



FAG



**added
competence**

Die leistungsstärkste Rundachse der Welt

Doppelte Drehzahl für Rundtische

Die leistungstärkste Rundachse der Welt



Bild 1: Rundachse mit Axial-Schrägkugellager ZKLDF und Torquemotor RKI

Zur kompakten Lagerung von Rundtischen hat die Schaeffler Gruppe Industrie die Innenkonstruktion des zweireihigen Axial-Schrägkugellagers ZKLDF soweit verbessert, dass eine Verdopplung der Grenzdrehzahl erreicht wird. Gleichzeitig sinkt das Reibmoment, die hohe Genauigkeit und Steifigkeit des Lagers bleiben ohne Abstriche erhalten. Insbesondere in Kombination mit den neuen Torquemotoren RKI von IDAM, deren Drehzahlen ebenfalls deutlich gesteigert wurden, eröffnen sich in der Dreh- und Fräsbearbeitung neue Möglichkeiten, die bisher mit Standardkomponenten nicht erreichbar waren.

Höhere Drehzahl, geringere Reibung

Die Weiterentwicklung von Bearbeitungszentren erfordert steigende Leistungsmerkmale der Lagerungen. Häufig werden Werkzeugmaschinen-rundtische mit einer zusätzlichen Haupt-

spindelfunktion für die Drehbearbeitung ausgestattet. Drehzahl, Reibmoment, Steifigkeit und Genauigkeit der Rundtischlager müssen den Anforderungen an diese hochdynamischen Bearbeitungszyklen genügen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Grenzdrehzahl zu. Sie bestimmt den kleinsten Drehdurchmesser bis zu dem die Schnittgeschwindigkeiten angewendet werden können, die für den Zerspanungsprozess ideal sind, Bild 2.

Für die Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschine bedeutet dies:

Maximale Produktivität und beste Oberflächengüte, auch bei kleineren Bearbeitungsdurchmessern.

In der Lagerung müssen folglich Reibungseinflüsse minimiert und weitere Leistungsmerkmale wie Tragfähigkeit oder Steifigkeit beibehalten oder sogar gesteigert werden.

Mit der neuen Generation B der Lagerbaureihe ZKLDF mit verbesserter Innenkonstruktion ist es der Schaeffler Gruppe Industrie gelungen, die bisherigen Grenzdrehzahlen n_G nahezu aller Baugrößen zu verdoppeln. So gilt zum Beispiel bei der Baureihe ZKLDF325 statt einer Grenzdrehzahl der Vorgängerversion A von 1000 min^{-1} nun eine Grenzdrehzahl von 2000 min^{-1} für die neue Ausführung B, Bild 3.

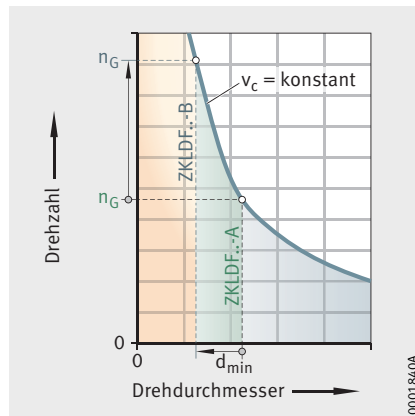


Bild 2: Größerer Drehdurchmesserbereich durch erhöhte Grenzdrehzahl bei ZKLDF...-B

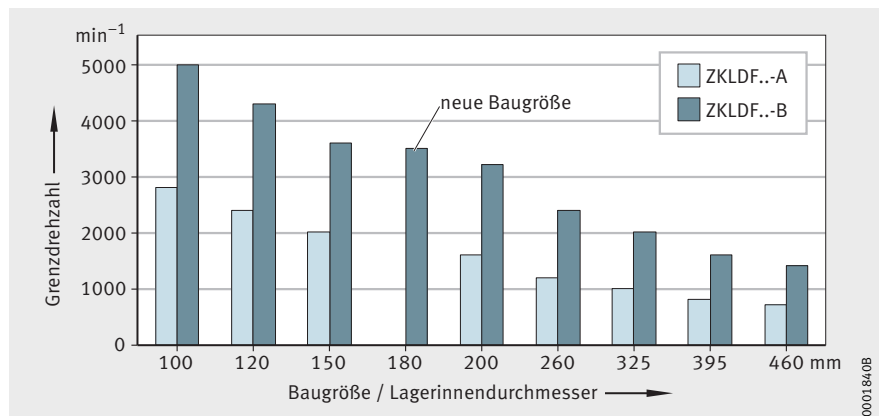


Bild 3: Grenzdrehzahlsteigerung mit ZKLDF...-B

Deutliche Reduzierung des Reibmoments und induzierter Wärme

Um die Drehzahlsteigerung zu erreichen, wurde zum Beispiel das Lagerreibmoment bei unverändert hoher Steifigkeit deutlich reduziert, *Bild 6*.

Bei einem beliebigen Betriebspunkt, zum Beispiel bei 1000 min⁻¹ und ohne äußere Last, reduziert sich bei der Baugröße 325 das Lagerreibmoment von 3,8 Nm auf 1,3 Nm.

Diese Verringerung auf nahezu ein Drittel ermöglicht nicht nur die beschriebene Drehzahlsteigerung, sondern reduziert auch die durch Reibung induzierte Wärmeeinbringung. Eine niedrigere Lagertemperatur führt zu einer geringeren thermischen Geometrieänderung der Maschinenstruktur. Dadurch wird eine höhere Bearbeitungsgenauigkeit erreicht.

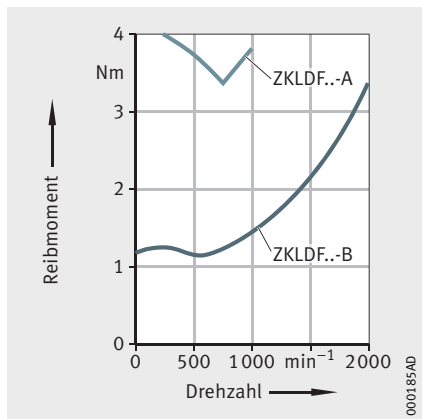


Bild 6: Reduzierung des Reibmoments bei unverändert hoher Steifigkeit

In der Praxis bedeutet dies: Selbst bei der Maximaldrehzahl von konstant 2000 min⁻¹ stellen sich zum Beispiel bei der Baugröße 325 ein gemittelttes Lagerreibmoment von etwa 3 Nm und eine Beharrungstemperatur beider Lagerringe von nur 20 K über der Umgebungstemperatur ein, *Bild 7*.

Erweiterte Nachschmiermöglichkeiten

Im Zuge der Umstellung auf die Generation B fließen weitere Optimierungen in die Lagerkonstruktion ein. Zur Erweiterung der Nachschmiermöglichkeiten verfügt die neue Generation B neben der Schmierrille am Lageraußendurchmesser über einen zusätzlichen Schmierkanal in der Lageranschraubfläche.

So kann die Schmierstoffzuführung unabhängig der radialen Lagersitzgestaltung erfolgen, *Bild 4* und *Bild 5*.

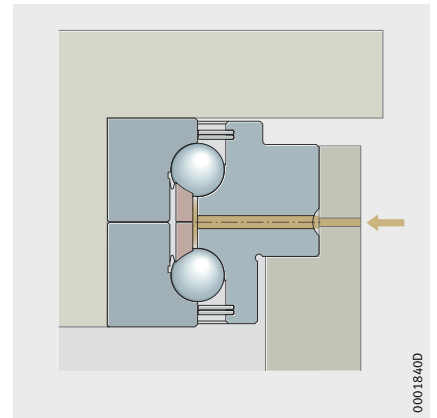


Bild 4: Nachschmierung über die Schmierrille im Außenring

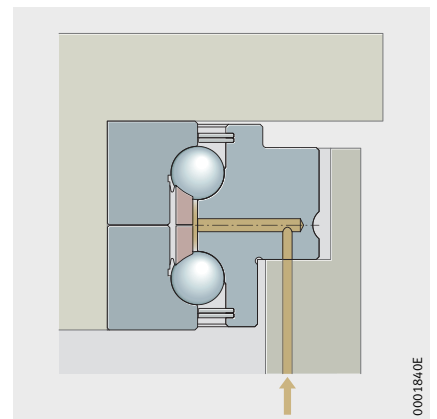


Bild 5: Nachschmierung über die Außenringanschraubfläche

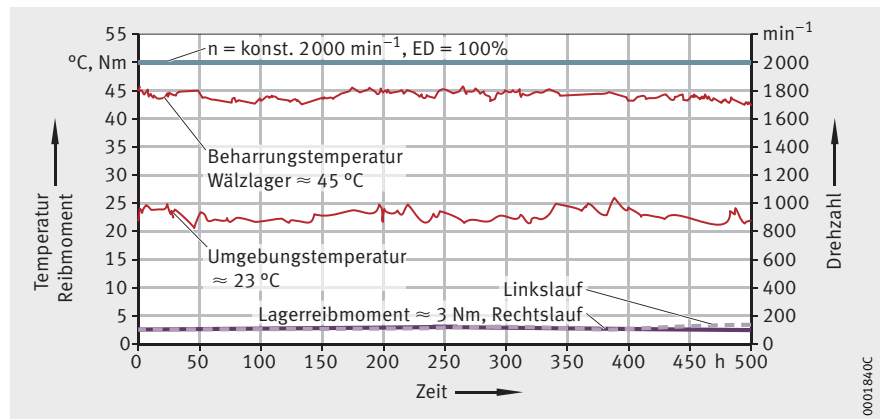


Bild 7: Reduzierte Lagerreibung für minimalen Wärmeeintrag auch bei Dauerbetrieb

Leistungsstarker Direktantrieb im Rundtisch mit Torquemotoren RKI

Die neue rotative High-Performance-Direktantriebsbaureihe RKI von IDAM bietet herausragende und bisher nicht erreichbare Leistungsmerkmale, *Bild 8*.

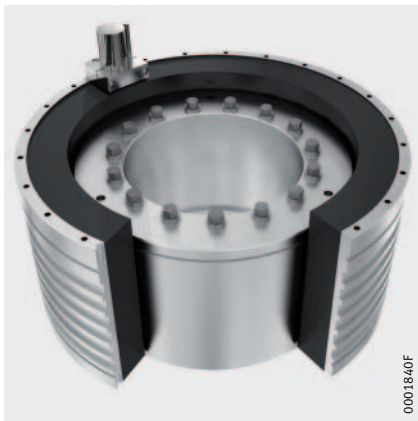


Bild 8: Direktantrieb der Baureihe RKI

Eine Steigerung der Drehzahl um mehr als 400% und ein etwa 30% höheres Drehmoment im Vergleich zur Baureihe RI machen die neuen Direktantriebe RKI für den Einsatz in Werkzeugmaschinen äußerst attraktiv.

Aber auch Downsizing-Optionen überzeugen. So können bei gleicher Leistung Motorengrößen angepasst und Kosten für Umrichter und Motor reduziert werden.

Aufbau der Baureihe RKI

Beim neuen Direktantrieb RKI sind die in der Standardbaureihe RI noch eingesetzten Oberflächenmagneten am Rotor verschwunden. Der Rotor der Baureihe RKI besteht aus einem geblechten Stahlpaket, in dem viele Magnete eingebettet sind. Man spricht hier auch von einem Magnetsystem, welches den magnetischen Fluss bündelt. Dadurch erhöht sich die magnetische Flussdichte B um etwa 30% im Vergleich zu ähnlichen Oberflächenmagneten. Schaut man sich nun die Formel $F = B \cdot I \cdot l$ an, mit der die erzeugte Kraft in einem Motor berechnet werden kann, wird klar, dass die 30% höhere Flussdichte B direkt proportional in die erzeugte Kraft eingeht. Man kann von der gleichen Strombelastbarkeit I und Spulenlänge l ausgehen.

Es zeigt sich also, dass man lediglich durch Austausch des Rotors ein bis zu 30% höheres Drehmoment aus einem Motor (Stator und Rotor) generieren kann. Dieses zusätzlich gewonnene Drehmoment hat wiederum Einfluss auf die Gegenspannung und somit auf die Drehzahlanpassung des Gesamtsystems.

Immer wenn sich ein Magnet an einer Spule vorbei bewegt, induziert das magnetische Feld eine Spannung in der Spule.

Die Höhe dieser Spannung ist von der Geschwindigkeit des Magneten abhängig.

Je höher die Relativgeschwindigkeit zwischen beiden ist, also je schneller sich das Feld ändert, umso größer wird die induzierte Spannung. Das Problem dieses Effekts besteht darin, dass es bei hohen Gegenspannungen nicht mehr möglich ist, einen Strom in den Motor einzuprägen. Es kommt in diesem Fall meist zu starken Schwingungen, bevor die Achse aus der Regelung fällt.

Der Zeitpunkt, ab dem dieser Effekt einsetzt, ist maßgeblich von zwei Werten abhängig: von der Zwischenkreisspannung des Umrichters und von der Induktivität (Gegenspannungskonstante) des Motors. Die maximal zulässige Zwischenkreisspannung marktüblicher Umrichterfabrikate ist meist auf 540 V bis 600 V begrenzt.

Das bedeutet, die einzige Möglichkeit, die Drehzahl eines Motors zu verändern, liegt in der Anpassung der Wicklung. Durch Verarbeitung eines dickeren Drahtes verringert sich die Induktivität des Motors. In etwa dem Maße, in dem die Induktivität sinkt, steigt die benötigte Stromstärke des Motors an. Die halbe Induktivität entspricht dabei annähernd dem doppelten Strom.

Drehmoment, Lastpulsation und Rastkräfte

Jedes System wird auf bestimmte Stromdichten in der Wicklung ausgelegt. Um das Arbeitsprinzip weiterhin sicherzustellen, wird zum Beispiel nicht ein Ampère durch 50 Windungen bei einem Leitungsquerschnitt von 1 mm^2 geschickt, sondern es werden zwei Ampère durch 25 Windungen bei 2 mm^2 geschickt. Somit bleibt die Stromdichte innerhalb des Motors gleich.

Beim direkten Vergleich eines Standard-Antriebs der Baureihe RI mit Wicklung WL und der Baureihe RKI mit gleicher Wicklung WL ist gut erkennbar, dass die erreichbare Drehzahl bei dieser Ausführung der Baureihe RKI zurückgeht, *Bild 9*.

Bei der neuen Baureihe RKI mit Hochstromwicklung Zx kann dagegen ein höheres Drehmoment und eine deutlich erhöhte Drehzahl bereitgestellt werden.

Mit der Anpassung der Wicklung kann die mechanische Leistung vervielfacht werden.

Betrachtet man nur die Effizienz und somit die Wärmeverlustleistung bei einem abgegebenen Drehmoment, sieht man eine weitere signifikante Verbesserung. Der direkte Vergleich ist mit Hilfe der Motorkonstante möglich.

Die Motorkonstante $k_m \text{ (Nm/W}^{1/2})$ sagt aus, wie viel Wärme bei einem bestimmten Moment entsteht.

Die Verlustleistung errechnet sich nach $P_v = (M/k_m)^2$, das heißt bei halber Konstante k_m ist ein vierfacher Verlust gegeben. Ein Vergleich der Baureihen RI und RKI zeigt, dass bis zu 60% der Verlustleistung bei gleichem abgegebenen Drehmoment eingespart werden kann. Es entsteht dadurch weniger Wärme, dementsprechend muss weniger gekühlt werden. Dies wiederum führt zu niedrigeren Betriebskosten (TCO).

Anwendungen

All diese Vorteile prädestinieren die Baureihe RKI für Einsätze in langsam und schnell drehenden Rundachsen und Spindelanwendungen mit hoher Leistung. Durch die Leistungssteigerung ist ein Downsizing oder Upgrade der Anwendung möglich, ohne grundlegend die Konstruktion verändern zu müssen.

Die schnellste Rundachse

Durch die Kombination der Axial-Schrägkugellager ZKLDf der Generation B mit den Torquemotoren RKI können Rundachsen mit Standardkomponenten mit bisher nicht erreichbaren Leistungsmerkmalen realisiert werden. Auf diese Weise leisten diese Produkte einen entscheidenden Beitrag zur Produktivitätssteigerung von Werkzeugmaschinen.

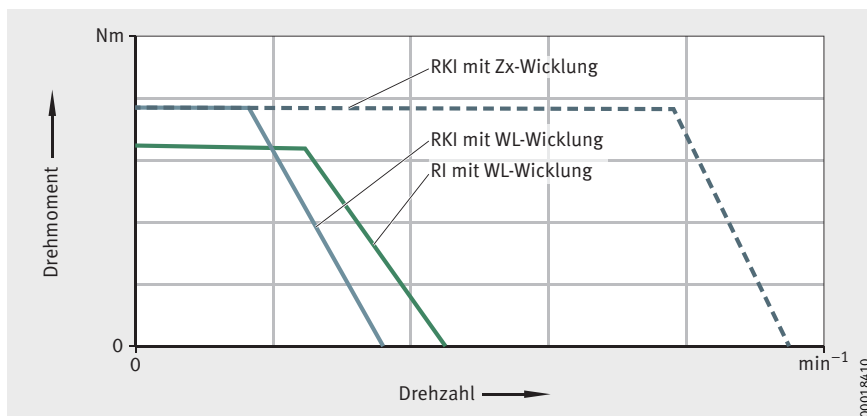


Bild 9: Vergleich von Drehmoment und Drehzahl der Baureihen RI und RKI bei unterschiedlichen Wicklungen



Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Robert Jung
Telefon +49 9132 82-2631
Robert.Jung@schaeffler.com

**Schaeffler Technologies
GmbH & Co. KG**

Industriestraße 1–3
91074 Herzogenaurach
www.schaeffler.com



Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Marko Pfeiffer
Telefon +49 3681 7574-55
Marko.Pfeiffer@ina-dam.de

**INA – Drives & Mechatronics
GmbH & Co. oHG**

Mittelbergstraße 2
98527 Suhl
www.idam.de