

Die Zukunft ist Mikro

Spielfreie Mikrogetriebe und -antriebe für präzise Positionieranwendungen

Rolf Slatter

Viele Anwendungen in der Mikrorobotik, der Halbleiterfertigung oder der Feinmechanik verlangen nach Antrieben und Getrieben in Kleinstformat. Mikroantriebssysteme müssen dabei nicht nur Bewegung erzeugen, sie sollen vielmehr hochpräzise ausrichten oder justieren. Eine Abstimmung höchster Güte.



Bild 2: Mikro servoantrieb

In vielen Anwendungen in der Mikrorobotik, der Halbleiterfertigung, der Feinmechanik, in medizinischen Geräten oder in der Photonik, die nach Antrieben und Getrieben in kleinstmöglichem Format verlangen, müssen die Mikroantriebssysteme nicht nur Bewegung erzeugen. Sie sollen vielmehr zum hochpräzisen Ausrichten oder Justieren kleinster Bauteile wie Linsen, Spiegel, Greifer usw. geeignet sein. Die wesentlichen Anforderungen an Mikroantriebssysteme in diesen innovativen Anwendungen sind neben der miniaturisierten Baugröße und dem geringen Eigengewicht vor allem präzise und spielfreie Bewegungsabläufe (Bild 2). Hohe Wiederholgenauigkeit, präzise Bewegungsübertragung und hohe Zuverlässigkeit stehen hier an oberster Stelle.

Mikroantriebssysteme haben Bauraumoptimierte Außenabmessungen und daher eine geringe Masse. Die kleine Massenträgheit der bewegten Komponenten verleiht ihnen eine hohe Dynamik bei geringem Energieverbrauch und niedriger Antriebsleistung. Darüber hinaus ermöglicht das geringe Eigengewicht der Mikroantriebe die Entwicklung von innovativen Applikationen in hochdynamischen Systemen.

Das Funktionsprinzip

Das Harmonic Drive Funktionsprinzip ist bereits durch die nach dem gleichen Namen bekannten Getriebe etabliert, welches in hochgenauen Positionierachsen in Indus-

Bild 1: Konventionell hergestelltes Getriebe im Vergleich zu einem Mikrogetriebe

trierobotern, Werkzeugmaschinen, der Luft- & Raumfahrt, Medizintechnik oder Maschinen für die Halbleiterfertigung weit verbreitet ist. Minigetriebe mit einem Zahnmodul von nur 64 µm können schon mit konventionellen spanenden Herstellverfahren für Verzahnungen hergestellt werden. Dieses Modul stellt jedoch heute eine Grenze nach unten dar.

Agrund der Nachfrage nach noch kleineren Positioniergetrieben suchte der Getriebespezialist nach neuen Fertigungsverfahren für die kleinen Verzahnungen. Es wurde ein Entwicklungsauftrag an das Institut für Mikrotechnik in Mainz (IMM) vergeben, um das Harmonic Drive Funktionsprinzip mikrotechnisch umzusetzen. Nach 2-jähriger Entwicklung wurde im März 2001 die Micromotion GmbH in Mainz-Gonsenheim als Schwesterunternehmen gegründet, um das neu entstandene Mikrogetriebe weiterzuentwickeln und den Schritt vom Labor in die industrielle Praxis zu erarbeiten (Bild 1).

Der Getriebeaufbau

Die Grundelemente des Mikrogetriebes in Flachbauweise werden aus dem Wave Generator und den drei Zahnrädern Flexspline, Circular Spline, und Dynamic Spline gebildet (Bild 3). Das Funktionsprinzip ähnelt dem des „konventionellen“ Getriebes des Herstellers, jedoch mit dem Unterschied, dass der Wave Generator als Planetengetriebe ausgeführt wird. Dadurch werden hohe Übersetzungen ins Langsame ermöglicht. Dies ist erforderlich, da die Mikromotoren eine sehr hohe Drehzahl haben – 50 000 1/min sind keine Seltenheit. Weiterhin sind



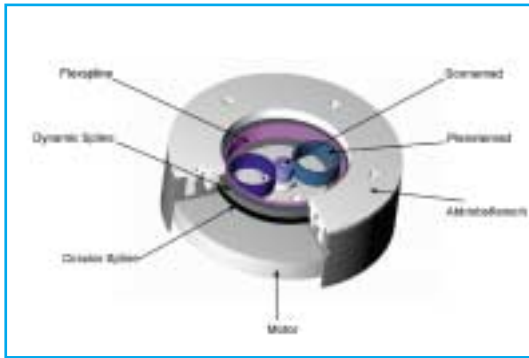


Bild 3: Getriebebaueinsatz im Detail

die Planetenräder elastisch verformbar, was eine Spielfreiheit in der Planetenstufe zur Folge hat.

Die Vorteile sind:

- Spielfreiheit bei miniaturisierter Baugröße,
- exzellente Wiederholgenauigkeit für präzise Positionierung,
- hohe Drehmomentkapazität für dynamische Indexieranwendungen,
- hoher Wirkungsgrad, um Leistungsverluste zu minimieren,
- flache Bauweise für kompakte Geräteabmessungen,
- geringes Eigengewicht für Anwendungen in tragbaren Geräten,
- hohe Übersetzungen ins Langsame (Untersetzung) mit wenigen Bauteilen für die verlustarme Drehmomentvergrößerung von Mikromotoren.

Die besondere Eigenschaft ist die Wiederholgenauigkeit. Wie oben erwähnt, gibt es bereits Getriebe mit einem Durchmesser in diesen Miniaturdimensionen, allerdings kann damit keine derartige Genauigkeit in der Bewegungsübertragung erzeugt werden.

Anhand des folgenden Vergleichs lässt sich die erreichbare Genauigkeit gut verdeutlichen: Könnte ein bisher verfügbares Getriebe dieser Baugröße bei der Ablenkung eines Laserstrahls auf einer Fußballfeldlänge vielleicht das Tor treffen, kann das Micro Harmonic Drive um den Faktor 1 000 genauer ein auf der Kante stehendes 1 Cent Stück treffen, aufgrund der Wiederholgenauigkeit von ±10 Winkelsekunden.

Herstellung von Zahnrädern

Konventionelle Verfahren zur Herstellung von Zahnrädern können in Abhängigkeit von der Zahngeometrie bis zu einem minimalen Modul von 60 bis 100 µm verwendet werden. Allerdings müssen bei einem Modul dieser Größenordnung hinsichtlich einer optimalen Verzahnungsgeometrie Restriktionen hingenommen werden, um die Herstellbarkeit mit konventionellen Methoden zu ermöglichen. Zur Herstellung von Zahnrädern

für Mikrogetriebe hat sich daher der Einsatz mikrotechnischer Verfahren wie z. B. dem LIGA-Verfahren (Lithographie + Galvanoformung + Abformung) bewährt. Diese Technologien stammen aus der Halbleiterfertigung und basieren auf lithografischen Prozessen, das heißt die lateralen Strukturen befinden sich als Absorberschicht auf einer Maske und werden über Schattenprojektion hochpräzise in einen Fotoresist übertragen. Das Mikrogetriebe des Herstellers wird mit einem Fertigungsverfahren hergestellt, das eine kostengünstige Serienproduktion von metallischen Mikrozahlrädern gestattet.

Um gleichzeitig die hohen Untersetzung und die geringen Abmessungen realisieren zu können, wird für die Zähne ein Modul von 34 µm verwendet, weniger als die Hälfte der Breite eines menschlichen Haars. Alle Zahnräder des Mikrogetriebes bestehen aus einer Nickel-Eisen-Legierung. Aufgrund seiner hohen Streck-

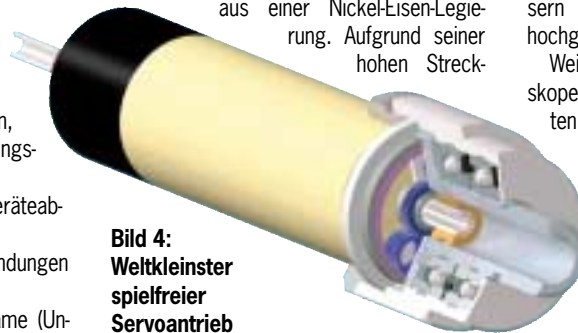


Bild 4: Weltkleinster spielfreier Servoantrieb

grenze von 1500 N/mm², dem niedrigen Elastizitätsmodul von 165 000 N/mm² und seiner Dauerfestigkeit bietet diese galvanisch abgeschiedene Legierung exzellente Materialeigenschaften für hochbeanspruchte Mikrozahlräder.

Neue Entwicklungen

Der Getriebeeinbausatz hat einen Außendurchmesser von nur 8 mm bei einer axialen Länge von 1 mm. Er bietet Untersetzungsverhältnisse von 160:1 bis 1000:1. Micromotion GmbH bietet verschiedene Getriebebauformen bzw. Abtriebslagerkonzepte an, um eine leichte Integration in verschiedenen Anwendungen zu ermöglichen. Mikro-Getriebeboxen der sogenannten MHD Baureihe gibt es in zwei Baugrößen, entweder mit gelagerter Antriebswelle oder für den direkten Anbau an allen gängigen Mikromotoren z.B. Arsapac, Escap, Faulhaber, Maxon, Mymotors, RMB.

Inzwischen gibt es eine noch kleinere Getriebevariante mit einem um 25% reduzierten Außendurchmesser und einem erweiterten Untersetzungsverhältnis. Besonderes Merkmal des entwickelten Getriebes ist die zentrale Hohlwelle. Dieses Hohlwellengetriebe ist die Basis für den weltkleinsten Positionierantrieb der u. a. in einer engen Zusammenarbeit mit dem führenden Motorher-

steller Maxon Motor AG entstanden ist (Bild 4). Der Bohrungsdurchmesser beträgt 0,65 mm und ermöglicht die Durchführung von Laserstrahlen oder optischen Fasern. Ergänzt wird der Antrieb durch einen elektronisch kommutierten Maxon Motor Typ EC6 mit Hohlwelle. In Kombination mit der Standarduntersetzung 160:1 wird eine abtriebsseitige Auflösung von 20 Winkelsekunden ermöglicht.

Anwendungsbereiche

Die Anwendungsgebiete für Mikroantriebssysteme sind vielfältiger Natur. Die ersten Serienanwendungen liegen im Bereich Photonik und der Halbleiterfertigung. Im erstgenannten Bereich, beispielsweise in hochwertigen optischen Schaltern, müssen Fasern bzw. Spiegel hochdynamisch und hochgenau positioniert werden.

Weitere Anwendungen gibt es in Mikroskopen zur Verstellung der darin integrierten Linsen. Die kompakten Abmessungen des Mikroantriebes erlauben es, jede Linse einzeln anzutreiben. Bei früheren Lösungen mussten die Linsen oft mechanisch gekoppelt werden.

Im Bereich der Halbleiterfertigung wäre vor allem die Fertigung und Montage moderner elektronischer Systeme zu nennen. Die einzelnen Komponenten in elektronischen Endgeräten sind kaum noch mit bloßem Auge erkennbar, müssen aber geprüft werden, in das Montagewerkzeug gelangen und dann exakt montiert werden. Hier sind kleinere hochgenaue Antriebe für die Handhabung elektronischer Bauteile notwendig.

Eine weiteres Anwendungsgebiet bietet die Medizintechnik. Auch hier bestehen Forderungen nach Mikroantrieben. Die Bewegung einer Endoskop-Kamera mittels Mikrogetriebemotor beispielsweise oder die Positionierung von mikrochirurgischen Instrumenten stellen hier Anwendungsbereiche dar.

Zudem zeichnet sich in der Kommunikationstechnik ein breites Anwendungsspektrum für Mikroantriebssysteme ab. Satelliten sollen zukünftig nur noch so groß wie ein Fußball sein. Bauraumoptimierte und zuverlässige Mikroantriebssysteme übernehmen hier die Aufgabe, die Antennen für die Datenübertragung hochgenau auszurichten.

Weitere Informationen erhalten Sie über die Kennziffer.
HARMONIC DRIVE 341

Dr. Rolf Slatter, Vorstand Marketing & Vertrieb, Harmonic Drive AG, Limburg