

Schutzsystem bewahrt die Motorspindel vor Kollisionsschäden

Ein Motorspindel-Schutzsystem unterbricht den Kraftfluss der Motorspindel infolge einer kollisionsbedingten Überlast und schützt so die stoßempfindlichen Komponenten. Die Schutzeinrichtung umfasst einen Doppelflansch mit Permanentmagnet, der die Haftkraft an der Trennstelle aufbringt.

ARNO WÖRN

In spanenden Werkzeugmaschinen führen heftige Kollisionen zwischen der Verfahrachse und dem Kollisionsgegenstand zu erheblichen Sachschäden. So sind 70% der Maschinenausfälle mit langen Stillstandszeiten und hohen Reparaturkosten durch Kollisionen bedingt. Hauptsächlich betroffene Komponenten stellen der Spindelmutterntrieb und die Motorspindel dar.

Dr. Arno Wörn arbeitet in der Entwicklung bei der Jakob Antriebstechnik GmbH in 63839 Kleinwallstadt, Tel. (0 60 22) 22 08-12, Fax (0 60 22) 22 08-22, woern@jakobantriebstechnik.de

Die Ursachen der Kollision sind vielfältig. Eine häufige Fehlerquelle bildet neben Programmierfehlern, falsch definierten Werkzeugen, fehlerhaften Nullpunktverschiebungen, nicht berücksichtigten Störkonturen auch unbeabsichtigtes Verfahren der Maschinenachsen mit hohen Eilganggeschwindigkeiten. Manuelle Notstopps können oftmals den Crash nicht rechtzeitig verhindern.

Eine hohe Steifigkeit sowie hohe Verfahrgeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s führen zu einer extremen Erhöhung der Kollisionskraft mit Spitzenkräften über 100 kN. Die

werkzeugseitigen Folgen dieser Crashes sind neben Werkzeugbruch oftmals Schäden an den stoßempfindlichen Komponenten der Motorspindel.

40% der Lagerschäden resultieren aus Kollisionen

Untersuchungen zufolge sind 40% der Lagerschäden an Motorspindeln auf Kollisionen zurückzuführen. Daneben kommt es kollisionsbedingt zu weiteren Folgeschäden an Motorspindeln wie der Verformung der Welle oder des Werkzeugspannsystems, Un-

Bild 1: Beispielhafte Ausführung des Motorspindel-Schutzsystems mit Motorspindel.



dichtigkeiten der Drehdurchführungen und Ausfall des Drehgebers.

Die nach schweren Kollisionen erforderlichen Reparaturen schlagen mit Instandsetzungskosten von bis zu 70% des Neu-preises der Motorspindel sowie mehreren Wochen Reparaturzeit zu Buche. Weitere Schadensfolgen wie Instandsetzung der Werkzeugmaschine, Produktionsausfall und Lieferverzug sind dabei noch nicht berücksichtigt. Untersuchungen zeigen, dass kollisionsbedingte Schadenshöhen von mehreren Zehntausend Euro für die Instandsetzung der Werkzeugmaschinen keine Seltenheit sind.

Mechanische Schutzsysteme entfalten ihre Wirkung, noch bevor die Maschinensteuerung über beispielsweise elektronische Prozessüberwachungssysteme reaktionszeitbedingt Maßnahmen wie Abbremsen, Reversieren und Stillstand der Vorschubachsen der Werkzeugmaschine zur Crashverhinderung einleiten kann.

Durch den Einsatz mechanischer Sicherheitselemente mit hoher Reaktionsfähigkeit können Folgeschäden wirksam verhindert werden. Aufgrund der einfachen Integrierbarkeit werden Sicherheitskupplungen, die beim Überschreiten eines Grenzmoments den Kraftfluss zwischen Vorschubantrieb und Gewindespindel trennen, angebracht. Dadurch entsteht der Nachteil, dass das Spindelmuttersystem nach Trennen des Kraftflusses weiterhin den Kollisionskräften ausgesetzt ist. Da Sicherheitskupplungen für hochdynamische Werkzeugmaschinen, insbesondere auch solche mit Linearmotor-Vorschubantrieben, keine befriedigende Lösung darstellen, ist der Einsatz alternativer Sicherheitssysteme zum Schutz der Motorspindel gefordert.

Schutzsystem unterbricht frühzeitig den Kraftfluss

Das neu entwickelte Motorspindel-Schutzsystem von Jakob Antriebstechnik gewährleistet hohe Steifigkeit an der Schnittstelle zwischen Spindelkasten und Motorspindel und unterbricht unmittelbar und frühzeitig den Kraftfluss der Motorspindel infolge einer kollisionsbedingten Überlast. Dadurch werden die stoßempfindlichen Komponenten der Motorspindel vor den ansonsten wirksamen Spitzenkräften bei der Kollision wirksam geschützt.

Das Motorspindel-Schutzsystem ist als Kollisions- und Überlastschutz zum Einbau im Kraftfluss zwischen Werkzeugmaschine und Motorspindel entwickelt worden. Die zugrunde liegende Kinematik ermöglicht beim Überschreiten einer dimensionier-

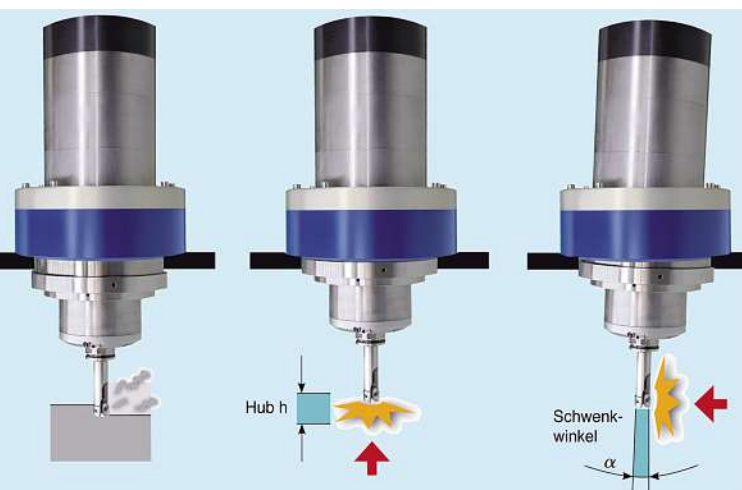


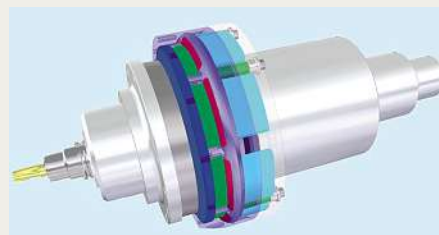
Bild: Jakob

Bild 2: Motorspindel-Schutzsystem in Nulllage, Auslenkung bei axialer und radialer Werkzeugkollision.

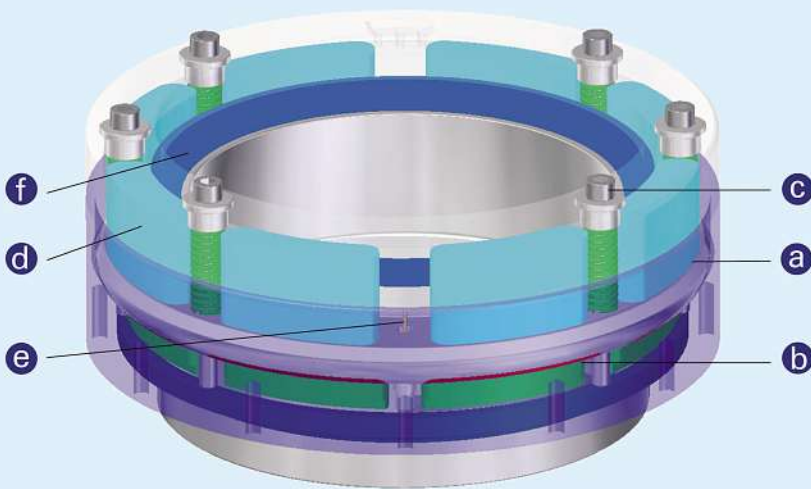
Schutzsystem im Detail

Permanentmagnetsystem hält die Doppelflansche zusammen

Der Aufbau des Motorspindel-Schutzsystems zeigt die einzelnen Komponenten. Das Doppelflanschsystem (a) besteht aus selbstzentrierenden Fügeflächen mit Indexierung, welche die Position und Lage der Flansche zueinander an der Trennstelle definieren. Die Flansche sind jeweils motorspindel- und maschinenseitig installiert. Das Permanentmagnetsystem (b) bewirkt den Zusammenhalt des Doppelflanschsystems. Beim Überschreiten der dimensionierten Haftkraft erfolgt die unmittelbare Trennung der Flansche. Mit zunehmendem Luftspalt nimmt die Magnetkraft rapide ab. Durch den geschlossenen Magnetfluss treten keine Störfelder oder Anziehungskräfte außerhalb des Systems auf. Die Druckfederelemente (c) dienen zur Erhöhung der Steifigkeit, der schwimmenden Führung beim Ausrücken und der Federrückstellung des Motorspindel­flansches nach dem Freifahren. Die Druckfedern sind maschinenseitig verankert. Die Stoßdämpferelemente (d) absorbieren zusätzlich



beim Ausrücken die kinetische Stoßenergie. Schädigungsrelevante stoßinduzierte Kraftspitzen werden als Folge der Kraftflussentkopplung der Motorspindel wirksam gedämpft. Die Zustandsabfrage (e) der Auflage der Flansche zueinander erfolgt über systemintegrierte Näherungsschalter. Bei der Flanschtrennung wird der Kontakt unterbrochen und ein in der Steuerung implementierter Automatismus zur Kollisionserkennung aktiviert. Die Dichtung (f) besteht aus flexibel abdichtenden Abstreifern, die das System vor dem Eindringen von Schmierstoffen, Spänen und Schmutz schützen.



baren Kraftgrenze die 3D-Auslenkung der Motorspindel. Die Auslenkung kann dabei abhängig vom Überlast- und Kollisionsfall entweder durch axiales Ausrücken oder laterales Ausschwenken der Motorspindel bei axialer oder radialer Werkzeugkollision erfolgen.

Die Schutzeinrichtung umfasst ein selbstzentrierendes, formschlüssig ineinandergesetztes Doppelflanschsystem. Die Haftkraft an der Trennstelle wird durch ein speziell für den Einsatzfall entwickeltes Permanentmagnetsystem aufgebracht. Dieses wird gemäß

einer vorgegebenen Grenzhafkraft oder eines Grenzhafmomentes des Maschinen- oder Motorspindelherstellers ausgelegt.

Beim Überschreiten der Haftkraft an der Trennstelle bewirkt das Magnetsystem eine unmittelbare Trennung der werkzeugmaschinen- und motorspindel­seitig installierten Flansche. Mit dem Ablösen des motorspindel­seitigen Flansches und somit zunehmendem Luftspalt nimmt die Magnetkraft rapide ab. Nach der Trennung übernehmen radial angeordnete und maschinenseitig verankerte Druckfederelemente die Abstützung

und die schwimmende Führung des Flansches der Motorspindel­seite. Die Federn wirken dabei entgegengesetzt zur Auslenk­richtung und ermöglichen der Motorspindel, um einen einstellbaren Federweg auszu­lenken.

Parallel zu den Federelementen installier­te Stoßdämpfer­pads absorbieren zusätzlich beim Ausrücken die kinetische Stoßenergie. Schädigungsrelevante stoßinduzierte Kraftspitzen werden als Folge der Kraftflussentkopplung der Motorspindel wirksam ge­dämpft.

Zur Kollisionserkennung durch die Ma­schinensteuerung erfassen im Spindel­flansch integrierte Näherungsschalter permanent die Auflage der Flansche zueinander. Bei der Flanschtrennung wird der Kontakt unterbrochen und durch einen in der Steuerung im­plementierten Automatismus werden die Achsen der Werkzeugmaschine abgebremst und in den Stillstand versetzt.

Beim anschließenden Freifahren der Mo­torspindel vom Kollisionsort durch die Achsen wird das Schutzsystem infolge der Druckkraft der Federn und der selbstzentrierenden Trennstellenausführung wieder präzise in die Ausgangslage und -position gefügt. Das Schutzsystem ist reversibel fügenbar ausgelegt und übersteht auch mehrma­lige Kollisionen im Lebenszyklus der Ma­schine schadensfrei.

Flexibel abdichtende Abstreifer schützen das System

Durch den geschlossenen Fluss des Perma­nentmagnetsystems treten keine Störfelder oder Anziehungskräfte an der Außenseite des Systems auf. Flexibel abdichtende Ab­streifer schützen zusätzlich das System vor dem Eindringen von Schmierstoffen, Spänen und Schmutz.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Systemvorteile:

- ▶ energieautarkes, passives Wirkprinzip,
- ▶ hohe Haftkräfte für betriebssicheres Be­arbeiten,
- ▶ hohe Systemsteifigkeit bis zum Erreichen der maximalen Haftkraft,
- ▶ Absorption der kinetischen Stoßenergie durch Dämpfer,
- ▶ integrierte Abfrage des Auslenkungszu­standes für Notstopp,
- ▶ selbsttätige Rückstellung mit hoher Ge­nauigkeit,
- ▶ anpassbar an alle gängigen Motorspindel­geometrien,
- ▶ schneller als rein elektronische Überwa­chungssysteme,
- ▶ Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit, wartungsfrei.

