

Kupplungen – modern ausgelegt

Hier wird eine Übersicht über verschiedene Kupplungen und deren spezifische Eigenschaften gegeben. Hingewiesen wird auf unliebsame Überraschungen, die auftreten können, wenn wichtige Faktoren ausser Acht gelassen werden. Ebenso geht der Beitrag auf die moderne Auslegung im Internet ein.

THEO SUTTER

Die Hauptanforderung, die Kupplungen für Servoanwendungen erfüllen müssen, ist die spielfreie, torsionssteife Übertragung des Drehmoments bei gleichzeitigem Ausgleich von axialem, lateralem oder winkligem Versatz. Eine hohe Betriebssicherheit des Antriebselements ist für die Erfüllung dieser Aufgaben unabdingbar.

Grundlegende Auswahlkriterien

Die präzise Übertragung des Drehmoments garantiert beim Einsatz einer Balgkupplung (Bild 1) die genaue Positionierung des Antriebsstrangs. Die Kupplung zeichnet sich durch eine hohe Verdrehsteifigkeit und den möglichen Ausgleich von axialen, lateralen und angularen Wellenverlagerungen aus. So nehmen Metallbalgkupplungen montagebedingte Fluchtungsfehler, Winkel- und Axialversätze innerhalb bestimmter Grenzen auf. Balgkupplungen können in hoch dyna-

mischen Antrieben bis $50\,000\text{ min}^{-1}$ in fein gewuchteter Ausführung verwendet werden.

In Anwendungen und Applikationen, bei denen Schwingungen und Stösse auftreten können, hat die Elastomerkupplung (Bild 2) ihr Einsatzgebiet. Dämpfende Eigenschaften werden durch das Verbindungselement zwischen den beiden Naben erreicht. Dieser Elastomerkranz wird in verschiedenen Shorehärten angeboten. Je nach Anforderung, wird bei geringen Schwingungen oder leichten Stössen ein Elastomerkranz mit geringen dämpfenden Eigenschaften und bei stark schwingenden Systemen oder grossen Stössen ein Elastomerkranz mit hohem Dämpfungsgrad eingesetzt. Eine gute Hystereseschleife und ein reduziertes Verschleissverhalten sind weitere Vorteile der Elastomerkupplung. Drehzahlen bis $20\,000\text{ min}^{-1}$ können durch eine Feinwuchtung garantiert werden.

Im nächsten Schritt muss auf Grund der Nenndaten des Antriebs eine passende Kupplungsgrösse festgelegt werden. Da die Kupplungsauslegung primär nach dem Nenn- bzw. Maximaldrehmoment vollzogen wird, müssen folgende Einflussfaktoren beachtet werden: – Da elektrische Maschinen nach einer vorgegebenen Funktion anfahren, stellt das Anlaufmoment eine zusätzliche Belastung für die Kupplung dar.

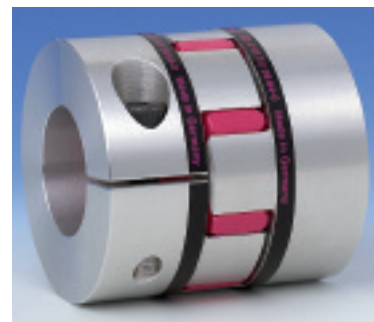


Bild 2. Die Elastomerkupplung wird eingesetzt, wenn Schwingungen und Stösse auftreten.

- Drehmomentstösse können durch zusätzliche Belastung während des regulären Betriebs entstehen.
- Bei Störungen können weitere Drehmomentspitzen hervorgerufen werden.
- Die Belastungen durch Dreh- und Biegeschwingungen sind systembedingt zu berücksichtigen.
- Durch die vermehrte Einbindung von Regelkreisen in die Produktionsanlagen sollte Anregungen durch diese ebenfalls bedacht werden.

Spielfreie Sicherheitskupplungen

Definierte Begrenzung von Drehmoment bei Überlast unter wirtschaftlichen Aspekten hat sich der Hersteller schon bei der Entwicklung von Sicherheitskupplungen zum Ziel gesetzt. Die neue Ge-



Bild 1. Mit einer Balgkupplung ist eine genaue Positionierung des Antriebsstrangs möglich.

(Bilder: Bibus)

neration von Kupplungen wurde für den Einsatz in Servo- und Schrittmotorantrieben konzipiert. Die für den Betrieb wichtigen Anforderungen wie Spielfreiheit, Drehmomentverhalten und Lebensdauer wurden weiter optimiert.

Die übertragbaren Momente konnten mit dem Einsatz modernster Berechnungsgrundlagen und der Zusammenarbeit mit Universitäten sicher bestimmt und ausgelegt werden.

Optimale Einsatzgebiete der Drehmomentbegrenzer von 0,1 bis 2800 Nm sind in fast allen Branchen des allgemeinen Maschinenbaus zu finden. Hoch dynamische Antriebskonzepte können oft nicht nur über die Steuerung abgeschaltet und beherrscht werden, die Schnellabschaltung über Schaltring und Induktivsensor (Bild 3) erlaubt einen grösstmöglichen Anlagenschutz. Gleichzeitig ist die Anlage nach Behebung der Überlast sofort wieder spielfrei verfügbar.

Optimierte Tellerfedern und auf den Kupplungseinsatz abgestimmte Materialien ermöglichen die kompakte und zuverlässige Bauweise, mehr Leistung und weniger Gewicht. Der Nutzen für den Anwender besteht darin, dass durch niedrige Massenträgheitsmomente das Leistungspotenzial der Antriebe höher ausgeschöpft werden kann. Effektive Gewichtseinsparungen, die hohe Lebensdauer sowie der wartungsfreie Einsatz sollten bei der Auswahl von Kupplungen berücksichtigt werden. Der Aussendurchmesser wurde um knapp einen Drittel der Standardmasse verringert. Technisch betrachtet, muss bei einem Crash auf Grund der Gewichtsreduzierung und des geringeren Durchmessers weniger Masse abgetrennt werden.

Der Vorteil einer mechanisch schaltenden Sicherheitskupplung ist die Zwangstrennung im Millisekundenbereich bei Überlast. Positiv zu bewerten, ist die einfache Handhabung und ihre Zuverlässigkeit.

Jedoch bedürfen Maschinenkonstruktionen mit wenig Einbauraum oder schwer zugänglichen Stellen oft besonderer Anbindungen der Naben an die Antriebs- oder Abtriebsseite. Dieses Sortiment vereinfacht die Auswahl über eine Vielzahl an Anbindungsmöglichkeiten. Die für die Applikation passende Nabenausführung wird ausgewählt und für den Einsatzzweck kombiniert.

Sicherheitskupplungen mit dämpfenden Eigenschaften

Eine neue Überlastkupplung mit dämpfender Eigenschaft (Bild 4) wurde aus der bestehenden kompakten Baureihe in Verbindung mit einer Elastomerkupplung entwickelt. Zwischen Sicherheitselement mit Klemmnabe und der weiteren Nabenhälfte dämpft ein Elastomerstern aus thermoplastischen Polyurethan (TPU) die Antriebschwingungen. Dieser ist wegen seiner federelastischen Eigenschaft in der Lage, Achsversatz, Schwingungen und Stösse zu kompensieren. Das gute Dämpfungsverhalten kann sich beim Betrieb in Anlagen mit häufiger Stoss-, Wechsel- oder Schwingungsbelastung positiv auf die Lebensdauer der verbundenen Aggregate auswirken.

Das patentierte Funktionsprinzip erreicht auch bei harter Belastung einen zuverlässigen und sicheren Überlastschutz. Durch den federbelastenden Formschluss der Kupplung mittels Kugeln, die in ei-



Bild 4. Aus der Elastomerkupplung wurde eine Überlastkupplung mit dämpfenden Eigenschaften entwickelt.

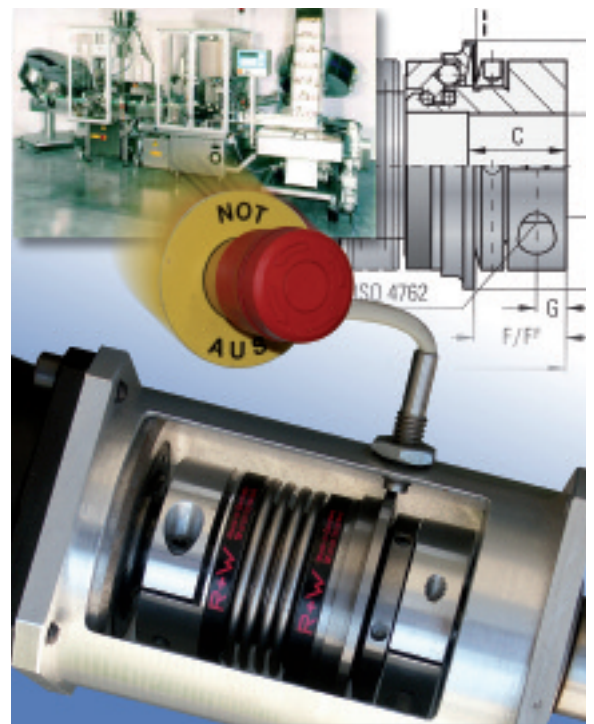


Bild 3. Schnellabschaltungen über Schaltring und Induktivsensor erlauben einen grösstmöglichen Anlagenschutz.

ne Kalotte gedrückt werden, wird, anders als bei Rutschkupplungen, eine hohe Wiederholgenauigkeit des vorgegebenen Ausrastmomentes und die dauerhafte Funktion gewährleistet (Bild 5). Durch die Drehmomentbegrenzung werden keine Kompromisse hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Qualität der einzelnen Bauteile zugelassen, obwohl bei der Auslegung der Sicherheitskupplung immer der kostengünstige und wirtschaftliche Einsatz im Vordergrund steht.

Die Kupplungen werden im Werk auf das vom Kunden gewünschte Ausrastmoment eingestellt. Eine Veränderung des Ausrastwertes ist im eingebauten Zustand leicht möglich. Hervorzuheben ist die einfache radiale Verstellmöglichkeit, welche das Justieren der Kupplung erleichtert. Durch den Festanschlag der Einstellmutter kann die Sicherheitsfunktion der Kupplung nicht ausser Kraft gesetzt werden.

Für jedes Kupplungsmodell sind vier verschiedene Wirkprinzipien einsetzbar:

- synchron = automatisch an der gleichen Position (360°) wieder einrastend
- durchrast = an mehreren Positionen pro Umdrehung wieder einrastend
- freischalt = berührungsfreie Trennung, muss wieder eingearastet werden
- gesperrt = kein Ausrasten möglich, über Induktivschalter überwachbar

Der Einsatz einer Sicherheitskupplung, die Antriebs- und Abtriebsseite im Millisekunden-Bereich trennt und somit nach kürzester Zeit wieder voll einsatzfähig ist, mindert Folgeschäden massgeblich. Dabei ist der Preis der Kupplung im Vergleich zu später auftretenden Folgekosten als relativ gering zu bewerten.

Steckbare Antriebskupplungen

Komplexe Maschinenkonstruktionen und die fortschreitende Automatisierung erhöhen den Planungs- und Konstruktionsaufwand hinsichtlich der Service- und Wartungsfreundlichkeit. Anlagenplaner können dabei auf eine bewährte, steckbare Variante bei präzisen und spielfreien Metallbalgkupplungen zurückgreifen. Das erhöhte Leistungs- und Drehmomentpotenzial ermöglicht dadurch den Einsatz für Servomotoren bis 1500 Nm.

Komplexe, schwer zugängliche Montagesituationen sind mit der steckbaren Kupplung insbesondere

durch das einfache Zusammenstecken der vorab montierten Kupplungshälften leicht realisierbar. Und Montagebohrungen für die Klemmschrauben der Kupplungsnaben im Kupplungsflansch entfallen. Im Demontagefall erübrigt sich das Suchen und Ausjustieren der Schraubenposition. Die Kupplung kann ohne ein Lösen der Schrauben einfach nach hinten abgezogen werden. Als Klemmverbindungen stehen Standard-Klemmnaben mit seitlichen Schrauben nach DIN 912 oder axial montierbare Konusklemmnaben mit einer hohen Betriebsicherheit zur Verfügung.

Bei der Steckverbindung stehen zwei verschiedene Ausführungen zur Wahl. Die Synchronsteckung gewährleistet die Montage nur in einer Position. Ein falsches Zusammenstecken der Kupplung ist ausgeschlossen, und die winkelgenaue Position ermöglicht bei voreingestellten Anlagen die Wiederinbetriebnahme ohne nachträgliches Einstellen oder Ausjustieren. Zeitraubendes Nachprüfen der Übertragungsgenauigkeit und mögliche Fehlerquellen gehören damit der Vergangenheit an. Mehrfache Steckpositionen und die problemlose Blindmontage werden über die Ausführung M (Mehrfachsteckung) realisiert (Bild 6).

Biegekritische Drehzahlen

Erfährt ein Körper eine Durchbiegung, wird nach Beendigung der Kraft ein Ausschlag in die entgegengesetzte Richtung entstehen. Durch diese Rückstellkraft wird der Körper in eine Biegeschwingung versetzt. Je nach der Federkonstante des Systems ist die Amplitude grösser oder kleiner, und die Schwingung klingt schneller oder langsamer ab. Findet eine periodisch auftretende Anregung im Bereich der Eigenfrequenz statt, schwingt sich der Körper auf. Dieses Aufschwingen kann bis zum Bruch der Gelenkwelle führen. Diese Eigenfrequenzen hat jedes Sys-

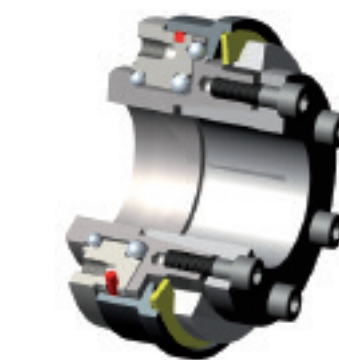


Bild 5. Durch federbelasteten Formschluss wird über Kugeln und Kalotten eine hohe Wiederholgenauigkeit des Ausrastmoments gewährleistet.

tem, das schwingungsfähig ist. Man nennt diesen Betriebszustand unter anderem auch die biegekritische Drehzahl.

Anregende Biegekräfte können durch Unwuchten der umlaufenden Massen oder durch die bedingte Geradheit des Zwischenrohres entstehen. Diese beiden Komponenten addiert, ergibt die Gesamtdurchbiegung der Achse und somit den Abstand zwischen der idealen und der tatsächlichen Rotationsachse.

Generell wird zwischen zwei verschiedenen Systemen von Gelenkwellen unterschieden. Zwischenrohre mit Metallbalg werden bei Achsabständen von bis zu 6 m ohne Zwischenlagerung eingesetzt. Durch die hohe Torsionssteife garantieren sie eine exakte Übertragung des Drehmomentes bis 4000 Nm. Für die Verbindung stehen geschlitzte Klemmnaben oder Konusspannsätze zur Auswahl. Auf Grund der speziellen Eigenschaften des Elastomersternes werden schwingungs- und stossdämpfende Gelenkwellen in Systemen eingesetzt, die eine Dämpfung erfordern. Achsabstände bis zu 4 m und Drehmomente bis 2150 Nm können problemlos realisiert werden. Um jede Anforderung kundenseitig zu erfüllen, können die Gelenkwellen mit zwei verschiedenen Sternhärten gefertigt werden.

Die dämpfenden Eigenschaften



Bild 6. Steckbare Antriebskupplungen, hier die Ausführung M, gestatten eine leichte Montage und eine noch einfachere Demontage.

(Federkonstante) der Gelenkwelle mit Elastomerstern wurden in der Theorie berechnet. Auf Grund der starken Schwankungen der Materialeigenschaften des Polyurethan bei Temperatur und Feuchtigkeit wurden zusätzliche Versuche auf einem Prüfstand durchgeführt, um die berechneten Werte zu belegen.

Für den Versuch wurden drei verschiedene Baugrößen mit unterschiedlichen Längen (bis zu 2500 mm) und den zwei Sterntypen getestet. Vor dem Versuchsstart wurden alle Prüflinge auf eine Rundlaufgenauigkeit von maximal 0,2 mm überprüft und ausgerichtet. Jeder Versuch lief nach einem vorher festgelegten Schrittmuster ab, damit vergleichbare Ergebnisse erzielt werden konnten.

Mittels eines manuellen Impulses auf die Zwischenachse errechnete der Prüfstand automatisch über Fast Fourier Transformation die Eigenfrequenzen des Systems. Dadurch konnten schon vor Versuchsstart kritische Bereiche festgestellt werden, um einen Anhaltspunkt dafür zu bekommen, bei welchem Drehzahlbereich die Resonanz der Welle liegt. Eine vorher festgelegte schrittweise Erhöhung der Drehzahl war für ein objektives Ergebnisbild unabdingbar. Der Drehzahlbereich, in dem die Sterne die Resonanz hatten, wurde genauer betrachtet. Nach Erfüllung

der ersten Messpunkte fand eine vergleichbare Versuchsreihe zur Bestimmung der Resonanzfrequenz der Zwischenrohre statt. Dieser Versuch wurde erst gestoppt, als die Gefahr zu gross wurde, dass sich das Zwischenrohr aus dem Festlager auf Grund der Verformung des Sternes lösen könnte. Bei den Versuchen stellte sich heraus, dass die Sterne unabhängig von der Baugröße und der Länge der Achse in demselben Drehzahlbereich ihre Resonanzstelle haben.

Die Resonanz der Zwischenrohre hängt vom Rohrdurchmesser und von der Länge des Zwischenrohres ab. Baugleiche Gelenkwellen haben, je nach Stern (Shore 98 A oder Shore 64 D), unterschiedliche Resonanzfrequenzen. Somit belegt dieser Versuch die mathematisch berechneten Federkonstanten der Elastomersterne.

Auswahl durch Berechnungssoftware

Der Anwender kann dank eines neuen Berechnungsprogramms mit einer einfachen und logischen Benutzerführung, mit vielen hilfreichen Definitionen von Fachausdrücken und unterstützt durch visuelle Darstellungen, das passende Kupplungsmodell ermitteln. Durch Sicherheitsabfragen werden die Benutzereingaben geprüft und so Eingabefehler vermieden. Nach Ein-

Mail-box

Bibus AG, Hertistrasse 1
8304 Wallisellen
Tel. 044 877 50 11
Fax 044 877 50 19
www.bag.bibus.ch
info@bibus.ch

gabe der erforderlichen Daten steht dem Benutzer die vollständige Produktpalette der Nabenarten zur Wahl. Am Ende bekommt der Anwender eine für seine Anforderungen passende Kupplung, inklusive aller notwendigen Informationen wie Datenblätter und 2D- oder 3D-Zeichnungen vorgeschlagen. Ermöglichen die angegebenen Nenn-daten durch die Änderung der Klemmverbindung eine kleinere Bauform, wird diese als Alternative angeboten.

Das Berechnungsprogramm steht auf einem Webserver weltweit jedem Internetnutzer zur Verfügung. Somit können Kunden und Anwender zeitnah die Software nutzen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die technischen Daten oder auch neue Produkte immer aktuell verfügbar sind. Auf eine anwenderseitige Installation kann verzichtet werden. ■

Theo Sutter, Geschäftsführer Mechatronik
Bibus AG, 8304 Wallisellen