SCHAEFFLER

Vacrodur

Der Werkstoff für maximale Leistung und höchste Betriebssicherheit (X-life)

X-life Spindellager aus Vacrodur

000B7D3B

X-life High-Speed Spindellager aus Vacrodur

Höchste Lagergebrauchsdauer unter schwierigsten Einsatzbedingungen

Im Bereich der Werkzeugmaschinen müssen innovative Spindelantriebe einen wesentlichen Beitrag zur erforderlichen kontinuierlichen Produktivitätssteigerung leisten. Gleichzeitig müssen sie den immer höher werdenden Leistungsanforderungen zu geringsten Betriebs- und Wartungskosten gerecht werden.

Anforderungen an Spindellager

Ein hoher Anteil aller ausfallverursachenden Spindelschäden ist auf die Spindellagerung zurück zu führen und wird vor allem durch Verschleiß oder Kollision verursacht. Weitere Schadensursachen sind Mangelschmierung und Kontamination.

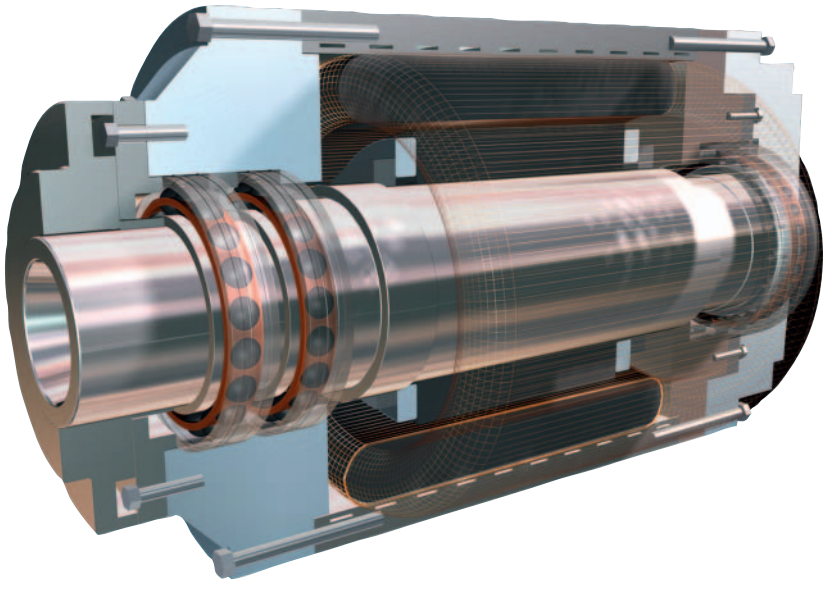
Um die Produktivität zu steigern und Maschinenstillstand zu reduzieren, ergeben sich für Spindellager im Betrieb immer höhere Anforderungen hinsichtlich:

- dem Drehzahlniveau,
- der thermischen Robustheit,
- der Belastbarkeit,
- der Schmierverhältnisse.

Lösungsansatz Vacrodur

Schaeffler hat Spindellager aus dem innovativen Werkstoff Vacrodur entwickelt. Vacrodur ist erwiesenermaßen in der Lage die Lagergebrauchsdauer von Spindellagern unter schwierigsten Bedingungen signifikant zu verlängern und Betriebs- und Wartungskosten deutlich zu reduzieren.

Dadurch lassen sich außerordentlich robuste Spindelantriebe realisieren, die im Vergleich zu den bisher bekannten Lösungen einen deutlich gesteigerten Beitrag zur Kostenreduzierung leisten können, *Bild 1*.



000ACBE3

Bild 1: Motorspindel

Eigenschaften und Vorteile von Vacrodur

Die Werkstofflösung Vacrodur besitzt aufgrund des Legierungskonzeptes, sowie der damit verbundenen spezifischen Herstellungsprozesse herausragende Eigenschaften, die für die Anwendung im Bereich Spindellager vorteilhaft sind.

- Der pulvermetallurgische Werkstoffherstellungsprozess führt zu einer außerordentlichen Homogenität der Werkstoffeigenschaften, die sich in einer hohen Qualität der Bauteile widerspiegeln, *Bild 2* und *Bild 3*.

- Die mehrstufige Wärmebehandlung des Werkstoffs erzeugt außergewöhnlich hohe Härtewerte bis zu 66 HRC, welche im Fall von Schmierstoffkontamination zu einer Reduktion der Initialschädigung durch Fremdpartikelüberrollung führen.

- Die hohe Härte wird durch ein homogenes Werkstoffgefüge erzielt, das neben der zähen Werkstoffmatrix sehr hohe Gehalte an feinen, gleichmäßig verteilten Karbiden aufweist. Diese Karbide sind auch ursächlich für die herausragende Verschleißbeständigkeit von Vacrodur.

- Ein weiterer positiver Aspekt der Wärmebehandlungsprozesse ist die daraus resultierende thermische Stabilität von Vacrodur.
  Anders als bei konventionellen Wälzlagerstählen ist eine erhöhte Temperaturstabilität bei Vacrodur nicht mit verringerten Härtewerten verbunden. Die Eigenschaften sind bis zu außerordentlich hohen Anwendungstemperaturen von +400 °C stabil.

Die damit verbundene Robustheit eines Vacrodur – Lagers zeigt sich speziell im Fall unzureichender Schmierstoffversorgung oder sogar Schmierungsausfall.
Solche ungewollten Betriebszustände sind üblicherweise mit stark ansteigenden Temperaturen im Wälzkontakt verbunden, mit dem Potential thermischer Gefügebeeinflussung und maßlicher Änderungen. Anders bei Vacrodur, hier sorgt die thermische Stabilität für eine zusätzliche Sicherheitsreserve, um Spindelausfällen vorzubeugen.

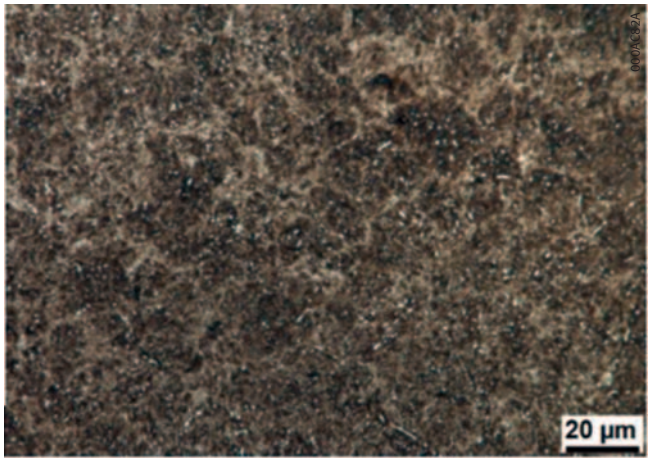


Bild 2: 100Cr6

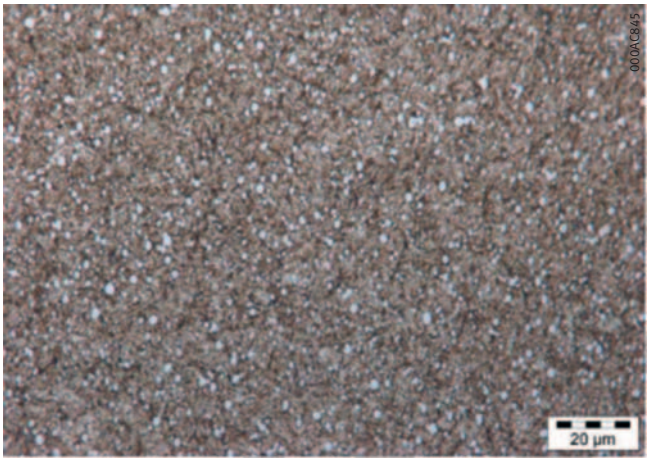


Bild 3: Vacrodur

Vacrodur im Vergleich – nachweislich deutlich höhere Gebrauchsdauer bei Mischreibung

Um das Ziel einer gesteigerten Gebrauchsdauer zu realisieren, bildet die herausragende Wälzfestigkeit von Vacrodur die Basis. Mittels eines vom Germanischen Lloyd zertifizierten Vorgehens ist Schaeffler in der Lage die erhöhte Tragfähigkeit von Vacrodur gegenüber Standardwälzlagerstahl nachzuweisen. Hier zeigt sich, dass eine mehr als 25-fach höhere Lebensdauer für Vacrodur im Lebensdauerversuch unter Mischreibungsbedingungen erzielt wird, *Bild 4*.

Vacrodur im Vergleich – nachweislich deutlich höhere dynamische Tragfähigkeit

Im Lebensdauerversuch wurden unter elastohydrodynamischen (EHD) Schmierungsbedingungen eine mehr als 13-fach höhere Lebensdauer für Vacrodur nachgewiesen.
Die dynamische Tragfähigkeit ist damit um den Faktor 2,4 höher als bei 100Cr6.

Vacrodur im Vergleich – deutlich höhere Widerstandsfähigkeit gegen Brinellierung

Eine der häufigsten Ausfallursachen sind Ausfälle durch Kollision.
Durch seine hohe Härte verhält sich Vacrodur bei Kollision deutlich robuster im Vergleich zu 100Cr6. Im Versuch wurde eine 15% höhere Grenzflächenpressung nachgewiesen, *Bild 5*.
Dies bewirkt eine 40% höhere statische Tragfähigkeit (C_0) von Vacrodur Spindellagern.

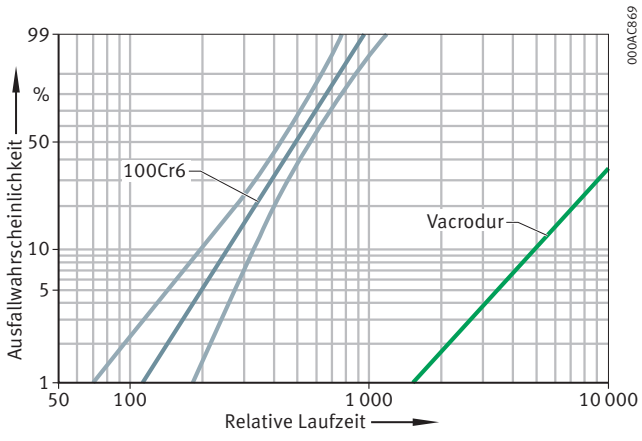


Bild 4: Lebensdauer unter Mischreibung

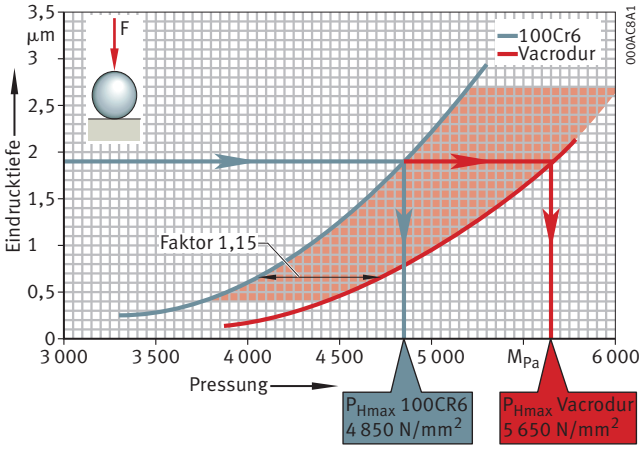


Bild 5: Eindrucktiefe in Abhängigkeit zur Pressung

Vacrodur im Vergleich – nachweislich deutlich höhere Gebrauchsdauer bei Kontamination

Schmierstoffverschmutzung beziehungsweise Schmutzeintrag stellt einer der Hauptfaktoren zur Limitierung der Gebrauchsdauer dar. Auch unter diesen Rahmenbedingungen ist Vacrodur in der Lage, eine signifikante Steigerung der Gebrauchsdauer zu erzielen. In einem Versuch unter kontrollierten Verschmutzungsbedingungen, das heißt definierter Kontamination des Schmierstoffs mit mineralischen Partikeln konnte im Vergleich zum bisherigen Benchmark Cronidur eine fast 24-fache Steigerung der Gebrauchsdauer nachgewiesen werden, *Bild 6*.

Vacrodur im Vergleich – nachweislich deutlich höhere Resistenz gegenüber adhäsiv – abrasiven Verschleißmechanismen bei Grenzreibung

In Spindellageranwendungen können sehr ungünstige Schmierungsbedingungen in Kombination mit Schlupfzuständen und Festkörperkontamination auftreten, die sich negativ auf die Gebrauchsdauer auswirken. Hierbei reduzieren adhäsive und abrasive Verschleißmechanismen die Gebrauchsdauer teils erheblich.

Die herausragenden Eigenschaften des Vacrodur – insbesondere seine Kombination aus höchster Härte bei gleichzeitig guter Zähigkeit, in Verbindung mit seiner auf die Legierung zurückzuführenden geringen Adhäsionsneigung und der nahezu perfekten Homogenität des Gefüges – spielen eine entscheidende Rolle, um resistent gegenüber adhäsiven und abrasiven Verschleißmechanismen zu sein.

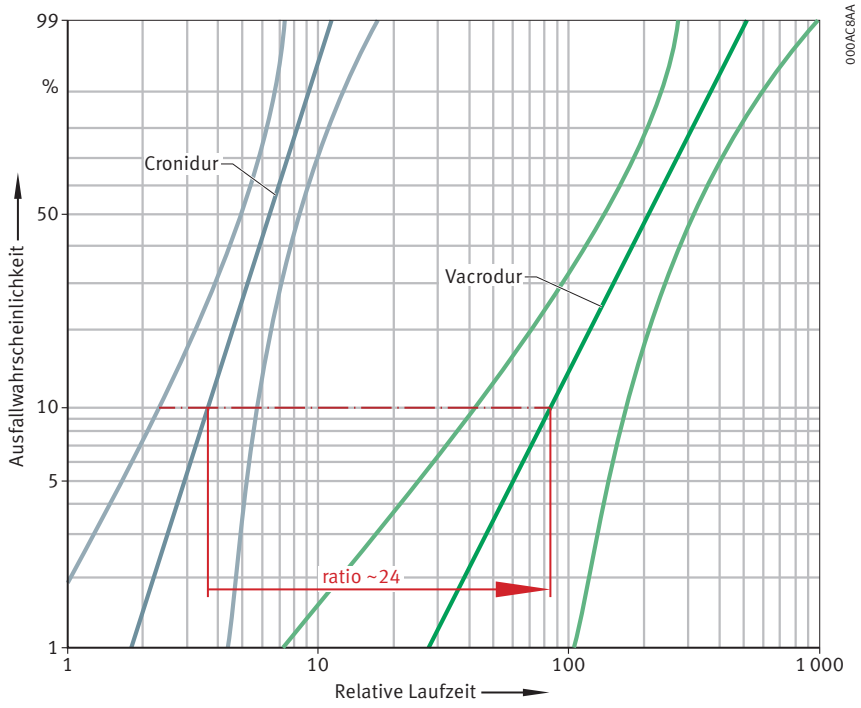


Bild 6: Lebensdauer unter Kontamination

X-life High-Speed Spindellager aus Vacrodur – messbare Fortschritte im Bereich Motorspindel

In einem speziellen Versuchsaufbau auf dem Tribologieprüfstand FE8 bei Schaeffler konnte die herausragende Verschleißresistenz des Vacrodur gegenüber dem Standard-Wälzlagerstahl aus 100Cr6 nachgewiesen werden. Hierbei wurden die Stahlvarianten bei Grenzreibungsbedingungen und gleichzeitig hohen Pressungen unter stark verschleißfördernden Betriebsbedingungen in einem schlupfbehafteten Wälzlager untereinander verglichen. Dieses Prüfszenario ist speziell den schlupf- und verschleißgefährdeten Betriebszuständen nachempfunden, wie sie in Motorspindeln, zum Beispiel bei Lastwechseln, auftreten können. Das erzielte Ergebnis des Vacrodur im Hinblick auf dessen verschleißresistenten Eigenschaften überzeugte im direkten Vergleich vollends, wie folgendes Diagramm eindrucksvoll aufzeigt, *Bild 7*.

Die Ergebnisse unterstreichen, dass die hervorragende Verschleißresistenz des Vacrodur, nicht zuletzt bei Vorhandensein schlupfbehafteter und kontaminationsgefährdeter Grenzbedingungen in Spindellageranwendungen, die erste Wahl darstellen.

Durch ihre überragende Leistungsfähigkeit sind Spindellager aus Vacrodur in der Lage, souverän die gesteigerten Anforderungen hinsichtlich der Gebrauchsdauer, oder dem Wunsch nach bisher unerreichten Zerspanungsvolumen, gerecht zu werden.

Schaeffler bietet Vacrodur in der neuen X-life High-Speed Spindellager Serie unter der Bezeichnung VCM an.

High-Speed Spindellager der Baureihe VCM weisen durch ihre optimierte X-life Innenkonstruktion eine sehr hohe Drehzahleignung und hohe Toleranz gegen schnell wechselnde thermische Betriebszustände auf. Gleichzeitig besitzen sie Trageigenschaften wie sie sonst nur mit großkugeligen Lagern erreichbar sind.

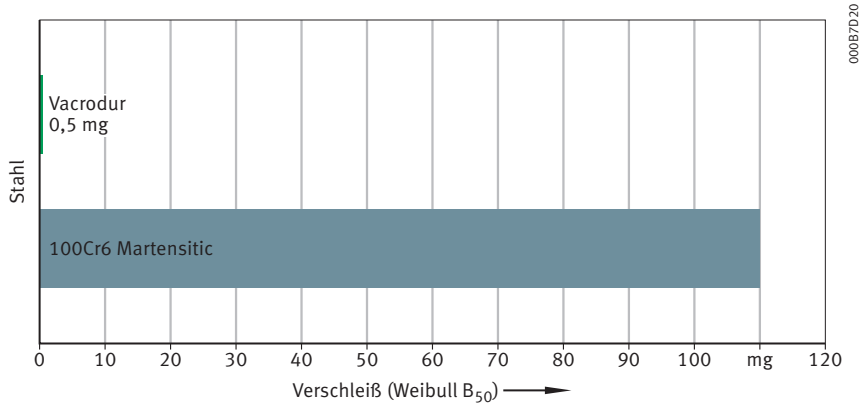


Bild 7: Verschleißbeständigkeit im Vergleich

Im Vergleich zu konventionellen Spindellagern eröffnen X-life High-Speed Spindellager aus Vacrodur in der Motorspindelkonstruktion deutlich größere konstruktive Freiheiten und bieten damit dem Kunden die Chance für spürbare Kostenreduzierungen.

Mit Vacrodur Spindellagern ergeben sich damit deutliche Einsparpotentiale im Vergleich zu allen bekannten Lösungsansätzen, *Bild 8*.

Weitere Informationen zu Spindellager aus Vacrodur können der entsprechenden Publikation zur neuen X-life High-Speed Spindellager Baureihe entnommen werden.

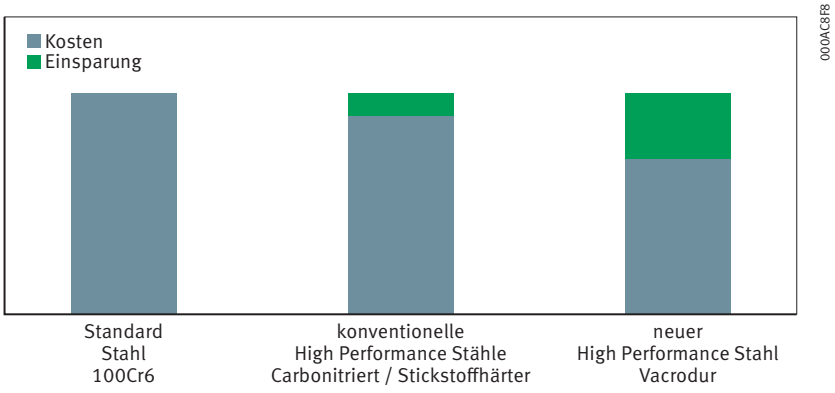


Bild 8: Kosteneinsparpotentiale im Vergleich

Schaeffler Technologies
AG & Co. KG
Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Deutschland
www.schaeffler.de
info.de@schaeffler.com

In Deutschland:
Telefon 0180 5003872
Aus anderen Ländern:
Telefon +49 9721 91-0

Alle Angaben wurden von uns sorgfältig erstellt und geprüft, jedoch können wir keine vollständige Fehlerfreiheit garantieren. Korrekturen bleiben vorbehalten. Bitte prüfen Sie daher stets, ob aktuellere Informationen oder Änderungshinweise verfügbar sind. Diese Publikation ersetzt alle abweichenden Angaben aus älteren Publikationen. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.
© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
SSD 41 / de-DE / DE / 2021-03