

SPIELFREIE MIKROANTRIEBE FÜR DIE MIKROMONTAGE

Schwungvoll in Position

ROLF SLATTER

Für die künftige Entwicklung der Mikrosystemtechnik werden Antriebssysteme benötigt, die nicht nur klein und leicht sind, sondern die zugleich präzise und spielfreie Bewegungsabläufe ermöglichen. Hohe Wiederholgenauigkeit, Spielfreiheit, hohe Übersetzungen sowie die präzise Übertragung von Bewegungen stehen dabei im Fokus.



BILD 1. In der Mikrotechnik zu Hause: Das »Micro Harmonic Drive«, MHD (Bild: Harmonic Drive)

Bislang verfügbare Antriebssysteme können den Anforderungen der Mikrosystemtechnik in vielfältiger Hinsicht nicht genügen: Sie sind zu groß, zu schwer, spielbehaftet oder lassen nur extrem niedrige Belastungen zu. Diese Defizite gaben den Anstoß zur Entwicklung eines neuartigen Mikrogetriebes, des »Micro Harmonic Drive«, MHD (Bild 1). Es gilt als derzeit kleinster spielfreier Positionierantrieb und wurde 2001 von Micromotion, Mainz, in Zusammen-

arbeit mit dem Institut für Mikrotechnik Mainz (IMM) entwickelt.

Das Funktionsprinzip des MHD ähnelt dem des konventionellen »Harmonic Drive«-Getriebes, jedoch mit dem Unterschied, dass der Wave-Generator als Planetengetriebe ausgeführt ist. Dadurch werden hohe Übersetzungsverhältnisse von 160:1 bis 1000:1 ins Langsame ermöglicht. Dies ist erforderlich, da die Mikro-motoren eine sehr hohe Drehzahl haben, bis $100\,000\text{ min}^{-1}$ sind keine Seltenheit. Des Weiteren sind die Planetenräder elastisch verformbar, sodass eine spielfreie Planetenstufe realisiert werden konnte.

Leistungsfähiges und spielfreies Mikrogetriebe

Der MHD-Getriebeeinbausatz hat einen Außendurchmesser von nur 8 mm bei einer axialen Länge von 1 mm. Um die Integration in verschiedene Applikationen zu erleichtern, stehen verschiedene Getriebebauformen beziehungsweise Abtriebslager-

konzepte zur Verfügung. Die Mikro-Getriebeboxen gibt es in zwei Baugrößen: mit gelagerter Antriebswelle und für den direkten Anbau an allen gängigen Mikro-motoren, zum Beispiel Arsape, Escap, Faulhaber, Maxon, Mymotors, RMB und so weiter. Diese Lösung bietet somit eine Reihe von Vorteilen:

- Spielfreiheit bei miniaturisierter Größe,
- exzellente Wiederholgenauigkeit für präzise Positionierung im Sub- μm -Bereich,
- hohe Dynamik für Indexieranwendungen,
- extrem hohe Beschleunigungen von bis zu $550\,000\text{ rad/s}^2$,
- sehr lange Lebensdauer von 2500 Stunden bei Nenndrehmoment und Nenndrehzahl,
- hoher Wirkungsgrad von bis zu 82 Prozent,
- hohe Übersetzungen ins Langsame und somit verlustarme Vergrößerung des Drehmoments,
- stabile, führungsgenaue Abtriebslagerung ohne zusätzliche Stützlagerung bei einer Führungsgenauigkeit von $5\text{ }\mu\text{m}$ in Rund- und Planlauf.

Abhängig von der Zahngeometrie erreichen konventionelle Verfahren zur Herstel-

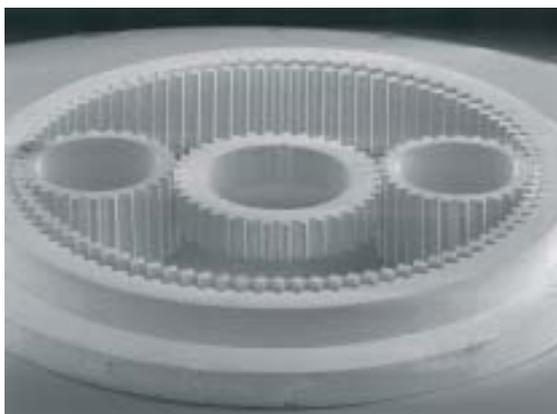


BILD 2. REM-Aufnahme des MHD-Getriebeeinbausatzes, hergestellt mittels »Direkt-LIG« (Bild: Harmonic Drive)

	Direkt-LIG	UV-LIG	Mikro EDM	Feinschneiden	Spritzgießen
Bauteilgenauigkeit	+++ > 0,2 µm	- > 2 µm	++ < 2 µm	+ 1 bis 2 µm	- > 2 µm
Auflösungsvermögen	+++ 0,2 bis 0,5 nm	0 > 2 µm	+ > 1 µm	- > 10 µm	+ > 1 µm
Aspektverhältnis	++ < 50	0 < 10	+++ 100 bis 1000	- < 1	+ < 20
Herstellbare Bauteilkomplexität	++ sehr komplex	+ nur 2 1/2 D	+ stark vom Werkzeug abhängig	+ nur 2 1/2 D	+++ sehr komplex
Maximale Bauteilhöhe	++ < 3 mm	- < 100 µm	+++ beliebig	+ < 1 mm	+++ beliebig
Wirtschaftliche Losgröße	100 bis 10 000	100 bis 10 000	1 bis 100	10 000+	10 000+
Materialien	Gold, Nickel, Nickel-Phosphor, Nickel-Eisen, Nickel-Cobalt, Kupfer	Gold, Nickel, Nickel-Phosphor, Nickel-Eisen, Nickel-Cobalt, Kupfer	Stahl, Alu, Kupfer (Metalle)	Weiche Metalle, Kunststoffe	Kunststoffe

TABELLE 1. Vergleich verschiedener Fertigungsverfahren für Mikrobauteile (+++ bis ++ = sehr gut, ++ bis + = gut, 0 bis - = ausreichend)

lung von Zahnrädern ein minimales Modul von 60 bis 100 µm. Bei Mikrozahlrädern hat sich das LIGA-Verfahren (Lithografie, Galvanoformung, Abformung) bewährt. Dieses Verfahren stammt aus der Halbleiterfertigung und basiert auf lithografischen Prozessen. Die lateralen

Strukturen befinden sich als Absorberschicht auf einer Maske und werden über Schattenprojektion hoch präzise in einen Fotoresist übertragen.

›Direkt-LIG‹ zur Herstellung von Mikrozahlrädern

Um Strukturen bis zu mehreren Millimetern Höhe bei Abweichungen von weniger als 1 µm zu erzeugen, wird hoch energetische und hoch parallele Synchrotron-Strahlung benötigt.

Zur Fertigung des MHD dient das ›Direkt-LIG‹-Verfahren, das eine kostengünstige Serienproduktion metallischer Mikrozahlräder aus einer Nickel-Eisen-Legierung gestattet. Im Unterschied zum konventionellen LIGA-Verfahren wird auf den Abformungsschritt verzichtet, die Zahnräder

werden also unmittelbar durch Galvanoformung erzeugt. Das galvanisch abgeschiedene Material besitzt eine Streckgrenze von 1500 N/mm², einen niedrigen Elastizitätsmodul von 165 000 N/mm² und eine hohe Dauerfestigkeit. Es bietet somit exzellente Materialeigenschaften für hoch beanspruchbare Mikrozahlräder. Um gleichzeitig hohe Untersetzungen und geringe Abmessungen realisieren zu können, wird für die Zähne ein Modul von 34 µm verwendet. Das ist etwa die Hälfte der Dicke eines menschlichen Haares (Bild 2).

Tabelle 1 stellt die wesentlichen Eigenschaften verschiedener Fertigungsverfahren für feinwerktechnische oder Mikrobauteile gegenüber. Für metallische Zahnräder oder ähnlich komplexe Bauteile bietet das Direkt-LIG-Verfahren wesentliche Vorteile wie extrem hohe Genauigkeit und extrem hohes Auflösungsvermögen. Weiterhin können Bauteile mit hohen Aspektverhältnissen aus verschiedenen metallischen Werkstoffen hergestellt werden. Bei Micromotion wird das Verfahren inzwischen nicht nur zur >>

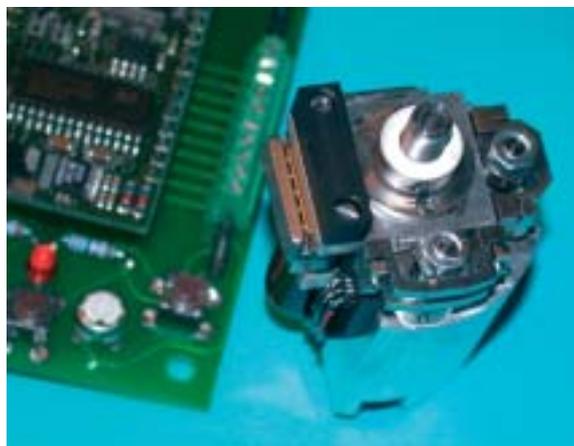


BILD 3. Der 3-Achs-Mikropositionierer wird zumeist auf schnelle Achsen zur Grobpositionierung montiert (Bild: Harmonic Drive)

www.micos.ws



"timing and speed ..."

get controlled ...

MICOS
MAC PhotonX
powered by MICOS

motion control

		X-Achse	Y-Achse	θ -Achse
Hub/Winkel		1 mm	1 mm	> 360°
Max. Geschwindigkeit		2 mm/s	2 mm/s	100 rpm
Auflösung	Vollschritt-Modus	< 0,3 μm	< 0,3 μm	0,086°
	Mikroschritt-Modus	< 0,02 μm	< 0,02 μm	0,005°
Wiederholgenauigkeit		< 0,3 μm	< 0,3 μm	0,01°
Kräfte/Drehmoment		10 N	10 N	5 mNm

TABELLE 2. Die Leistungsdaten des 3-Achs-Mikropositionierers:
Dynamik und Präzision sind Trumpf

Herstellung von Mikrogetrieben, sondern auch für die Lohnfertigung hoch komplexer und flächiger Bauteile genutzt.

Mikromontage benötigt Mikroantriebe

Sobald miniaturisierte Systeme und hybride Mikrosysteme in größeren Serien hergestellt werden müssen, entsteht Bedarf an automatischer Montage. Für mikrotechnische Produkte ist die Endmontage oft ein signifikanter Kostenfaktor und kann bis zu 80 Prozent der gesamten Herstellkosten betragen. Eine manuelle Montage ist jedoch oft zu teuer oder erreicht nicht die geforderte Prozesssicherheit. Eine automatische Mikromontage benötigt dagegen spezifische Produktionsmaschinen zur Handhabung der Bauteile.

Der Montagevorgang benötigt typischerweise Bewegungen in mehreren Freiheitsgraden, die durch Antriebselemente wie Motoren und Getriebe ermöglicht werden. In vielen Fällen sind diese Antriebskomponenten weitaus größer als der benötigte Arbeitsbereich der Maschinen. Das hat zur Folge, dass viele Montagemaschinen und -roboter über Abmessungen verfügen, die mehrere Größenordnungen über dem benötigten Arbeitsbereich lie-

gen. Der Trend geht daher zu wesentlich kleineren Maschinen mit Mikroantriebssystemen, die nicht nur eine kleinere Fläche benötigen, sondern oft auch über eine höhere Montagegenauigkeit als die bisherigen Maschinen verfügen.

HERSTELLER

Micromotion GmbH
55124 Mainz
Tel. 0 61 31/6 69 27-0
Fax 0 61 31/6 69 27-20
www.mikrogetriebe.de

Mikropositionierer mit drei Freiheitsgraden

Für Mikromontageaufgaben, die hoch präzise Bewegungen in drei Freiheitsgraden erfordern, hat Micromotion einen 3-Achs-Mikropositionierer entwickelt (Bild 3). Dieses kompakte Gerät hat einen Durchmesser von 36,2 mm, eine axiale Länge von weniger als 50 mm und verfügt über zwei



BILD 4. Mikro-Scara-Roboter für die hoch dynamische und präzise Positionierung mikrotechnischer Bauteile (Bild: IWF der TU Braunschweig)

lineare und eine rotatorische Achse. Die linearen Achsen werden mit spielfreien vorgespannten Exzentrern angetrieben, die einen kleinen Schlitten in X- und Y-Richtung bewegen. Der Schlitten trägt einen rotatorischen Antrieb für die θ -Achse, welche direkt mit dem zu bewegenden Bauteil verbunden ist. Diese Lösung bietet folgende Vorteile:

- Wiederholgenauigkeit und Auflösung im Sub- μm -Bereich,
- einfache Regelbarkeit (Schrittmotoren in allen Bewegungsachsen),
- niedrige Masse (unter 50 g),
- hoch dynamische Bewegungen.

Besondere Vorzüge des Positionierers sind die langen Hübe der linearen Achsen sowie die hohe Stabilität unter Produktionsbedingungen. Der neue Mikropositionierer hebt sich in diesen Punkten deutlich von Lösungen ab, die auf Piezo-Antrieben basieren.

Typischerweise wird dieses Gerät zur Feinpositionierung verwendet und ›huckepack‹ auf schnelle Achsen, die zur Grobpositionierung dienen, montiert. Bei dieser Anordnung ist das niedrige Gewicht besonders wichtig. Der Trend zu kürzeren Zykluszeiten in der Montage führt zwangsläufig zu schnelleren Grobpositionierachsen, die üblicherweise mit linearen Direktantrieben bestückt werden. Ein sehr leichtes Mikropositioniergerät verringert zudem den Temperaturanstieg der Linear-motoren. Die wesentlichen technischen Daten des Mikropositionierers sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Entwicklung eines Mikro-Scara-Roboters

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Technischen Universität Braunschweig untersucht Micromotion auch die Anwendung von MHD-Getrieben in Mikro-Robotern. In einem gemeinsamen Projekt wird ein Mikro-Scara-Roboter mit Parallel-Hybrid-Kinematik (Bild 4) entwickelt. Die Primärachsen werden von MHD-Getriebeboxen angetrieben. Um weitere Anwendungen in der Mikromontage zu ermöglichen, soll dieser Roboter eine Wiederholgenauigkeit im Sub- μm -Bereich erreichen und zudem als Technologie-demonstrator dienen. ■

Dr. Rolf Slatter

ist Vorstand Marketing & Vertrieb bei Harmonic Drive in Limburg; Vertriebspartner der Micromotion GmbH in Deutschland; info@harmonicdrive.de