

Kraftvolles Leichtgewicht

Interessante Lösung: Hohlwellen-Servoantriebe

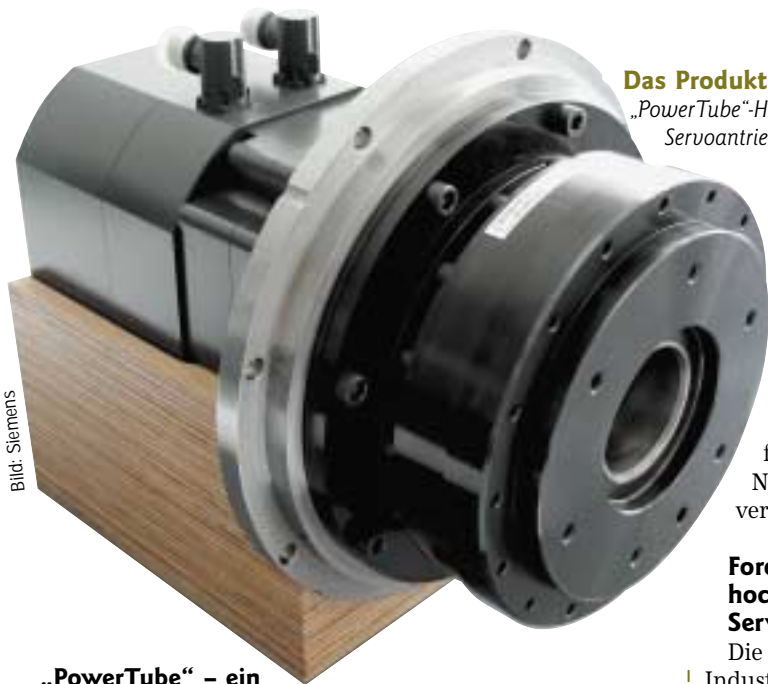


Bild: Siemens

Das Produkt:

„PowerTube“-Hohlwellen-Servoantrieb.

aufzuweisen. Aufgrund seiner hohen Leistungsdichte und seiner rohrförmigen Abmessungen hat man ihm während der Markteinführungsphase den Namen „PowerTube“ verliehen (Bild 1).

Forderungen an hochintegrierte Servoantriebe

Die Leistungsfähigkeit von Industrierobotern und Werkzeugmaschinen steigt ständig. Ohne eine kontinuierlich verbesserte Getriebe- oder Antriebstechnologie wäre dies nicht möglich. Präzisionsantriebe müssen heute ein vielseitiges Anforderungsprofil erfüllen. Sie müssen unter anderem eine hohe Positionier- und Wiederholgenauigkeit, hohe Drehmomentkapazität und Verdrehsteifigkeit, kompakte und damit leichte Bauweise und ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis aufweisen.

Diese Anforderungen haben zu einer rasanten Entwicklung im Bereich hochunteretzender Präzisionsgetriebe und -antriebe geführt. Während der letzten zwei Jahrzehnte hat sich das Harmonic Drive Getriebe als die erste Lösung für präzise Positionieraufgaben in einem breiten Anwendungsbereich etabliert.

Dabei bietet das Funktionsprinzip des Harmonic Drive Getriebes eine Reihe

wesentlicher Vorteile, wie zum Beispiel Spielfreiheit, hohe Torsionssteifigkeit und kompakte, leichte Bauweise an, wie sie für intelligente Automatisierungsanwendungen erforderlich sind. Die neuesten Entwicklungen, wie eine patentierte Zahnprofiloptimierung sowie eine Verringerung in der axialen Länge haben zu einer erheblichen Leistungssteigerung geführt.

Die Marktforderungen für hochintegrierte Servoantriebe bestehend aus Harmonic Drive Getrieben mit AC-Servomotoren haben zu der Entwicklung von neuartigen Servoantrieben geführt. Die neueste Ergänzung zu diesem Produktprogramm ist ein neuartiger, kraftvoller Hohlwellen-Servoantrieb, der sogenannte „PowerTube“-Antrieb.

Der Aufbau

Dieser Antrieb besteht aus einem Harmonic Drive Getriebe, einem permanenten AC-Servomotor der Firma Siemens, einer Haltebremse und einem Resolver für die Drehzahl- und Lageregelung. Der Antrieb verfügt zudem über eine kompakte, steife Abtriebslagerung, um das Lastsystem zu stützen, ohne eine zusätzliche Stützlagerung zu benötigen. Die zentrale Hohlwelle ermöglicht die Durchführung von Versorgungsleitungen, Wellen oder sogar Laserstrahlen durch die Mitte des Antriebes.

Bis jetzt wurden häufig Schneckengetriebe oder „Direct Drive“-Motoren für Hohlwellenanwendungen eingesetzt. Der neue „PowerTube“ Hohlwellen-Servoantrieb bietet einen erheb-

„PowerTube“ – ein kraftvoller Hohlwellen-Servoantrieb für hochdynamische Positionieraufgaben mit Getrieben von Harmonic Drive.

Dr. Rolf Slatter

Der Begriff „Mechatronik“ gewinnt im Maschinenbau zunehmend an praktischer Bedeutung. Die gestiegenen Leitungsforderungen in fast allen Bereichen dieses Marktsegmentes benötigen hochintegrierte Servoantriebe mit einer perfekten Anpassung von Mechanik und Elektronik.

Um eine optimale Lösung für den Kunden zu bieten, ist oft eine enge Zusammenarbeit zwischen Spezialisten in beiden Bereichen erforderlich. Dabei werden die Vorteile der einzelnen Fachdisziplinen in einem Pro-

dukt kombiniert, das seine Funktion flexibel und an die jeweilige Situation angepasst verrichtet.

Über ein Jahr lang haben die Ingenieure des neuen Geschäftsbereiches „Sondergeschäft“ von Siemens Automation & Drives – Elektromotorenwerk, Bad Neustadt a. d. Saale und Harmonic Drive, Limburg a. d. Lahn gemeinsam an einer neuen Antriebslösung entwickelt. Hiermit sind die Erfahrungen von zwei marktführenden Unternehmen, in den Bereichen Servomotoren und spielfreie Getriebe, in eine innovative „mechatronische“ Lösung eingeflossen.

Der daraus resultierende Hohlwellen-Servoantrieb hat interessante Eigenschaften

Dr. Rolf Slatter
Vorstand – Marketing & Vertrieb
Harmonic Drive AG
Limburg an der Lahn

lich höheren Wirkungsgrad und bessere Positioniergenauigkeit als Schneckengetriebe und bringt weniger als die Hälfte des Gewichtes eines „Direct Drive“ Motors der selben Drehmomentkapazität mit sich.

Die Leistungsanforderungen

Betrachtet man kurz die Leistungsanforderungen an Getriebe und Antriebe für hochpräzise Positionieraufgaben, ist es merklich, dass die Erwartungen von den Herstellern von Industrierobotern, Werkzeugmaschinen, Messmaschinen und ähnliches erheblich gestiegen sind. Diese neuen Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Benötigt werden zunehmend spielfreie, torsionssteife Getriebe und Antriebe ohne erhöhte Hystereseverluste durch eine hohe Verspannung des Getriebes.
- Die Forderung nach besseren Oberflächenqualitäten bedingt den Einsatz von Getrieben und Antrieben mit ruhiger, schwingungsfreier Laufcharakteristik, ohne „stick-slip“-Verhalten.
- Die höhere Dynamik und damit verbunden die höheren Beschleunigungswerte der neuesten Industrierobo-

ter und Werkzeugmaschinen machen den Einsatz von Getrieben und Antrieben mit höherer Drehmomentkapazität notwendig.

- Die höheren dynamischen Ansprüche erfordern höhere Eigenfrequenzen vom gesamten Antriebsystem. Dies erfordert wiederum eine hohe Verdrehsteifigkeit und minimale Nicht-Linearitäten, wie Spiel und Reibung.
- Bei neuen Maschinenstrukturen, wie zum Beispiel Parallelrobotern, werden sehr kompakte, leichte Getriebe und Antriebe für Dreh- und Schwenkachsen benötigt, um die hohe Maschinendynamik zu erhalten.
- Bei Neukonstruktionen wird zunehmend auf einen geringen Platzbedarf geachtet. Kompakte Getriebe und Antriebe mit möglichst geringem Gewicht sind oft von entscheidender Bedeutung in der Erfüllung dieser Forderung.
- Eine gleichbleibende Positioniergenauigkeit über die gesamte Lebensdauer der Maschine wird vorausgesetzt. Die mechanischen Elemente sollen nicht nachträglich neu eingestellt werden müssen, um eine eventuelle Spielzunahme zu kompensieren.

Funktion des Harmonic Drive Getriebes

Das Getriebeprinzip ist mechanisch äußerst interessant und nicht mit herkömmlichen Stirnrad- oder Planetengetrieben zu vergleichen (Bild 2). Das Harmonic Drive Getriebe besteht aus lediglich drei konzentrischen Komponenten:

- Dem Circular Spline (CS), einem starren zylindrischen Ring mit Innenverzahnung,
 - dem Flexspline (FS), einer zylindrischen Stahlbüchse mit Außenverzahnung und
 - dem Wave Generator (WG), einer elliptischen Stahlscheibe mit zentrischer Nabe und aufgezo-genem, elliptisch verformbaren Dünningkugellager
- Diese drei Bauteile arbeiten wie folgt:
- Der elliptische Wave Generator (WG) als angetriebenes Teil (verbunden mit der Motorwelle) verformt über das Kugellager den Flexspline (FS), der sich in den gegenüberliegenden Bereichen der großen Ellipsenachse mit dem innenverzahnten, fixierten Circular Spline (CS) im Eingriff befindet.
 - Mit Drehen des WG verlagert sich die große Ellipsenachse und damit der

Zahneingriffsbereich. Da der FS zwei Zähne weniger als der CS besitzt,...

- ...vollzieht sich nach einer halben Umdrehung des WG eine Relativbewegung zwischen FS und CS um die Größe eines Zahnes und...
- ...nach einer vollen Umdrehung um die Größe zweier Zähne. Bei fixiertem CS dreht sich der FS als Abtriebs-element entgegengesetzt zum Antrieb.

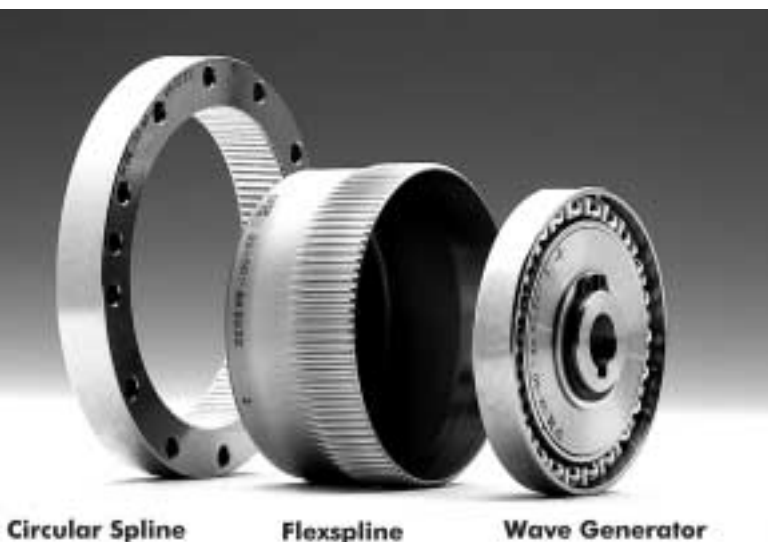
Die Vorteile des Harmonic Drive Getriebes

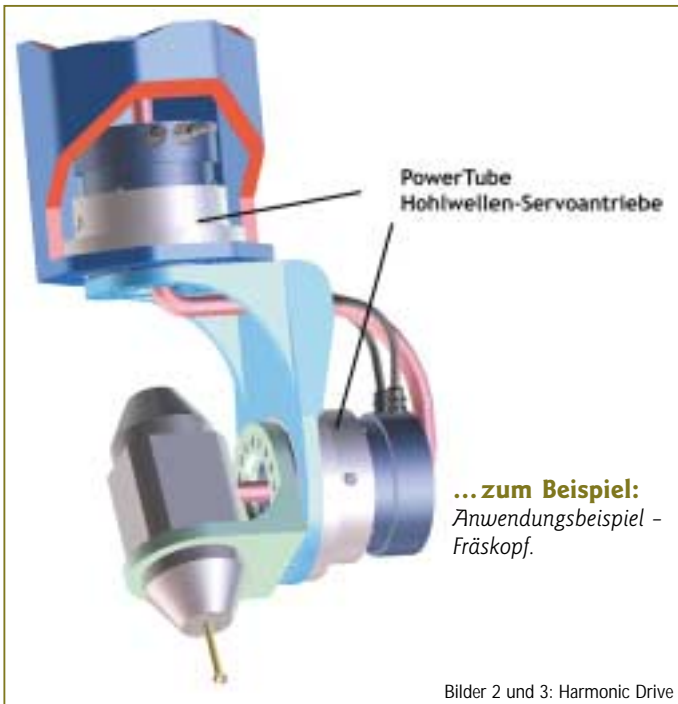
Im Vergleich zu herkömmlichen Getrieben bietet der beschriebene Getriebetyp zahlreiche Vorteile: Aufgrund des großen Zahneingriffsbereiches haben sie eine Drehmomentkapazität, die mit konventionellen Antriebslösungen doppelten Bauraums, doppelten Anzahl von Bauteilen und dreifachen Gewichts vergleichbar ist. Die absolute Positioniergenauigkeit liegt weit unter einer Winkelminute und die Wiederholgenauigkeit beträgt nur wenige Winkelsekunden.

Aufgrund der natürlichen Vorspannung und der radialen Zahnbe-wegung dieses Getriebetyps weisen sie kein Spiel in der Verzahnung auf. Mit nur drei Bauteilen werden, je nach Baugröße, Untersetzungsverhältnisse von 30:1 bis 320:1 bei Getriebeaußendurchmessern von 20 bis 330 mm erzielt. Die Spitzendrehmomente betragen 0,5 bis über 9000 Nm. Bei Nennbetriebsbedingungen werden Wirkungsgrade von über 90% erreicht.

Die Relativbewegungen der Zähne beschränken sich fast ausschließlich auf radiale Bewegungen, und die Gleitgeschwindigkeiten zwischen den Zähnen sind auch bei hohen Drehzahlen sehr gering. Der Zahnverschleiß ist daher vernachlässigbar, mit der Folge, dass

Einsichten:
Harmonic Drive
Getriebeeinbausatz.





es keine Spielzunahme während der Lebensdauer des Getriebes gibt.

Der „PowerTube“-Hohlwellenantrieb

Als daran gedacht wurde, einen kraftvollen, aber extrem kompakten Hohlwellenantrieb für einen Kunden im Handlingsbereich zu konzipieren, fiel die Wahl der Entwicklungsingenieure vom Bereich Sondergeschäft bei Siemens auf das Harmonic Drive Getriebe. In enger Zusammenarbeit wurde der neue „PowerTube“ geboren, der aus vier Hauptkomponenten – einem spielfreien Getriebe, einem permanent erregten Servomotor, einer Bremse und einem Resolver besteht (Bild 3).

Die Kundenforderungen nach Spielfreiheit, einer großen zentralen Hohlwelle und hoher Drehmomentkapazität führte zur Auswahl eines Harmonic Drive Getriebes des Typs HFUS-2UH. Diese Ausführung verfügt über eine spezielle Form des Flexspline-Topfes, dessen Boden nach außen öffnet, um eine große zentrale Hohlwelle zu ermöglichen.

Die Forderung nach einem zulässigen Beschleunigungsmoment von über 1400 Nm machte die Entwicklung der Baugröße 58 notwendig, welche Untersetzungen von 50,80,100,120 und 160:1 bietet. Die zentrale Hohlwelle hat einen Durchmesser von 70 mm bei einem Außendurchmesser des Getriebes von nur 280 mm.

Bei dem permanent erregten AC Servomotor handelt es sich um die neueste Baureihe des Siemens 1FK7109-Motor, einer speziellen Ausführung mit extrem großer Hohlwelle. Die Entwicklungsingenieure bei Siemens haben auch eine eigene spezielle Hohlwellenbremse konzipiert. Zunächst ist der Motor mit einem Resolver ausgestattet, wird aber eventuell auch mit optischem Geber verfügbar sein.

Anwendungsbeispiele

Welche Vorteile bietet dieser neue Servoantrieb gegenüber bisherigen Lösungen? Für Positionieraufgaben, bei denen eine Hohlwelle erforderlich ist, wurden oft Schneckengetriebe eingesetzt, diese mussten jedoch vorgespannt werden, um das

Spiel zu minimieren. Diese Vorspannung ist mit erhöhter Reibung und daraus resultierendem erhöhten Verschleiß verbunden.

In der Praxis heißt dies, dass bei Schneckengetrieben eine Spielzunahme erfahren wird, was durch Nachstellung kompensiert werden muss. Wie oben schon erläutert, gibt es beim Harmonic Drive Getriebe keine Spielzunahme während der Lebensdauer des Getriebes – korrekte Einbindung und Schmierung vorausgesetzt. Eine Nachstellung, um Spiel zu eliminieren, ist daher nicht erforderlich, was mit offensichtlichen Einsparungen bezüglich Wartungskosten verbunden ist.

Auch „Direct Drive“-Motoren wurden bisher in manchen Hohlwellenanwendungen vorgesehen. Diese Motoren sind entweder modifizierte Schrittmotoren oder Bausatzmotoren mit einem hochauflösenden Absolut-Mess-System und können verhältnismäßig hohe Drehmomente bei niedrigen Abtriebsdrehzahlen liefern.

Die Leistungsdichte dieser Motoren ist jedoch sehr niedrig, da kein Getriebe verwendet wird. Dies führt dazu, dass „Direct Drive“-Motoren sehr schwer sind in Bezug auf Drehmomentkapazität. Der neue „PowerTube“-Antrieb verfügt über eine weitaus höhere Leistungsdichte – er wiegt nur halb so viel wie ein „Direct Drive“-Motor der selben Drehmomentkapazität.

Es gibt eine breite Palette von Anwendungen, wo die rohrförmigen Abmessungen des „PowerTube“ voll zur Geltung kommen. Im Bereich Industrierobotik werden beispielsweise bei Palettirobotern oder bei Schweißrobotern elektromechanische Greifer oder Schweißzangen eingesetzt. Der neue Antrieb bietet die Möglichkeit, die Leitungen

www.konstruktionspraxis.de

Harmonic Drive
die Produkte

Harmonic Drive
die Getriebefunktionen

Harmonic Drive
Download

Siemens A&D

direkt auf die zentrale rotatorische Achse der Handachsenantriebe durchzuführen. Damit werden die genannten Probleme beseitigt.

Bild 4 zeigt eine typische Anwendung aus dem Bereich Holz- & Glasbearbeitungsmaschinen. Hier sind die Fräs- und Schleifköpfe ein ideales Einsatzgebiet für den „PowerTube“. Man sieht wie die Leitungen der Spindel und von einem „PowerTube“-Antrieb durch die Hohlwelle des oberen Antriebes durchgeführt werden können.

Auf der SPS/Drives Messe wird das Produkt dem Publikum live vorgeführt.

Harmonic Drive **332**

Kurz und bündig

Wesentliche Leistungsdaten

- Stillstandsmoment: 640 Nm
- Nennmoment: 335 NM
- Zulässiges Beschleunigungsmoment: 1480 Nm
- Nenndrehzahl*: 27 1/min
- Maximale Drehzahl*: 37 1/min
- Zulässiges Kippmoment: 2180 Nm
- Hohlwellendurchmesser: 70 mm
- Außendurchmesser (Getriebegehäuse): 280 mm
- Axiale Baulänge: 424 mm
- Gewicht: 67 kg

*bei Getriebeuntersetzung 80:1