



HEIDENHAIN-Achsmotoren für die Werkzeugmaschine

Entscheidend für die Fertigungsqualität

HEIDENHAIN-Achsmotoren für die Werkzeugmaschine

Entscheidend für die Fertigungsqualität

Für mehr Genauigkeit und Oberflächenqualität investieren zerspanende Betriebe viel Zeit und Aufwand: in Werkzeugmaschinen, Steuerungen mit speziellen Funktionen und Optionen, Werkzeuge, Messtechnik und natürlich die Mitarbeiterqualifikation. Aber auch die Achsmotoren haben einen großen Einfluss auf die Fertigungsqualität.

Um ausgezeichnete Bearbeitungsergebnisse bei der spanenden Fertigung zu erhalten, müssen alle Komponenten einer Werkzeugmaschine auf diese besondere Anforderung abgestimmt und dafür ausgelegt sein. Das gilt auch für die Achsmotoren. Entscheidende Kriterien sind neben dem Maximalmoment des Motors vor allem das Trägheitsverhältnis zwischen Motor und Last und die Momentenwelligkeit. Denn sie haben direkte Auswirkungen auf die Qualität des zu fertigenden Werkstücks.

Speziell für die Werkzeugmaschine ausgelegte Achsmotoren wie die HEIDENHAIN-Motoren der Baureihe QSY bieten ein ausgewogenes Trägheitsmoment und eine sehr niedrige Momentenwelligkeit für ausgezeichnete Bearbeitungsergebnisse und dynamische Bewegungsführung. Damit überzeugen sie durch ausgewogene Störsteifigkeit und Beschleunigungsfähigkeit sowie geringe Momentenwelligkeit. Für den Einsatz in der Werkzeugmaschine sind außerdem hochgenaue optische Geber und eine hohe mechanische Steifigkeit sehr vorteilhaft.



Störungsunempfindlich

Die Störsteifigkeit eines Systems ist entscheidend für die Unempfindlichkeit gegen Störungen durch Schwingungen oder Fräskräfte. Je größer die Störsteifigkeit, desto besser. Die Störsteifigkeit wiederum wird maßgeblich vom Trägheitsverhältnis zwischen Motor und bewegter Masse der Vorschubachse (Last) beeinflusst. Das heißt: Je größer der Motor im Vergleich zur Last ist, desto größer ist auch die Störsteifigkeit des Systems gegenüber schwankenden Fräskräften oder Vibrationen. Abbildung 1 zeigt abhängig vom Trägheitsverhältnis zwischen Motor und Last, wie groß ein sprungartiger Lastwechsel sein muss, um in einem Antrieb kurzzeitig eine vorgegebene Positionsabweichung zu erzeugen.

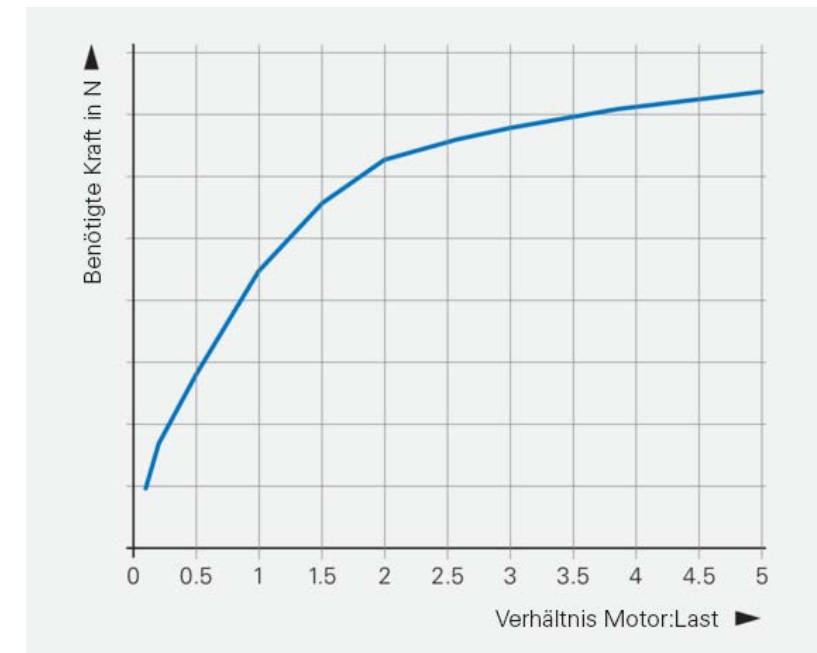


Abbildung 1

Benötigter sprungartiger Lastwechsel für eine vorgegebene Positionsabweichung in Abhängigkeit vom Trägheitsverhältnis zwischen Motor und Last

Bei großen Unterschieden zwischen Motor- und Lastträgheit ist allerdings zusätzlich eine Reduzierung der Reglerverstärkungen notwendig. Sie führt zu einer geringeren Störsteifigkeit, sodass das Gesamtsystem bei Störeinträgen auf der Lastseite – z. B. durch Fräskräfte oder Schwingungen – wieder stärker reagiert. Daher sollte für Werkzeugmaschinen ein ausgewogenes Trägheitsverhältnis zwischen Motor und Last gewählt werden. Es stellt eine ausreichend hohe Störsteifigkeit sicher, um das Gesamtsystem so unempfindlich gegen äußere Einflüsse auf der Lastseite zu machen, dass diese keine Auswirkungen auf das Bearbeitungsergebnis haben und gleichzeitig mit hohen Reglerverstärkungen gearbeitet werden kann.



Dynamisch

Zusätzlich würde eine Auslegung mit möglichst großem Motorträgheitsmoment der Anforderung nach einer möglichst hohen Beschleunigungsfähigkeit widersprechen. Die Trägheit des Motors hat nämlich auch erheblichen Einfluss auf die Beschleunigungsfähigkeit des Gesamtsystems. Diesen direkten Zusammenhang zeigt ein Blick auf die Formel zur Berechnung der Beschleunigungsfähigkeit und auf Abbildung 2:

$$\dot{\omega} = \frac{M_{max}}{(J_{Last} + J_{Motor})}$$

Bei einem gegebenen Maximalmoment des Motors M_{max} und einer vorgegebenen Lastträgheit J_{Last} verringert sich die Beschleunigungsfähigkeit $\dot{\omega}$ des Gesamtsystems, wenn sich die Motorträgheit J_{Motor} erhöht. Das heißt im Umkehrschluss ganz einfach: Ein Motor mit geringer Trägheit liefert eine höhere Beschleunigung. Denn je größer die Eigenträgheit des Motors ist, desto mehr Moment muss der Motor aufbringen, um eine gegebene Last wie gewünscht zu beschleunigen.

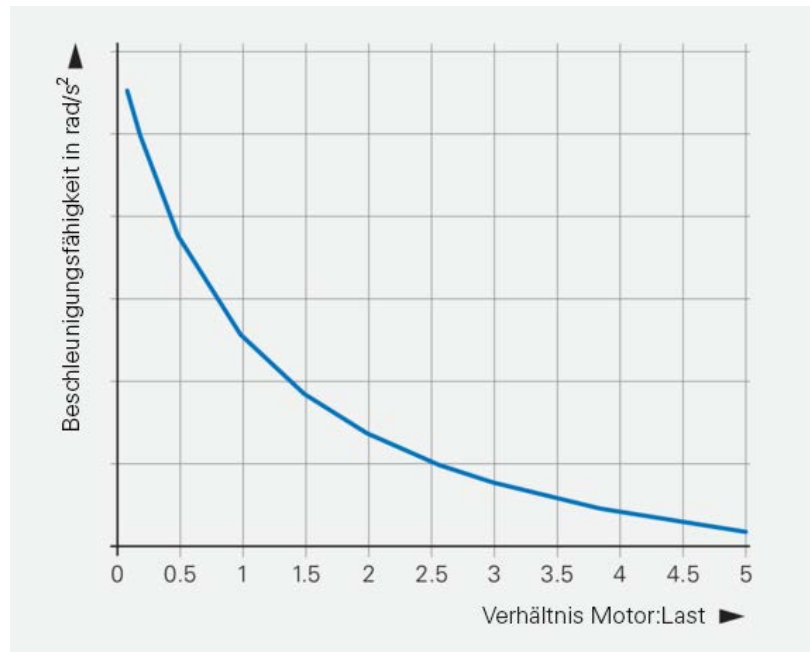


Abbildung 2

Entwicklung der Beschleunigungsfähigkeit eines Motors in Abhängigkeit vom Trägheitsverhältnis zwischen Motor und Last

Mit dem aufzubringenden Moment hält nun auch die Wirtschaftlichkeit Einzug in die Betrachtungen: Je größer das Maximalmoment sein soll, desto teurer wird der Motor. Denn die Leistungssteigerung verlangt nach mehr oder besseren magnetischen Werkstoffen für größere oder optimierte Motoren. Somit sprechen auch das Beschleunigungsverhalten und die Kosten für ein ausgewogenes, an den Einsatzzweck angepasstes Verhältnis zwischen Motor und Last.

Gleichmäßig

Neben den bisher beschriebenen äußeren Einflüssen kann auch der Motor selbst Störungen in das System einbringen, die Auswirkung auf die Bearbeitung und die Oberflächenqualität eines Werkstücks haben. Entscheidend ist hier vor allem die Momentenwelligkeit, die Motoren trotz eines sinusförmigen Stroms erzeugen. Das abgegebene Motormoment schwankt somit leicht über einer vollständigen Umdrehung der Motorwelle.

Für die Vergleichsmessungen zur Untersuchung der Momentenwelligkeit verschiedener Motorenkonzepte wurde die Z-Achse einer Werkzeugmaschine bei ansonsten gleichbleibendem Aufbau und identischen Versuchsbedingungen zunächst von einem HEIDENHAIN-Achsmotor für die Werkzeugmaschine und anschließend von einem nicht für die Werkzeugmaschine ausgelegten, lediglich für diesen Einsatzzweck adaptierten Achsmotor aus der Automatisierung angetrieben. Bearbeitet wurde eine schräge Fläche an einem Musterwerkstück. Dazu wurde die Z-Achse beim Abzeilen mit einem Vorschub $F = 6250 \text{ mm/min}$ um 60 mm in Y-Richtung und 17,5 mm in Z-Richtung verfahren.

Die Untersuchungen belegen die erwarteten Effekte der Momentenwelligkeit nicht nur anhand der Messdaten zur Konturabweichung (Differenz zwischen tatsächlich gefräster und gewünschter Bahn, Abb. 3), sondern auch sichtbar auf der Oberfläche des Testwerkstücks.

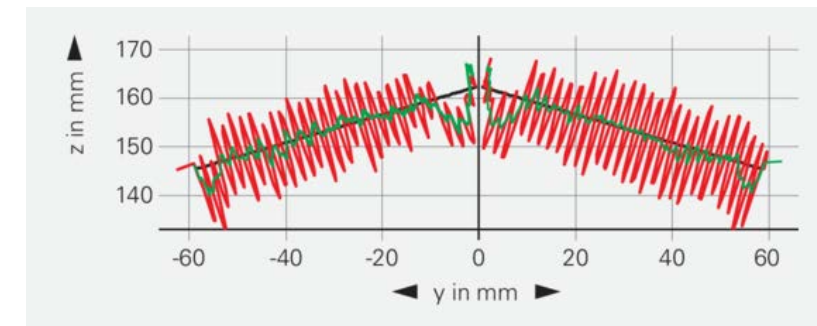


Abbildung 3

Bei der Versuchsbearbeitung gemessene Konturabweichungen: HEIDENHAIN-Achsmotor mit geringer Momentenwelligkeit (grüne Linie), adaptierter Motor mit deutlich höheren Abweichungen (rote Linie), Überhöhungsfaktor der Konturabweichung: 1000





Versuchsaufbau: Bearbeitung einer schrägen Fläche mit unterschiedlichen Motorenkonzepten an der Z-Achse

Der für die Werkzeugmaschine optimierte HEIDENHAIN-Achsmotor verfügt über eine niedrige Momentenwelligkeit und erzeugt eine gleichmäßig ansteigende Oberfläche ohne sichtbare Schattierungen (Abb. 5).

Beim lediglich für die Werkzeugmaschine adaptierten Achsmotor aus der Automatisierung sind die Effekte der Momentenwelligkeit in Form von Schatten auf der schrägen Oberfläche deutlich sichtbar (Abb. 6).

In Messwerten ausgedrückt: Im Bereich der optisch sichtbaren Störungen erreicht der HEIDENHAIN-Achsmotor eine effektive Konturabweichung von $0,2\text{ }\mu\text{m}$. Beim für die Werkzeugmaschine adaptierten Achsmotor beträgt dagegen die effektive Abweichung $1,2\text{ }\mu\text{m}$ und ist damit um mehr als Faktor 5 größer.

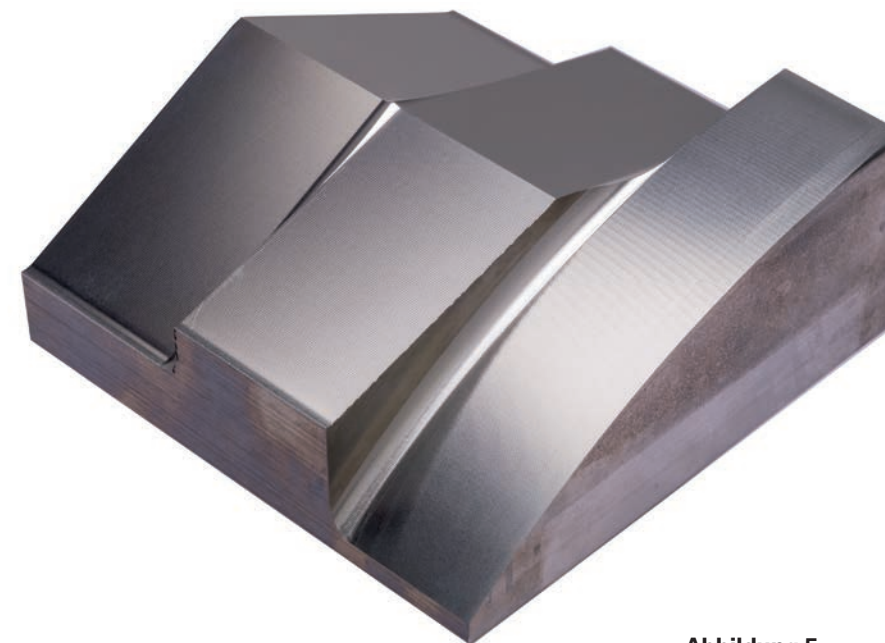


Abbildung 5
Der speziell für die Werkzeugmaschine ausgelegte Achsmotor von HEIDENHAIN erzeugt eine gleichmäßig ansteigende Oberfläche ohne sichtbare Schattierungen.

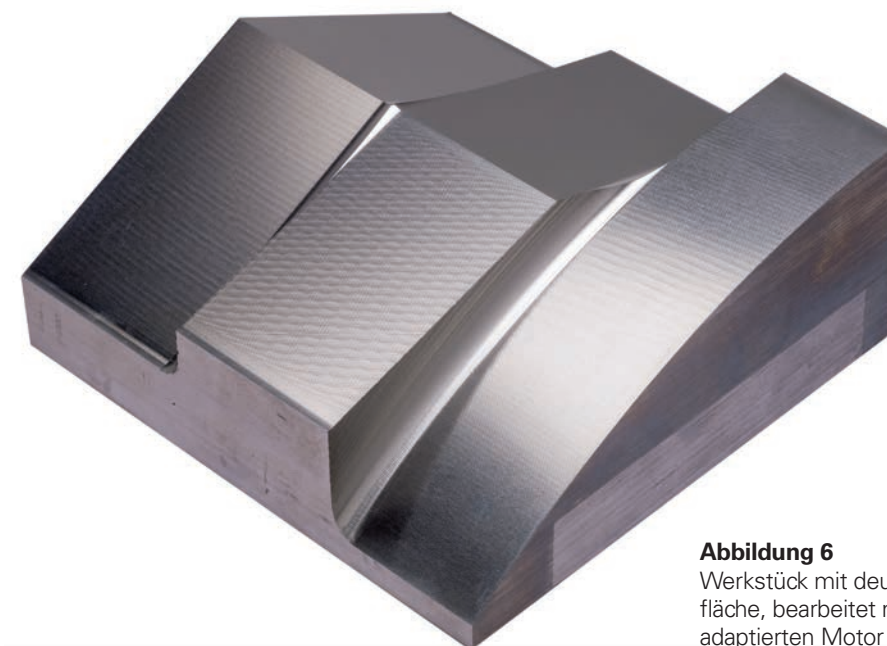


Abbildung 6
Werkstück mit deutlich sichtbaren Schatten auf der schrägen Oberfläche, bearbeitet mit einem lediglich für die Werkzeugmaschine adaptierten Motor aus der Automatisierungstechnik





HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 8669 31-0

☎ +49 8669 32-5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de