleifmaschine
  - Maximaldrehzahl 5000 min<sup>-1</sup>
  - Motorleistung: 20 kW
  - Motormoment: 38 Nm
  - Rundlauf typisch: 0,15 µm
  - Vierkantgehäuse: 180 µm
  - Schleifscheibe: CBN
  - Oberfläche, abhängig von den Schleifparametern: 0,05 Ra
- Reitstock mit in Hydrostatiklagern längs verschiebbar und rotierend geführter Pinole
  - Pinolendurchmesser (alternativ 50 oder 70 mm möglich): 35 mm
  - Hub: 40 mm
  - Rundlauf: < 0,2 µm
  - Drehzahl maximal (bis etwa 7000 min<sup>-1</sup> möglich): 2000 min<sup>-1</sup>
  - Spannkraft, programmierbar mit Lagekontrolle: 0 bis 300 N
  - Pumpendruck: 45 bar
  - maximaler Ölstrom: 2 l/min