

Die Wahl der richtigen Kupplung für industrielle Bildverarbeitung und optische Prüfung

Für die industrielle Bildverarbeitung und optische Prüfung kommen hochtechnologische Systeme zum Einsatz, die ihren Bauteilen ein großes Maß an Präzision abverlangen. Industrielle Bildverarbeitungssysteme, auch Machine Vision Systems genannt, finden in verschiedensten Anwendungen Einsatz. Das Prinzip dabei ist, das menschliche Auge durch eine Kamera zu ersetzen. Obgleich sich verschiedenen industrielle Bildverarbeitungssysteme voneinander unterscheiden, haben sie zwei gemeinsame Eigenschaften: Es finden Bewegungsabläufe statt und die Systeme müssen mit hoher Präzision arbeiten.

Die Entwickler industrieller Bildverarbeitungssysteme müssen deshalb Komponenten auswählen, die die strengen Anforderungen ihrer Anwendung erfüllen. Eine wesentliche Komponente in diesen Systemen ist die spielfreie Kupplung, die in zahlreichen Bauformen und Varianten angeboten wird. Dem Entwickler obliegt die Aufgabe, eine Kupplung für das jeweilige System auszuwählen, welche die entsprechenden Anforderungen am besten erfüllt. Da es für keinen konkreten Fall die perfekte Kupplung gibt, müssen dabei die Vor- und Nachteile jedes Kupplungstyps sorgfältig abgewogen, Prioritäten gesetzt und die für die jeweilige Anwendung beste Variante ausgewählt werden.

Industrielle Bildverarbeitungssysteme arbeiten in der Regel mit einer von zwei verschiedenen Bewegungsarten. Bei Stop-Start-Systemen wird die Kamera im Eilgang an einen Punkt gefahren, macht dort eine Aufnahme, fährt dann, wieder im Eilgang, an eine neue Stelle, wo sie die nächste Aufnahme macht, usw. Durch die plötzlichen Start-Stop-Bewegungen entstehen in diesen Systemen Schwingungen. Die Verwendung von Bauteilen mit schwingungsdämpfenden Eigenschaften kann helfen, Einschwing- und Durchlaufzeiten zu reduzieren.

Andere Systeme arbeiten mit kontinuierlichen und langsameren Abtastbewegungen. Im Gegensatz zu Start-Stop-Systemen, bei denen eine Positionsgenauigkeit nur an den Endpunkten der Verfahrestrecken erforderlich ist, müssen Abtastsysteme während des gesamten Bewegungsablaufs hochpräzise arbeiten. Dazu sind Kupplungen mit einer hohen Torsionssteife notwendig. Bewegungsbedingte Schwingungen sind in diesen Systemen normalerweise weniger problematisch.

Zusätzlich zur Schwingungsdämpfung und Torsionssteife sind bei der Kupplungswahl für industrielle Bildverarbeitungssysteme noch andere Kriterien zu berücksichtigen. Dazu zählen vor allem Verlagerungskapazität, Trägheitsmoment, Nenndrehzahl und Drehmomentleistung. Drehzahl und Drehmoment sind relativ zu bestimmen, die Berücksichtigung der Verlagerungskapazität und des Trägheitsmomentes kann sich aber etwas komplexer gestalten. Es gibt drei Verlagerungsarten, die bei der Kupplungswahl zu berücksichtigen sind: Parallelverlagerung, Winkelverlagerung (auch Schräglauf genannt), und axiales Spiel. Oft kommen in einer Anwendung mehrere Verlagerungsmodi vor. *[Verlagerungszeichnungen hier einfügen]* Eine Kupplung, die nicht in der Lage ist, alle auftretenden systembedingten Verlagerungen aufzunehmen, wird früher oder später versagen. Manche Kupplungstypen verursachen bei Wellenverlagerungen zusätzlich eine hohe Beanspruchung der Wellenlager, was einen vorzeitigen Ausfall der Lager zur Folge haben kann.

Das Trägheitsmoment ist die Eigenschaft einer Kupplung, in ihrem Bewegungszustand zu verharren, solange keine äußere Kraft auf sie einwirkt. Es bestimmt die Kraft, die aufgewendet werden muss, um die Kupplung zu beschleunigen oder zu verzögern. Das Trägheitsmoment einer Kupplung wird im Wesentlichen durch deren Masse bedingt. Für Stop-Start-Systeme empfiehlt sich generell eine Kupplung mit einem geringen Trägheitsmoment, um den für das Starten und Verzögern des Antriebsstrangs erforderlichen Energieaufwand sowie den Bauteileverschleiß möglichst gering zu halten. Bei Systemen mit konstanter Bewegung ist das Trägheitsmoment weniger kritisch.

Ein weiteres Kriterium bei Bilderfassungssystemen ist eine möglichst geringe Vibration und Einschwingzeit ohne Erhöhung der Masse der Maschine. Die Einschwingzeit ist die

Zeitspanne, während der das System nach einer Verfahrbewegung weiter schwingt. Da Bildaufnahmen, die während der Einschwingzeit entstehen, unscharf und ungenau sein können, kann ein Bild erst nach komplettem Stillstand aufgenommen werden. Daraus folgt, dass sich durch eine Kürzung der Einschwingzeiten höhere Produktionsraten erzielen lassen. In der Vergangenheit wurden Vibrationen in Bilderfassungssystemen durch eine schweren Masse im Maschinenunterbau, zum Beispiel aus Granit oder einem granitähnlichen Verbundwerkstoff, gedämpft, mit der das Bilderfassungssystem verbunden war. Durch dieses zusätzliche Gewicht erhöhen sich jedoch die Anschaffungs- und Transportkosten.

Durch die Wahl von Kupplungen mit Dämpfungseigenschaften für Positioniersysteme und schwingungsdämpfende Stützlager für die Bilderfassungsbaugruppe kann die zusätzliche Maschinenunterbaumasse stark reduziert oder sogar gänzlich vermieden werden. Das Ergebnis sind reduzierte Materialkosten im Maschinenbau und geringere Transportkosten.

In diesem Fachartikel werden sechs verschiedene Kupplungsarten und deren Vor- und Nachteile im Zusammenhang mit der industriellen Bildverarbeitung betrachtet. Alle hier behandelten Kupplungstypen sind spielfrei – eine wesentliche Voraussetzung in einer Anwendung, bei der absolute Genauigkeit erforderlich ist. Spielfreiheit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass zwischen den einzelnen Komponenten der Kupplung kein Drehspiel vorhanden ist. Wenn sich die Antriebswelle zum Beispiel um 90 Grad dreht, so bewegt sich die Abtriebswelle ebenfalls um genau 90 Grad.

Die flexible Kupplung

Flexible Kupplungen, von einigen Herstellern auch Beam-Kupplungen, Wendelkupplungen oder Spiralschnittkupplungen genannt, verfügen über einen oder mehrere umlaufende, wendelförmige Einschnitte. Die resultierende Wendel entspricht quasi einer aus einem einzigen Zylinder geformten Schraubenfeder. Diese Bauform ermöglicht eine spielfreie Kraftübertragung, verleiht der Kupplung aber eine hohe Verlagerungskapazität. Beam-Kupplungen sind geeignet für industrielle Bildverarbeitungssysteme, die bei mittleren Drehzahlen von bis zu 6 000 U/min arbeiten und große Verlagerungswerte aufweisen. Da er nicht torsionssteif ist, ist dieser Kupplungstyp nicht für Abtastsysteme geeignet.



Beam-Kupplung

- Max. Drehzahl: 6 000 U/min
- Hervorragende Verlagerungskapazität
- Niedrige bis mäßige Torsionssteife und Drehmomentkapazität
- Schwingungsdämpfend
- Geringes Trägheitsmoment bei Aluminiumvarianten

Es gibt zwei gebräuchliche Grundvarianten der Beam-Kupplung: Modelle mit einer langen Einfachwendel und Modelle mit mehreren kürzeren, parallelen, ineinander greifenden Wendeln. In der Regel bieten Beam-Kupplungen mit einer geringeren Anzahl längerer, durchgehender Einschnitte eine höhere Elastizität als solche mit mehreren kürzeren Wendeln. Das resultiert in einer geringeren Lagerbeanspruchung bei Winkelbewegungen und axialen Bewegungen. Andererseits können Kupplungen mit Mehrfachwendeln Parallelverlagerungen besser aufnehmen.

Beam-Kupplungen weisen unter Last einen gewissen Aufwickeleffekt auf und sind somit weniger torsionssteif als einige andere Kupplungstypen. Diese Eigenschaft kann allerdings von Vorteil sein, zum Beispiel im Start-Stop-Betrieb, da sie sich schwingungsdämpfend auswirkt und die Einschwingzeiten reduziert. Ist eine geringere Torsionssteife gefordert, bietet sich entweder ein Modell mit Mehrfachwendeln an oder eine Variante aus Edelstahl. Allerdings hat Edelstahl als Werkstoff gegenüber dem üblicheren Aluminium neben den höheren Anschaffungskosten den Nachteil eines deutlich höheren Gewichts, und somit eines größeren Trägheitsmoments. Ist eher eine hohe Torsionssteife gefordert, empfiehlt es sich deshalb, einen anderen Kupplungstyp in Erwägung zu ziehen.

Die starre Kupplung

Der Name sagt alles: Starre Kupplungen, auch Schalenkupplungen genannt, sind starr. Sie sind in verschiedenen Werkstoffen und Bauformen erhältlich. Für industrielle Bildverarbeitungssysteme ist die Klemmnabenausführung vermutlich besser geeignet als die Stellschraubenausführung. Erstere übt eine direkte Klemmkraft auf die Welle aus und bietet somit eine höhere Haltekraft als letztere, die nur durch Stellschrauben an der

Welle befestigt ist. Starre Klemmnabenkupplungen sind wartungsfrei, bieten eine bessere Klemmkraft und verursachen keine Beschädigung der Welle.



Starre Kupplung

- Max. Drehzahl: 8 000 U/min
- Keine Verlagerungskapazität
- Hohe Torsionssteife und Drehmomentkapazität
- Nicht schwingungsdämpfend
- Geringes Trägheitsmoment bei Aluminiumvarianten

Starre Kupplungen haben die größtmögliche ~~Bemessungs~~-Torsionssteife und sind somit ideal geeignet für Abtastanwendungen. Sie können relativ hohen Drehzahlen standhalten. Ausführungen aus Aluminium haben zusätzlich ein niedriges Trägheitsmoment. Starre Kupplungen weisen allerdings keine Verlagerungskapazität auf und wirken nicht schwingungsdämpfend, was in Stop-Start-Systemen problematisch sein kann. Auch ist die Lagerbeanspruchung bei starren Kupplungen höher als bei allen anderen Kupplungstypen. Die An- und Abtriebswellen müssen genau flüchtig und parallel zueinander liegen und kein Verlagerungsspiel aufweisen. Bei hohen Drehzahlen muss außerdem die Wärmedehnung berücksichtigt werden, da starre Kupplungen die resultierenden Spannungen nicht ausgleichen können, was wiederum eine erhöhte Lagerbeanspruchung bewirken kann.

Vorausgesetzt, die Wellen sind korrekt ausgerichtet und es findet keine Wärmeausdehnung statt, sind starre Kupplungen eine gute Wahl für Anwendungen mit kontinuierlichen Bewegungsabläufen. Sie können hohe Drehmomente übertragen, sind torsionssteifer als alle anderen Typen und zudem wartungsfrei.

Die spielfreie Elastomerkupplung

Die spielfreie gewölbte Elastomerkupplung, auch als Klauenkupplung oder Jaw-Kupplung bezeichnet, ist eine Variation der geraden Elastomerkupplung, deren gerade Klauen konstruktionsbedingt Drehspiel aufweisen, was sie ungeeignet für industrielle Bildverarbeitungssysteme macht. Die gewölbte Elastomerkupplung besteht aus drei Teilen: zwei Aluminiumnaben und einem elastischen Elastomereinsatz, auch als Stern oder Zahnkranz bezeichnet. Die drei Teile sind kraftschlüssig ineinander verzahnt, so

dass kein Spiel zwischen ihnen vorhanden ist. Die spezielle Konstruktion der Nabenklauen verhindert eine Verformung des Mittelelements unter normalen Betriebsbedingungen.



Elastomerkupplung

- Max. Drehzahl: 8 000 U/min
- Geringe Verlagerungskapazität
- Niedrige bis mäßige Torsionssteife und Drehmomentkapazität
- Gute Schwingungsdämpfung
- Mäßiges Trägheitsmoment, das jedoch durch die schwingungsdämpfende Eigenschaft aufgehoben wird

Gewölbte Elastomerkupplungen können bei hohen Drehzahlen arbeiten. Der Elastomerstern dämpft Schwingungen, so dass dies der am besten geeignete Kupplungstyp für schwingungsbehaftete Start-Stop-Systeme ist. Der Elastomerstern ist in verschiedenen Härten erhältlich. Ein steiferer, weniger elastischer Stern ergibt eine größere Torsionssteife, reduziert jedoch die schwingungsdämpfende Eigenschaft der Kupplung.

Elastomerkupplungen sind selbst mit einem sehr harten Elastomerstern für Abtastsysteme nicht ausreichend torsionssteif. Auch für Systeme mit größeren Wellenverlagerungen ist dieser Kupplungstyp nicht geeignet, da hier eine übermäßige Lagerbeanspruchung eintreten würde. Zu den positiven Eigenschaften der Elastomerkupplung zählt die Ausfallsicherheit: Bei einem Bruch des Elastomersterns übertragen die ineinander greifenden Klauen der Nabe weiterhin die Drehbewegung der Antriebswelle. Das kann in einigen Systemen von Vorteil sein.

Die gewölbte Elastomerkupplung verfügt über hervorragende schwingungsdämpfende Eigenschaften. Da sich die Elastomersterne beliebig austauschen lassen, lässt sich die Elastomerkupplung auch vielseitig an unterschiedliche Betriebsbedingungen anpassen. Das Trägheitsmoment der Elastomerkupplung ist relativ groß im Vergleich zu anderen Servokupplungen und ist etwa vergleichbar mit einer starren Aluminiumkupplung. Dieser Nachteil wird aber durch die schwingungsdämpfende Eigenschaft der Kupplung aufgehoben. Dank der unwuchtarmen Konstruktion dieses Kupplungstyps kann er

vibrationsfrei bei hohen Drehzahlen eingesetzt werden. Ist jedoch eine hohe Torsionssteife in Systemen mit einer großen Wellenverlagerung erforderlich, empfiehlt sich die Wahl eines anderen Kupplungstyps.

Die Oldham-Kupplung

Ähnlich der Elastomerkupplung besteht die Oldham-Kupplung, die auch als Kreuzschieberkupplung bezeichnet wird, aus drei Bauteilen: zwei Aluminiumnaben und einem Einsatz. Auch hier sind die Einzelteile kraftschlüssig miteinander verbunden.



Oldham-Kupplung

- Max. Drehzahl: 4 500 U/min
- Gute Verlagerungskapazität; ausgezeichneter Parallelverlagerungsausgleich
- Gute Torsionssteife bei Acetal-Übertragungsscheibe
- Wenig schwingungsdämpfend
- Geringes bis mäßiges Trägheitsmoment

Die Oldham-Kupplung hat mehrere deutliche Pluspunkte. Die Übertragungsscheibe kann frei über die Zapfen auf den Naben gleiten, so dass dieser Kupplungstyp große Parallelverlagerungen aufnehmen kann. Im Gegensatz zu anderen Kupplungsarten, die Wellenverlagerungen mit einem federnden Widerstand entgegenen, ergibt sich bei der Oldham-Kupplung eine niedrige und stabile Lagerbeanspruchung. Ein weiterer Vorteil entsteht durch die auswechselbare Übertragungsscheibe. Im Allgemeinen werden diese Zwischenelemente aus zwei Werkstoffarten gefertigt: Acetal, welches eine gute Torsionssteife aufweist, oder Nylon, das, wie bei der Elastomerkupplung, schwingungsdämpfend wirkt. Darüber hinaus übernimmt die Oldham-Kupplung als einziger Kupplungstyp die Funktion einer mechanischen Sicherung: da die Zapfen der Naben nicht ineinander greifen, wird die Kraftübertragung bei Versagen der Übertragungsscheibe unterbrochen. Dank ihrer Aluminiumnaben weist die Oldham-Kupplung ein niedriges Trägheitsmoment auf.

Obgleich die Oldham-Kupplung Parallelverlagerungen effektiv aufnehmen kann, hat sie eine geringe Kapazität für Winkelverlagerungen und Axialbewegungen. Bei einer zu hohen Winkelverlagerung verliert sie ihre Gleichlaufeigenschaften, bei einer übermäßigen Axialbewegung zerfällt sie buchstäblich. Während eine

Übertragungsscheibe aus Nylon zur Schwingungsdämpfung eingesetzt werden kann, ist die Kupplung in dieser Konfiguration aufgrund der geringen Härte von Nylon und der Bewegungsfreiheit der Naben nicht spielfrei. Auch ist der Drehzahlbereich aller Oldham-Kupplungen klein – bis zu etwa 4 500 U/min. Durch die Gleitbewegung zwischen Zapfen und Zwischenelement ist das Element anfällig für Abrieb und muss deshalb periodisch ausgewechselt werden.

Dank der Möglichkeit, die Oldham-Kupplung durch Auswechseln der Übertragungsscheibe wechselweise für Torsionssteife oder für Schwingungsdämpfung zu optimieren, stellt sie eine vielseitige Option für industrielle Bildverarbeitungssysteme dar. Da sich niedrige Einschwingzeit und hohe Torsionssteife somit nicht mehr gegenseitig ausschließen, bleiben nur noch die Faktoren Drehzahl und Verlagerungskapazität zur Bewertung. Bei Drehzahlen unter 4 500 U/min mit einer hohen Parallelverlagerung und geringer Winkelverlagerung und Axialbewegung eignet sich die Oldham-Kupplung sowohl für Start-Stop-Systeme als auch für Abtastsysteme.

Die Lamellenkupplung

Lamellenkupplungen, die bei einigen Herstellern auch Scheibenkupplungen oder Disc-Kupplungen genannt werden, bestehen aus zwei Naben, die über eine flexible Metall-Lamelle verbundene sind, oder, im Fall von doppelten Lamellenkupplungen, aus zwei Naben und einem Mittelelement, wobei beiden Naben über zwei Metall-Lamellen verbunden sind. Doppel-Lamellenkupplungen können Parallel- und Winkelverlagerungen aufnehmen, da sich die beiden Lamellen in verschiedene Richtungen biegen können. Einfache Lamellenkupplungen können nur Winkelverlagerungen aufnehmen.



Lamellenkupplung

- Max. Drehzahl: 10 000 U/min
- Gute Verlagerungskapazität der Doppelgelenkausführung
- Ausgezeichnete Torsionssteife und Drehmomentkapazität
- Nicht schwingungsdämpfend
- Niedriges Trägheitsmoment

Beide Varianten der Lamellenkupplung sind sehr torsionssteif. Die Lamellen sind flexibel und lassen große Wellenverlagerungen zu, besonders in der Ausführung mit zwei Lamellen. Die Lagerbeanspruchung ist ebenfalls gering, und das Trägheitsmoment ist aufgrund der leichten Werkstoffe niedrig. Dieser Kupplungstyp eignet sich für sehr hohe Drehzahlen von 10 000 U/min und mehr.

Dank ihrer Torsionssteife ist die Lamellenkupplung am besten geeignet für Anwendungen, deren Schwerpunkt auf Genauigkeit und Festigkeit liegt. Ist eine Schwingungsdämpfung gefragt, fällt die Wahl auf einen anderen Kupplungstyp. Deshalb eignen sich Lamellenkupplungen eher für Abtastsysteme mit kontinuierlichem Bewegungsablauf. Während die starre Kupplung die größte Genauigkeit und Torsionssteife bietet, erlaubt die Lamellenkupplung Wellenverlagerungen ohne dabei an Drehmomentleistung einzubüßen. Der wesentliche Nachteil der Lamellenkupplung ist ihre Empfindlichkeit: sie kann bei unsachgemäßer Montage leicht beschädigt werden. Korrekt installiert bietet sie jedoch eine hervorragende Torsionssteife und Verlagerungskapazität.

Die Balgkupplung

Die Balgkupplung, die bei einigen Herstellern auch als Metallbalgkupplung oder Bellow-Kupplung bezeichnet wird, besteht aus zwei Aluminiumnaben, die über einen angeklebten oder angeschweißten Metallbalg miteinander verbunden sind. Der Balg ist üblicherweise aus Nickel- oder Edelstahlblech gefertigt. Seine dünnen Wände verleihen der Kupplung ein dynamisches Ansprechverhalten und eine hohe Genauigkeit. Durch die Flexibilität des Balgs können bei gleichbleibender, geringer Lagerbeanspruchung alle Verlagerungen aufgenommen werden. Balgkupplungen mit Aluminiumnaben haben ein sehr niedriges Trägheitsmoment, wodurch das Ansprechverhalten noch weiter erhöht und die notwendige Antriebskraft reduziert wird.



Balgkupplung

- Max. Drehzahl: 10 000 U/min
- Gute Verlagerungskapazität
- Ausgezeichnete Torsionssteife und Drehmomentkapazität
- Nicht schwingungsdämpfend
- Sehr niedriges Trägheitsmoment

Zusätzlich zu diesen Vorteilen verfügt die Balgkupplung über eine ausgezeichnete Torsionssteife, die noch größer ist als die der Lamellenkupplung. Auch die maximale Drehzahl von ca. 10 000 U/min entspricht etwa die der Lamellenkupplung. Balgkupplungen bieten keine Schwingungsdämpfung, eignen sich jedoch hervorragend für industrielle Bildverarbeitungssysteme, in denen Positioniergenauigkeit eine wichtige Rolle spielt. Sie haben eine hohe Drehzahlleistung, eine ausgezeichnete Torsionssteife und eine gute Verlagerungskapazität.

Fazit

Die Leistung industrieller Bildverarbeitungssysteme hängt wesentlich von der Leistung und Qualität ihrer Komponenten ab. In diesem Fall ist die Summe der Teile tatsächlich größer als das Ganze. Jeder der hier beschriebenen Kupplungstypen weist konstruktionsbedingte Stärken und Schwächen auf, und es gibt keine Kupplung, die die Anforderungen aller Systeme und Anwendungen abdeckt. Aufgrund der vielen erhältlichen Bauarten gibt es jedoch für jeden konkreten Anwendungsfall einen idealen Kupplungstyp. Auf jeden Fall empfiehlt es sich, bei der Systementwicklung schon in der Anfangsphase die richtige spielfreie Kupplung in Erwägung zu ziehen. Nur durch die Wahl einer Kupplung, deren Funktionsmerkmale die Anforderungen an das System erfüllen, kann die bestmögliche Systemleistung und -langlebigkeit sicher gestellt werden.

Autoren:

Robert Watkins, Vice President of Sales, und Alex Ruland, Praktikant
Ruland Manufacturing Co, Inc.

Über das Unternehmen:

Ruland Manufacturing Co., Inc. bei Boston, USA, stellt seit 1937 hochpräzise Antriebselemente her, darunter das Druckventil des Raumanzuges des ersten Amerikaners im Weltraum. Seit 40 Jahren konzentriert sich Ruland auf die Herstellung von hochwertigen Wellenklemmrings und Kupplungen. Das Produktprogramm umfasst Klemm- und Stellringe, starre Kupplungen, und eine komplette Reihe von Servokupplungen: flexible Kupplungen, Balgkupplungen, Oldham-Kupplungen, Lamellenkupplungen und Elastomerkupplungen.

Kontakt:

Ruland Manufacturing Co., Inc.
6 Hayes Memorial Drive
Marlborough, MA 01752, USA
Tel: +1 508 485 1000
Fax: +1 508 485 9000
E-Mail: marketing@ruland.com
Internet: www.ruland.com

Pressekontakt:

TPR International
Christiane Tupac-Yupanqui
Hermann-Löns-Weg 57
D-69207 Sandhausen
Tel: +49 (0)6224 172751
Fax: +49 (0)6224 172752
E-Mail: c.tupac@tradepressrelations.com
Internet: www.tradepressrelations.com

Für ein Belegheft an TPR International wären wir Ihnen dankbar.