

NC Dreh - Schwenkeinheit mit Direktantrieb für die Mikrotechnologie

Dr.-Ing. B. Korischem, Dipl.-Ing. H. Hölter
Peiseler GmbH & Co. KG, Remscheid, Germany

Allgemeine Informationen:

Direkt angetriebene Teiltische sind eine verlässliche Komponente, um den Anforderungen hinsichtlich höchster Genauigkeit und Winkelgeschwindigkeit zu entsprechen und den Stand der Technik zu erweitern. Eine direkt angetriebene NC Dreh-Schwenkeinheit mit einer Beschleunigung von 3 g an der Planscheibe mit einem Durchmesser von 220 mm, und 9 g bei einem 75 mm Werkstückdurchmesser, kann eine Last von bis zu 20 kg aufnehmen. Die Winkelgeschwindigkeit liegt bei 300 und 600 U/min. entsprechend des vorgenannten Achsenablaufs. Die Planscheiben-Planparallelität einschließlich Taumelfehler beträgt weniger als 5 Mikrometer und der Rundlauf der Mittenbohrung ≤ 2 Mikrometer. Die Formtoleranz der produzierten Teile lag unter 10 Mikrometer.

1. Einleitung

Die steigende Tendenz, Fräs- und Bohrmaschinen mit einer 4. und 5. Achse auszurüsten, zeigt den Erfolg dieser Technologie für die Massenproduktion. Das bei diesen Fertigungsverfahren erworbene Wissen und entsprechende Kenntnisse haben die Produktpalette vergrößert, und somit werden neue Produkte entwickelt bzw. deren spezifische Eigenschaften verbessert. Diesen Erfolg auf die Mikro-Herstellungstechnologie zu übertragen, bedeutet eine große Herausforderung.

Die besonderen Ansprüche der Mikro-Technologie sind einzigartig und haben im Vergleich zu den in der Massenproduktion definierten Parametern unterschiedliche Auslegungskriterien. "High speed cutting" ist eine unabdingbare Voraussetzung für das Erreichen von Konturtoleranzen und hochpräzisen Flächen, hat aber den Nachteil, dass niedrigere Vorschübe gefahren werden müssen, um das Verhältnis von Fräsleistung und Spindeldrehung auszugleichen. Folglich ist die Geschwindigkeit der drei Linearachsen höher, womit die Produktivität bei der Zerspaltung gesteigert wird. Weiterhin kann eine Genauigkeit im Submikron-Bereich nur erreicht werden, wenn eine Hochpräzisions-Werkzeugmaschine mit einer hermetischen Temperaturkontrolle während des Bearbeitungsprozesses ausgestattet wird.

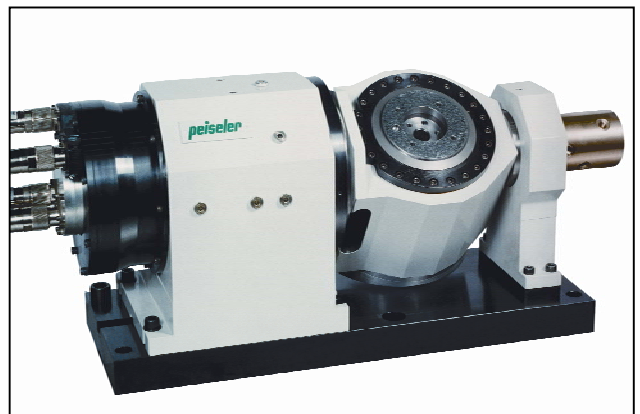


Abbildung 1: ZASD 125

Weiterhin kann eine Genauigkeit im Submikron-Bereich nur erreicht werden, wenn eine Hochpräzisions-Werkzeugmaschine mit einer hermetischen Temperaturkontrolle während des Bearbeitungsprozesses ausgestattet wird.

2. Direktantriebe - Vorteile und Nachteile

NC-Einheiten wie Tische, Kippvorrichtungen oder entsprechende Kombinationen sind im herkömmlichen Sinne so ausgelegt, dass diese über ein Getriebe mit Servoantrieben verfahren werden. Schneckenrad-Antriebe haben hinsichtlich Genauigkeit und Verkaufszahlen eine dominante Marktstellung.

Direkt- oder Drehmomentantriebe sind als gleichwertig zu betrachten und gelten zunehmend als Alternative für viele Anwendungen. Direktantriebe sind bürstenlose Drehstrom-Servoantriebe in Rundtischausführung. Innen ausgestattet ist der Antrieb mit einem Rotor mit Permanentmagneten, welche hauptsächlich aus Stahl und Neodym hergestellt sind, und einem Stator mit Ankerpaket. Die Auslegung ist dahingehend optimiert worden, um eine hohe Dichte der Kupferwindungen zu ermöglichen. Bei vielen Antrieben ist der Rotor innen und der Stator außen angebracht; bei diesem Antrieb allerdings wurde die Konstruktion geändert, was sich in der Praxis bewährt hat.

Die nachfolgend beschriebene Ausrüstung ist nach dem ersten und geläufigeren Konstruktionsprinzip ausgelegt. Jede Achse hat einen festen, am statischen Guss angebrachten Stator und eine Spindel oder Planscheibe, welche am Rotor im entsprechenden Zentrum angebracht ist.

Die Verwendung von Direktantrieben in Indexiereinheiten dienen zwei Anforderungen. Der Antrieb führt die Drehbewegung aus und ist in Verbindung mit dem Drehgeber die entsprechende Einheit, welche in einem genauen und gesteuerten Modus, ohne Getriebespiel und/oder Hysterese, positioniert.

Deshalb benötigen Drehmomentantriebe bei Betätigung einen im gesteuerten Modus betriebenen Inkremental- und Absolutgeber. Die Positioniergenauigkeit ist abhängig von der mechanischen Verarbeitung der NC- Einheit sowie der Messungengenauigkeit des Drehgebers. Drehgeber der höchsten Qualitätsklasse erreichen eine Bogengenauigkeit von $\pm 0,5$ Sek.; bei Einbau in direkt angetriebene Indexiereinheiten wird die obengenannte Genauigkeit erreicht.

Die Gesamteigenschaften direkt angetriebener Indexiereinheiten bieten, im Vergleich zum Stand der Technik, folgende Vor- und Nachteile. Die positiven Hauptmerkmale sind:

- Positionierung ohne Hysterese - höchste Präzision in beiden Richtungen,
- exzellenter Gleichlauf über einen breiten Winkelgeschwindigkeits - Bereich,
- hohe Winkelgeschwindigkeit,
- hochdynamische Eigenschaften,
- dauerhafte Genauigkeit mit langer Lebensdauer,
- servicefreundlicher Betrieb bedingt durch wenig Verschleißteile,
- geringes Gewicht und Größe der Einheit,
- durch die integrierte Ausführung sind die Anforderungen bezüglich einer "links/rechts" Auslegung nicht mehr notwendig.

Diese Vorteile müssen den Nachteilen, entsprechend der jeweiligen Anwendung und Last, gegenübergestellt werden:

- Steuerungsparameter sind lastabhängig, d.h. Last des Werkstücks und der Vorrichtungen,
- Versatztendenz ("coggin" unbekannt, AdÜ), abhängig von der Anzahl der Magnete und Steuerungsparametern,
- niedriges Drehmoment,
- Schwierigkeiten bei Betrieb mit Unwuchten bei Kippanwendungen,
- hohe Investitionskosten durch Zusatzausrüstungen, z.B. Absolutgeber, Kühlanlage, größere Antriebsaggregate,
- hoher Energiebedarf, entsprechend der niedrigen elektrische Effizienz des Antriebs,
- Notwendigkeit einer zusätzlichen automatischen Sicherheitsverriegelung, um Stromunterbrechungen zu erkennen.

Die Gesamtauslegung muss die Vorteile hervorheben und folglich die Nachteile minimieren. Neue Themen und Probleme müssen hinsichtlich den verbesserten Fähigkeiten direkt angetrie-

bener Indexiereinheiten im Vergleich zum Stand der Technik erörtert werden. Die hohe Winkelgeschwindigkeit der Planscheibe kann eine unterschiedliche Lagerausführung oder Spannkompone erforderlich machen; Ursachen hierfür sind Geschwindigkeit und Wärmeabstrahlung. Die Spannkompone verriegelt die Planscheibenposition im ungesteuerten Modus der Indexiereinheit.

3. Technische Daten der Ausrüstung

Zum einfacheren Verständnis wird die Kippachse als A-Achse und die Tischachse als C-Achse bezeichnet, entsprechend der DIN-Spezifikation für eine vertikale Maschine. Die Einheit ist seit ein paar Monaten in Betrieb. Am Anfang wurden hauptsächlich Turbolader – Flügelräder (Werkstoff Aluminium) sowie weitere Teile aus der Luft- und Raumfahrtindustrie konturgesteuert gefertigt.

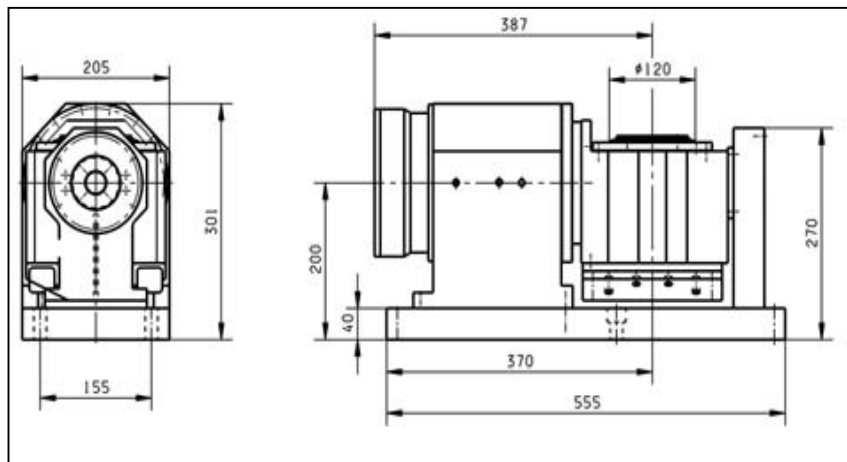


Abbildung 2: Abmessungen ZASD 125

Zusätzliche Versuche mit anderen Materialien wie Stahl, Gusseisen etc. wurden erfolgreich abgeschlossen. Die optimalen technischen Eigenschaften einer direkt angetriebenen NC-Dreh-Schwenkeinheit, ausgelegt für hoch- präzise Bearbeitungsprozesse, sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die technischen Daten der Direktantriebe stellen Standarddaten dar, welche vom Antriebshersteller für den Dauerbetrieb gewährleistet werden.

Allerdings können diese Daten, wie folgend aufgezeigt, wesentlich übertroffen werden:

Technische Eigenschaften	A-Achse	C-Achse	Einheit
Lagerdurchmesser	170 x 100	120 x 70	mm
Durchmesser Mittenbohrung		18	mm
Umdrehungen pro Minute	211	600	U/min.
Tragfähigkeit		20	Kg
Massenträgheitsmoment		0,02	kgm ²
Axiallast		5.000	N
Kippmoment Drehachse		500	Nm
Tangentialmoment mit Klemmung	730	320	Nm
Tangentialmoment ohne Klemmung	40	17	Nm
Teilgenauigkeit /direkter Drehgeber		±0,5	"
Wiederholgenauigkeit		±0,1	"
Rundlauf Aufnahmedurchmesser		≤2	μ
Planparallelität einschließlich Taumel		≤5	μ

4. Ergebnisse und Perspektiven

Die Geschwindigkeits- und Zeitwerte auf den folgenden Diagrammen sind mit einer 840 D Siemens Steuerung und ohne Last erreicht worden. Position, Beschleunigung und Ruckverhalten sind integriert oder aus $v(t)=v_e \sin^2\omega_e t$ errechnet. Das Leistungsniveau des Direktantriebs lag über der empfohlenen Höchstgrenze des Antriebshersteller. Die vom Antriebshersteller empfohlene maximale Betriebsleistung ist als „Sicherheitswert“ zu betrachten und für die Versuche wurde eine Ausnahme gemacht.

Die folgenden Diagramme zeigen die hochdynamischen Eigenschaften der direkt angetriebenen NC-Dreh-Schwenkeinheit. Die C-Achse hat eine durchschnittliche Beschleunigung von 9 g und ein Ruckverhalten von 11,707 m/s³ (Referenzdurchmesser 75 mm). Die A-Achse hat eine durchschnittliche Beschleunigung von 2,3 g mit Spitzen über 3 g und ein Ruckverhalten von 530 m/s³ (Referenzdurchmesser 220 mm). Der Temperaturunterschied bei der Zuführung und Ableitung des Kühlmittels lag unter 4°.

Die betriebene Einheit ist mit Drehgebern mit einer Genauigkeit von $\pm 10''$ ausgerüstet (keine Sonderausführung für eine erhöhte Genauigkeit). Der Hersteller bestätigt, dass die Formtoleranz der Teile, welche im simultanen 5-Achsbetrieb gefertigt wurden, unter 10 Mikron liegt.

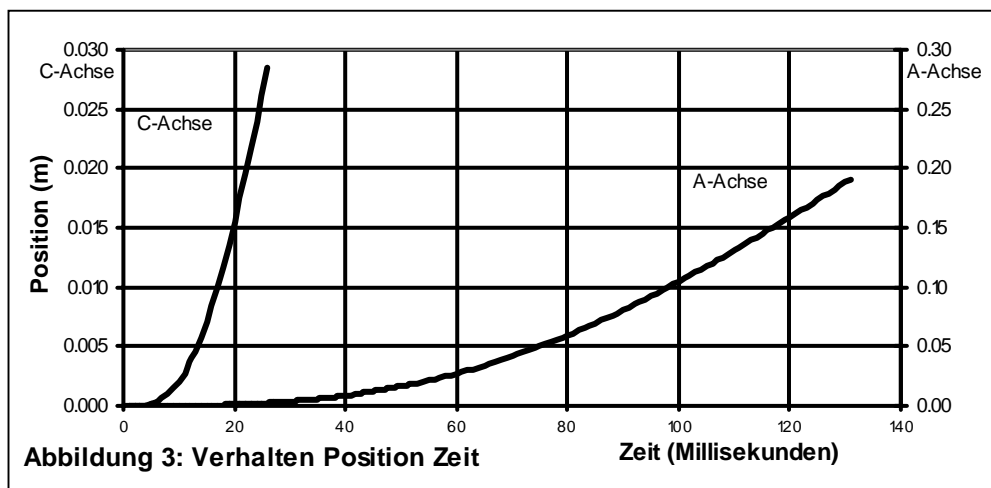


Abbildung 3: Verhalten Position Zeit

Zeit (Millisekunden)

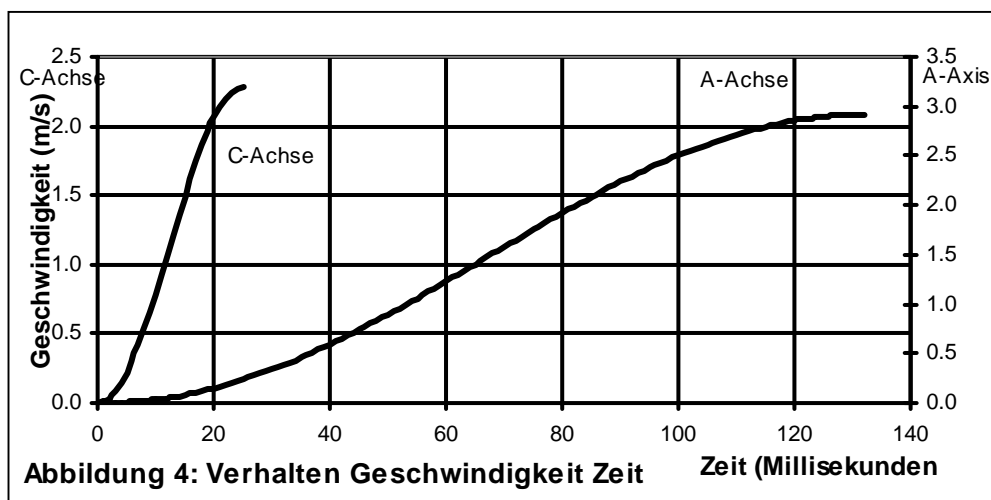
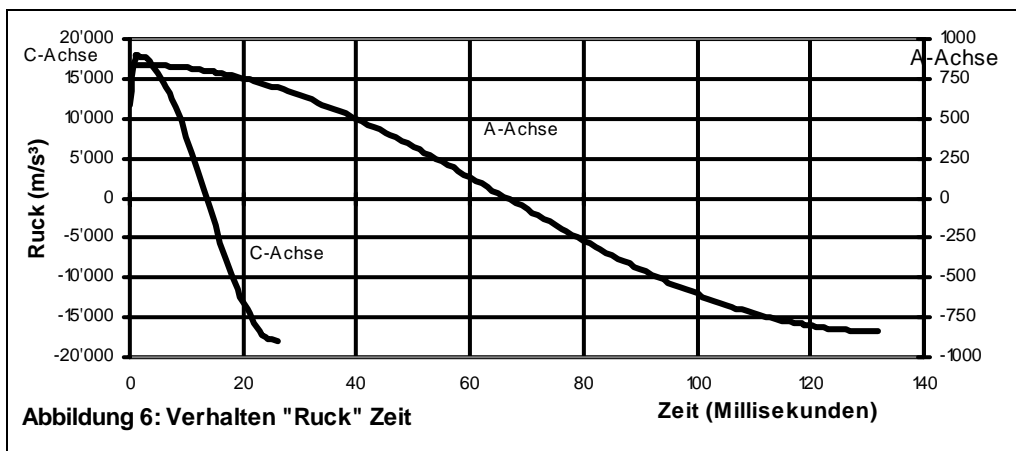
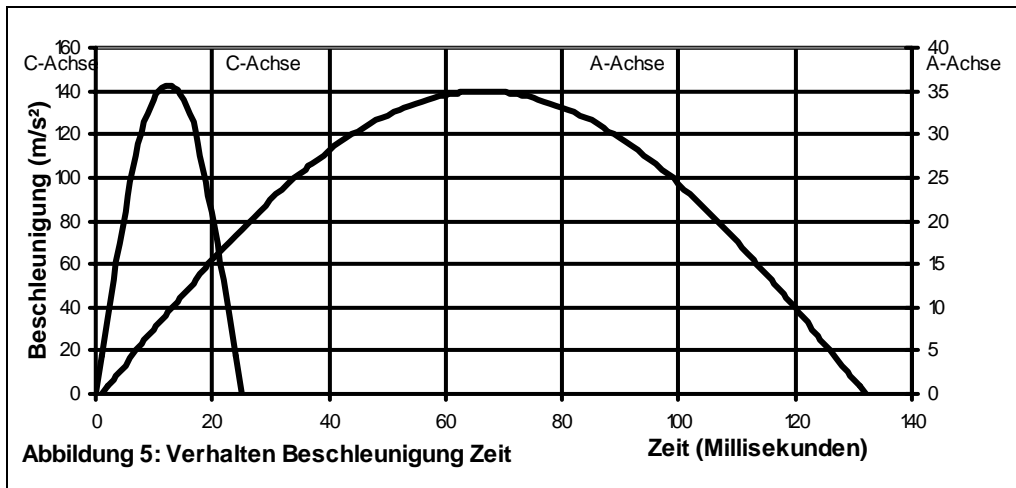


Abbildung 4: Verhalten Geschwindigkeit Zeit

Zeit (Millisekunden)



Diese Technologie ist einer ständigen Weiterentwicklung unterworfen. Eine Einheit mit einem Planscheibendurchmesser von 160 mm wird gerade entwickelt. Die technischen Eigenschaften der C-Achse bleiben unverändert. Die A-Achse wird mit einer verbesserten Dynamik ausgestattet. Die Tisch-Planscheibe ist auf die Mittellinie der A-Achse angepasst, ein Vorteil für die simultane 5-Achsenbearbeitung. Studien mit hydraulischen Lagern für Indexiereinheiten mit Direktantrieben werden momentan durchgeführt und können ebenfalls zu neuen Varianten führen.

Peiseler GmbH & Co. KG
 Morsbachtalstraße 1 + 3
 D-42855 Remscheid

Röhm Spanntechnik AG
 Postfach 89/Feldstrasse 39
 CH-3360 Herzogenbuchsee

Tel. 0049 – (0)2191 – 913 0
 Fax 0049 – (0)2191 – 913 164

Tel. 062 956 30 20
 Fax 062 956 30 29

Peiseler.rs@peiseler.de
www.peiseler.de

roehmch@roehm-spanntechnik.ch
www.roehm-spanntechnik.ch