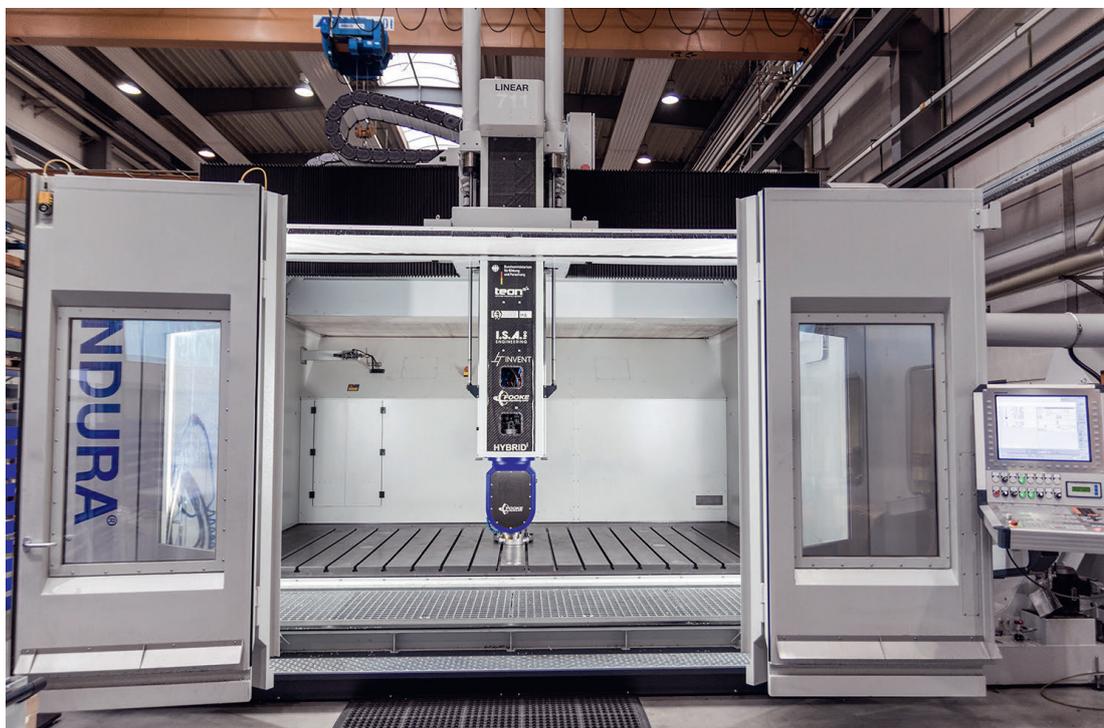


Großteilebearbeitung ■ Portalfräsmaschinen ■ hybrider Leicht-Werkzeugmaschinenbau

CFK steigert die Systemdynamik

Im Rahmen eines Projekts konnte nachgewiesen werden, dass der Einsatz von CFK anstelle von Guss bei der Gestaltung des Z-Schlittens einer Portalfräsmaschine mehrere Vorteile mit sich bringt: Dynamik und Oberflächengüte steigen, Wärmegang und Energieverbrauch sinken.

von Matthias Müller und Jesper de Wit



1 Endura 711 Linear Hybrid von Fooke: Die Portalfräsmaschine für die Großteilebearbeitung profitiert vom Einbau eines Z-Schlittens aus CFK statt aus Stahlguss in Form von höherer Systemdynamik, geringerem Energieverbrauch, besserer Oberflächengüten am Werkstück und reduziertem Wärmegang (© Fooke)

Faserverbundkunststoffe (FVK) haben sich längst in der Luft- und Raumfahrt etabliert und erobern zurzeit den Automobilsektor. Doch auch im Maschinen- und Anlagenbau werden die hervorragenden Eigenschaften dieses Materials interessiert beobachtet, was bereits zu ersten Anwendungen in diesem Bereich geführt hat. Hierbei sind Entwicklungen von Produktionsanlagen, welche mit Elementen in Leichtbauweise ausgestattet sind, das vorrangige Ziel von Ausrüstern im Maschinen- und Anlagenbau.

Als Vorzugsmaterial im Maschinen- und Anlagenbau hat sich standardmäßig der Werkstoff Stahl etabliert. Stahl hat den Vorteil, dass er kostengünstig und leicht zu verarbeiten ist. Allerdings ist Stahl ein massiver Werkstoff, der insbesondere die Dynamik der Produktionssysteme begrenzt sowie sensibel gegenüber unterschiedlichen Temperatureinflüssen und -änderungen reagiert.

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekt HYBRIDI wurde daher die Integration von Faser-

verbundwerkstoffen in eine Portalfräsmaschine der Firma Fooke als Ziel definiert, um die Vorteile hinsichtlich einer Massenreduzierung und Dynamiksteigerung zu erforschen. Konkret wurde der vertikale Guss-Z-Schlitten durch eine hybride Mischbauweise substituiert. Ein Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK) dient hierbei als Grundwerkstoff, der durch gezielten Einsatz metallischer Anbindungs- und Stützelemente verstärkt wird. Zusätzlich wurde ein Sensornetzwerk entwickelt, appliziert und in den Z-Schlitten integriert.

Bauweise und Randbedingungen

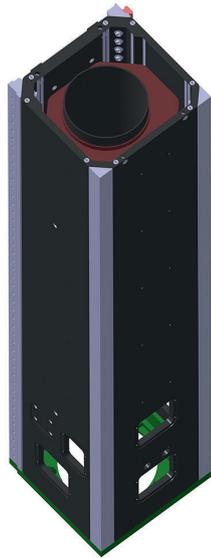
Die Randbedingungen und Geometrie der entwickelten hybriden Z-Achse wurden von einer existierenden Gussstahl-Variante der Fooke GmbH übernommen um einen Einbau in eine Portalfräsmaschine zu gewährleisten. Zunächst führte die Invent GmbH Grundlagenuntersuchungen zum Material- und Schnittstellenverhalten durch. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden Material- und Strukturmodelle erstellt, die mit folgenden Zielsetzungen im Vergleich zur konventionellen Guss-Z-Achse abgeglichen wurden:

- Massenreduzierung um mindestens 20 Prozent
- gleiche statische Steifigkeiten am Tool-Center-Point (TCP)
- gleicher Bauraum sowie gleiche Schnittstellen und Zugänglichkeit zur Peripherie

Die Auslegung des hybriden CFK-Z-Schlittens mittels FE-Analysen und hinsichtlich Materialauswahl wurde von Invent durchgeführt, das Design in enger Abstimmung mit Fooke erstellt. Das Konzept sieht einen CFK-Grundkorpus vor, an dessen Ecken individualisierte Stahlschienen befestigt wurden. Zusätzlich sind horizontale Querbleche aus Aluminium in verschiedenen Höhen des Z-Schlittens verbaut, um eine hohe Torsions- und Querschnittssteifigkeit zu realisieren. Die Aluminiumbleche haben jeweils eine kreisrunde Öffnung, in der ein Rohr aus CFK integriert ist. Dieses CFK-Rohr ermöglicht eine verschleißfreie Führung der Energiekabel und Medienschläuche. Der Fräskopf wird an eine Stahlplatte befestigt, welche an der Unterseite des CFK-Grundkörpers befestigt wurde.

Fertigungsschritte und Sensornetzwerk

Die Fertigung der hybriden CFK-Z-Achse hat sich auf diverse Fertigungsstufen unterteilt. Invent konzentrierte sich auf die Fertigung der FVK-Strukturteile und Fooke auf die Herstellung der metallischen Bauteile. Um die zu Projektbeginn festgelegten Randbedingungen, insbesondere der statischen Steifigkeit, zu erreichen, wurden Wandstärken aus CFK mit bis zu 40 mm gefertigt. Auf der Innenseite des CFK-Grundkörpers wurde das auf Piezokeramiken basierende



2 Hybride CFK-Z-Achse: die FE-gestützte Auslegung sowie Grundlagenuntersuchungen zum Material- und Schnittstellenverhalten des Schlittens wurden bei Invent vorgenommen, das Design erfolgte in enger Abstimmung mit Maschinenhersteller Fooke (© Fooke)

Netzwerk appliziert. Die Positionen der Sensornetzwerke wurden nach Auswertung einer FE-basierten Modalanalyse festgelegt. Dieses Netzwerk erfasst während der Fräsarbeiten Spannungssignale, die mit den wirkenden Prozesskräften korreliert werden. Die Signale können für eine Tool-Center-Point-Kompensation genutzt werden.

Technische Ergebnisse

Nach Abschluss der Fertigung des hybriden CFK-Z-Schlittens wurde eine Massenreduzierung des Z-Schlittens von 52 Prozent erzielt, was deutlich über den zu Beginn definierten Anforderungen lag. Die Integration der hybriden CFK-Z-Achse und die Inbetriebnahme in das Gesamtmaschinensystem verliefen planmäßig. Um die neu entwickelte hybride Z-Achse zu bewerten, wurden zahlreiche messtechnische Untersuchungen am Gesamtmaschinensystem mit integrierter Guss-Z-Achse sowie mit hybrider CFK-Z-Achse durchgeführt und gegenübergestellt.

Insgesamt ergeben sich aus der neu entwickelten hybriden Z-Achse zahlreiche technische Vorteile. Infolge der deutlich geringeren Z-Schlitten-Masse sinkt der Energieverbrauch der Gesamtmaschine um bis zu zehn Prozent. Für die Lebensdauer einer Fooke-Fräsmaschine kann dies Einsparungen von mehreren Zehntausend Euro bedeuten.

Weiterhin verringert sich der Betrag der Tool-Center-Point-Verlagerung infolge äußerer Temperatureinflüsse im Rahmen von Referenzversuchen um bis zu 80 Prozent. Dies spielt insbesondere für Unternehmen eine große Rolle, deren Hallen nicht klimatisiert sind, aber hohen Genauigkeitsanforderungen genügen müssen. Zudem wurde in vielen

Referenzfräsversuchen nachgewiesen, dass sich das dynamische Verhalten der Fräsmaschine verbessert. Dank eines optimierten Verhältnisses von statischer Steifigkeit zur Masse reduziert sich zudem die Überschwingweite, die einen großen Einfluss auf die Oberflächenqualität hat. Die Steigerung der Oberflächenqualität konnte mittels mikroskopischer Aufnahmen nachgewiesen werden.

Ausblick

Innerhalb des Forschungsprojekts konnten die Vorzüge einer Substitution von Guss- durch FVK-Strukturbauteilen innerhalb einer Werkzeugmaschine nachgewiesen werden. Neben den technischen Mehrwerten gilt es aber auch die wirtschaftlichen Faktoren zu bewerten. Aufgrund des Prototypenstatus der gefertigten CFK-Z-Achse übersteigen deren Gesamtkosten jene der Referenzgussachse. Um die neu entwickelte Z-Achse zur Marktreife zu bringen, sind weitere kommerzielle Entwicklungsarbeiten notwendig. Eine weitere Möglichkeit wäre auch ein Öffnen des Bau-raums der Peripherie, um die Vorteile der Faserverbundbauweise weiter auszuspielen. Hier liegt der Fokus auf die weitere Vorgehensweise, schließlich möchte Fooke seinen Kunden einen technischen Mehrwert bieten, der einen frühzeitigen Return of Investment (ROI) enthält. ■

INFORMATION & SERVICE



HERSTELLER

Fooke GmbH
46325 Borken
Tel. +49 2861 8009-0
www.fooke.de

PROJEKTPARTNER

Invent GmbH
38112 Braunschweig
Tel. +49 531 24466-0
www.invent-gmbh.de

DIE AUTOREN

B. Eng. Matthias Müller ist Mitarbeiter im Bereich Technische Entwicklung bei Fooke in Borken
info@fooke.de

Jesper de Wit ist Mitarbeiter bei Invent in Braunschweig
info@invent-gmbh.de