

Hochdynamische Hohlwellenantriebe für Positionieranwendungen

ROLF SLATTER

Hohlwellenantriebe bieten zahlreiche Vorteile gegenüber Antrieben mit Wellen, wie z. B. die Durchführungsmöglichkeit von Kabeln oder anderen Anlagenkomponenten. Der Beitrag stellt neue Hohlwellen-Servoantriebe vor, die sich unter anderem durch eine hohe Drehmomentkapazität und Drehsteifigkeit auszeichnen.

Einleitung

Die Harmonic Drive AG ist ein Vorreiter bei der Entwicklung von kompakten, hochintegrierten Servoantrieben. Die ersten Hohlwellenantriebe der FHA-Baureihe wurden bereits 1992 eingeführt. Inzwischen bieten die FHA-Servoantriebe in der dritten Generation eine technisch hochwertige Lösung für anspruchsvolle Positionieraufgaben. Die neue Serie FHA-C (Bilder 1 und 2) bietet gegenüber den Vorgängerversionen eine erheblich erhöhte Drehmomentkapazität und Verdrehsteifigkeit, wobei gleichzeitig eine 30-prozentige Reduzierung der axialen Länge realisiert werden konnte. Diese Kombination von Genauigkeit und Leistungsdichte ist die Grundlage für ein breites Anwendungsspektrum. Durch eine ständige Weiterentwicklung ist diese Servobaureihe nun auch mit einem abtriebsseitig integrierten Beschleunigungssensor verfügbar (Bild 3). Dadurch können fortschrittliche Regelungskonzepte realisiert werden, die für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Übertragungsgenauigkeit notwendig sind.

Hohlwellenantriebe in der dritten Generation

Die Servoantriebe der FHA-Baureihe bestehen aus einem hochpräzisen Harmonic Drive®-Getriebe, einem ringförmigen AC-Servomotor und einem optischen Sinus-Cosinus-Geber für die Drehzahl- und Lageregelung. Die Antriebe verfügen darüber hinaus über eine kompakte steife Abtriebslagerung, um das Lastsystem zu stützen. Hierbei wird keine zusätzliche Stütz-
lagerung



1: Die FHA-C-Hohlwellenantriebe zeichnen sich durch eine hohe Drehmomentkapazität, Verdrehsteifigkeit und eine kurze Baulänge aus

benötigt. Die zentrale Hohlwelle ist das charakteristische Merkmal dieser Servoantriebe. Sie ermöglicht die Durchführung von Versorgungsleitungen, Wellen oder sogar Laserstrahlen durch die Mitte des Antriebes. Diese Eigenschaft vereinfacht insbesondere die Konstruktion von Industrierobotern, Werkzeugmaschinen, Wafer-Handling-Geräten oder Laserbearbeitungsmaschinen.

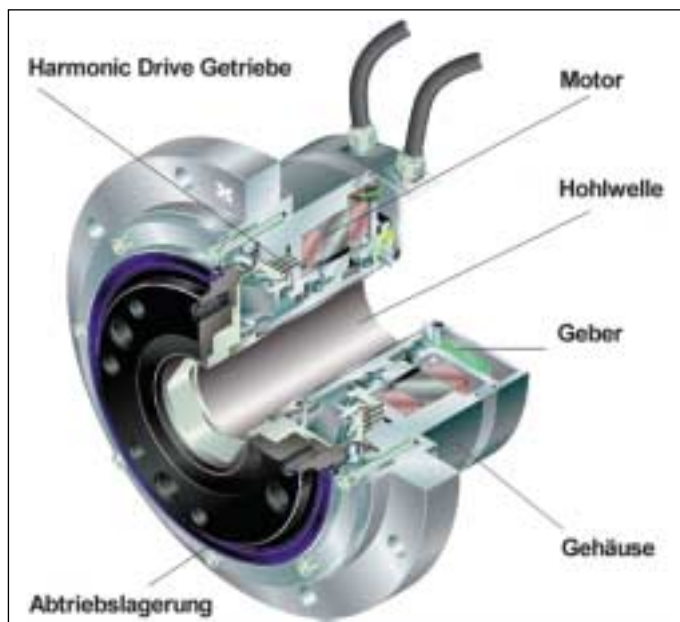
Bis jetzt wurde häufig auf Schneckengetriebe oder Direktantriebe für Hohlwellenanwendungen zurückgegriffen. Im Vergleich zu diesen Lösungen bieten die neuen

Hohlwellen-Servoantriebe einen erheblich höheren Wirkungsgrad sowie eine bessere Positioniergenauigkeit als Schneckengetriebe. Zudem besitzen sie nur ein Drittel des Gewichtes eines Direktantriebes derselben Drehmomentkapazität, was ebenfalls ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl des richtigen Antriebskonzeptes darstellt.

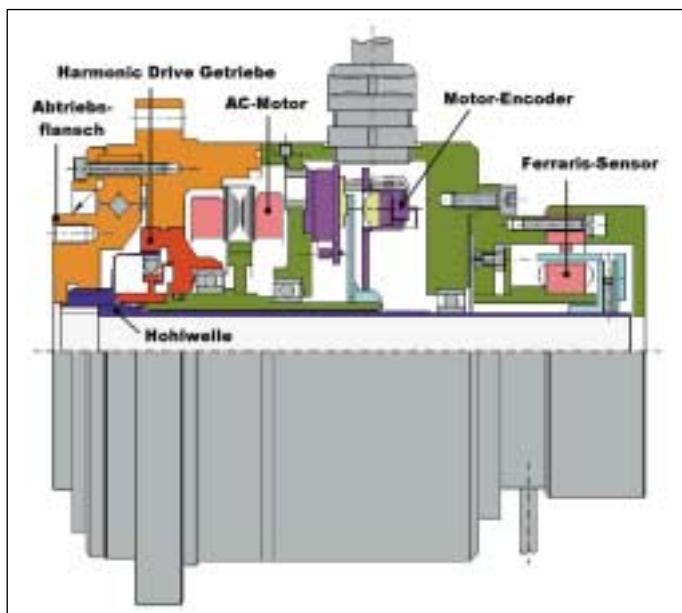
Das Unternehmen Harmonic Drive hat das Harmonic Drive-Getriebe ständig weiterentwickelt [1, 2, 3]. Die Grundlage für die neuen FHA-C-Antriebe bildet unter anderem der weiter verkürzte Flexspline des „Super Flat“-CSD-Getriebeeinbausetzes (Bild 4). Zusätzlich zu dem um 30 % verkürzten Flexspline bietet diese Baureihe die bekannten Vorteile der Harmonic Drive-Getriebe:

- Durch den großen Zahneingriffsbereich wird eine hohe Drehmomentkapazität geboten, die mit konventionellen Antriebslösungen mit doppeltem Bauraum, doppelter Anzahl von Bauteilen und dreifachem Gewicht vergleichbar ist.
- Die absolute Positioniergenauigkeit liegt weit unter einer Winkelminute und die Wiederholgenauigkeit beträgt nur wenige Winkelsekunden.
- Durch die „natürliche“ Vorspannung und die radiale Zahnbewegung weisen die Getriebe kein Spiel in der Verzahnung auf.
- Mit nur drei Bauteilen werden je nach Baugröße Übersetzungsverhältnisse von 30:1 bis 320:1 bei Getriebeaußendurchmessern von 20 bis 330 mm erzielt. Die Spitzen-

2: Schnittbild eines FHA-C-Hohlwellenantriebs



Dr.-Ing. Rolf Slatter ist Vorstand Marketing & Vertrieb der Harmonic Drive AG in 65536 Limburg an der Lahn



3: Schnittbild eines FHA-C-Hohlwellenantriebs mit Beschleunigungssensor

4: CSD-Getriebeeinbausatz mit verkürztem Flexspline

drehmomente betragen 0,5 bis über 9000 Nm.

- Bei Nennbetriebsbedingungen werden Wirkungsgrade von über 90 % erreicht.
- Die Relativbewegung der Zähne beschränkt sich fast ausschließlich auf radiale Bewegungen, und die Gleitgeschwindigkeiten zwischen den Zähnen ist auch bei hohen Drehzahlen sehr gering. Der Zahnverschleiß ist daher vernachlässigbar, mit der Folge, dass es keine Spielzunahme während der Lebensdauer des Getriebes gibt.

Die neue Serie FHA-C weist folgende Leistungssteigerungen verglichen mit der Vorgängerversion FHA-B (Bild 5) auf:

- die Drehmomentkapazität wurde um mehr als 20 % gesteigert,
- die Verdrehsteifigkeit wurde um beinahe 100 % erhöht,
- die axiale Länge wurde um 30 % reduziert.

Die neue Baureihe besteht zunächst aus drei Baugrößen, jeweils mit der Übersetzung 50:1 und 100:1, wobei weitere Übersetzungen auf speziellen Kundenwunsch lieferbar sind. Für hochdynamische und hochpräzise Positionieranwendungen sind die Hohlwellenantriebe sehr gut geeignet. Aufgrund ihrer Spielfreiheit und der serienmäßigen Wiederholgenauigkeit von 5 Winkelsekunden – dies entspricht einer Abweichung von 5 µm bei einem Hebelarm von 200 mm – kann in vielen Anwendungen auf ein teures Direkt-Messsystem verzichtet werden.

Die wesentlichen Vorteile der FHA-C-Antriebe gegenüber Servoantrieben mit integriertem Schnecken- oder Planetengetriebe sind die Spielfreiheit und die Eigenschaft, dass keine Spielzunahme während der Lebensdauer eintritt. Die Hohlwellenantriebe bieten des Weiteren eine hohe Verdrehsteifigkeit, ein hohes Spitzendrehmoment und eine hohe Leistungsdichte. Der Hohlwellen-Servoantrieb vom Typ FHA-40C beispielsweise weist ein Spitzendrehmoment von 690 Nm bei einem Gewicht von nur 12 kg auf. Dies entspricht einer Leistungsdichte von fast 60 Nm/kg.

Auch gegenüber Direktantrieben ergeben sich viele Vorteile: Bei Direktantrieben handelt es sich entweder um modifizierte



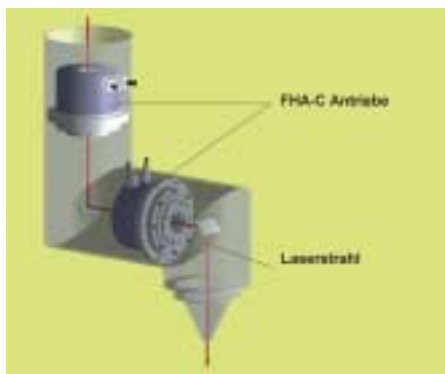
Schrittmotoren oder um Bausatzmotoren mit einem hochauflösenden Absolutmesssystem. Diese können verhältnismäßig hohe Drehmomente bei niedrigen Abtriebsdrehzahlen aufbringen. Ein Nachteil dieser Antriebe ist jedoch die sehr niedrige Leistungsdichte, da kein Getriebe verwendet wird. Dies führt dazu, dass diese Motoren in Bezug auf ihre erreichbare Drehmomentkapazität sehr schwer sind, was wiederum zur Folge hat, dass sie fast ausschließlich in statischen Anwendungen zum Einsatz kommen, bei denen der Motor nicht Teil einer bewegten Struktur ist. Die neuen FHA-C-Hohlwellenantriebe verfügen dahingegen über eine weitaus höhere Leistungsdichte. Ein Hohlwellenantrieb besitzt lediglich ein Drittel des Gewichtes eines Direktantriebes derselben Drehmomentkapazität. Ein weiterer Vorteil gegenüber Direktantrieben besteht in der Fähigkeit, erhebliche Schwankungen im Lastträgheitsmoment aufzufangen, ohne dass eine Modifizierung der Regelungsparameter erforderlich ist.

Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Das herausragendste Merkmal der Serie FHA-C ist zweifelsohne die zentrische



5: Entwicklung der FHA-Baureihe im Überblick



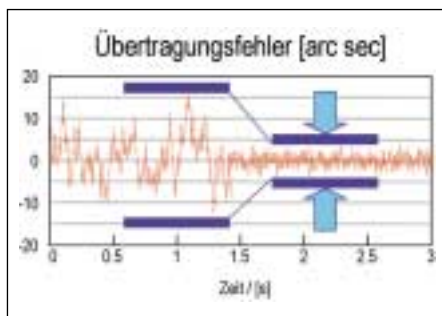
6: FHA-C-Hohlwellenantrieb in einem Laserbearbeitungszentrum

Hohlwelle. Zusammen mit den sehr guten Leistungsmerkmalen bietet sie die optimale Basis für vielfältige Applikationen. Die neuen Hohlwellen-Servoantriebe werden in einer Palette von Anwendungen eingesetzt, wie z. B. in:

- Schulter- und Ellbogengelenkantrieben für Scara-Roboter,
- Rotationsachsen in Metall-, Holz- und Glasbearbeitungsmaschinen,
- Schwenk- und Kippachsen für Radarannten,
- Zustellachsen in Schleifmaschinen,
- Schwenkköpfen für Laser-Bearbeitungsmaschinen (Bild 6),
- Indextischen für Montageautomaten,
- Fräsköpfen (Bild 7) sowie in
- Positionierachsen von Verpackungsmaschinen.



7: FHA-C-Hohlwellenantrieb in einem Fräskopf



8: Reduzierte Übertragungsfehler mittels Beschleunigungsfeedback

Neue Sensoren für extreme Anforderungen

Besonders anspruchsvolle Anwendungen, wie z. B. das Ziehen von Silizium-Kristallen für die Halbleiterfertigung oder präzise Schleif- oder Polieranwendungen, fordern eine hohe Übertragungsgenauigkeit im Winkelsekundenbereich. Hierfür kann die neue Serie optional mit einem neuartigen Beschleunigungssensor auf Basis des Ferraris-Prinzips ausgestattet werden. Wie in Bild 3 gezeigt ist, wird der Beschleunigungssensor an die verlängerte Hohlwelle angebracht, um damit die abtriebsseitige Beschleunigung zu messen, ohne die mechanische Anbindung der Last zu behindern. Der Sensor misst auch bei bewegtem Antrieb ausschließlich die Winkelbeschleunigung der Welle, da das Ferraris-Prinzip im Gegensatz zu Feder-Masse-Systemen die relative Bewegung zwischen Wirbelstromkörper und Messaufnehmer erfasst. Durch die Einbeziehung des Beschleunigungssignals kann das Regelverhalten des Servoantriebes wesentlich verbessert werden. Dieses neue Konzept bewirkt eine drastische Verbesserung des Gleichlaufs (Bild 8).

Literaturhinweise:

- [1] Slatter, R.: Weiterentwicklung eines Präzisionsgetriebes für die Robotik – Teil I: Grundlagen und Überblick. *antriebstechnik* 39 (2000), Nr. 1, S. 39–42
- [2] Slatter, R.: Weiterentwicklung eines Präzisionsgetriebes für die Robotik – Teil II: Höhere Drehmomente und weitere Übersetzungen. *antriebstechnik* 39 (2000), Nr. 6, S. 50–57
- [3] Slatter, R.: Weiterentwicklung eines Präzisionsgetriebes für die Robotik – Teil III: Leichtbaugetriebe und Hohlwellen-Servoantriebe. *antriebstechnik* 39 (2000), Nr. 9, S. 34–39

Anmerkung der Redaktion

Ausführliche Informationen über die neuen Hohlwellenantriebe erhalten unsere Leser, wenn sie die folgende Kennzahl in ihre Leserdienstkarte eintragen.