

Schlussbericht zum AiF-Forschungsvorhaben 16612 N

Erhöhung der Maschinen- und Prozesssicherheit durch Sensorintegration in die Werkzeugspindeln von Bearbeitungszentren sowie Hobel- und Kehlmaschinen

Durchgeführt von:

Technische Universität Braunschweig
Institut für Werkzeugmaschinen und
Fertigungstechnik

Langer Kamp 19 B
38106 Braunschweig

Tel.: (0531) 391 7601
Fax: (0531) 291 5842

E-Mail: IWF-Braunschweig@tu-braunschweig.de

Web: www.tu-bs.de/iwf

Dr.-Ing. H.-W. Hoffmeister
Dipl.-Ing. M. Luig (FH)

Fraunhofer-Institut für Schicht- und
Oberflächentechnik

Bienroder Weg 54E
38108 Braunschweig

Tel.: (0531) 2155 0
Fax: (0531) 2511 900

E-Mail: info@ist.fraunhofer.de

Web: www.ist.fraunhofer.de

Dr.-Ing. S. Biehl
Dipl.-Ing. C. Rumposch

Projektlaufzeit:

01.07.2010 – 31.12.2012



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



ALLIANZ
INDUSTRIE
FORSCHUNG



Internationaler Verein für
Technische Holzfragen

Zusammenfassung

In dem vorliegenden Forschungsvorhaben wurde eine Erhöhung der Maschinen- und Prozesssicherheit durch Sensorintegration in die Werkzeugspindeln von Bearbeitungszentren sowie Hobel- und Kehlmaschinen angestrebt. Dazu wurde zunächst eine Fehleranalyse durchgeführt, welche die Einfluss- und Störgrößen bei der Bearbeitung mit Hohlschaftkegel-Spannsystemen (HSK) aufzeigt. Dabei konnte festgestellt werden, dass sämtliche dargestellten Größen auf zwei Belastungszustände zurückgeführt werden können. Zum einen führen Abweichungen der Spannkraft bzw. axiale Vorschubkräfte zu einer Änderung der Druckspannung auf die Plananlage der HSK-Aufnahme. Zum anderen resultieren sämtliche Szenarien zum Auftreten einer Unwucht in einem Biegemoment, welches auf die gesamte Spindel wirkt.

Zur messtechnischen Erfassung dieser Belastungszustände wurde ein robustes, kompaktes Dünnschichtsensormodul entwickelt, welches direkt auf die Plananlage der Spindelwelle appliziert werden kann. Die Herausforderung dabei war, ein piezoresistives und zugleich verschleißfestes Dünnschichtsensormodul auf der Stirnfläche der Spindel zu applizieren, welches vollständig elektrisch isoliert von der Maschinenmasse funktioniert. In allen bisherigen Anwendungen wurde die Grundkörpermasse zur Kontaktierung herangezogen. Da bisher nur kleinere Substrate mit sensorischen Dünnschichtsystemen beschichtet wurden, machte die große Bauform der Spindelwelle es erforderlich auf Beschichtungsanlagen mit größeren Kammervolumina überzugehen. Für diese wurden neue Prozessparameter entwickelt. Darüber hinaus lag eine besondere Herausforderung darin, Mikrostrukturen (Bild 1) auf die Stirnfläche der Spindel zu fertigen. Da die Spindelgeometrie und -masse das Handling erschwerten, war es erforderlich neue Belackungs- und Belichtungsverfahren zu entwickeln.



Bild 1: Elektrodenstruktur auf der Stirnfläche der Spindelwelle

Die Konstruktion der sensorintegrierten Werkzeugspindeln (Bild 2) erfolgte anhand konventioneller Spindeln für Bearbeitungszentren sowie Hobel- und Kehlmaschinen. Dazu wurden die Spindelwellen dahingehend modifiziert, dass das Dünnschichtsensormodul, die Elektronik, die Verkabelung, die Energie- und die Datenübertragung integriert werden konnten. Die Konstruktionsdaten wurden von den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses zur Verfügung gestellt. Durch eine numerische Modalanalyse konnte gezeigt werden, dass sich keine signifikante Änderung der Eigenfrequenz durch die Modifikation der Spindelwelle einstellt.

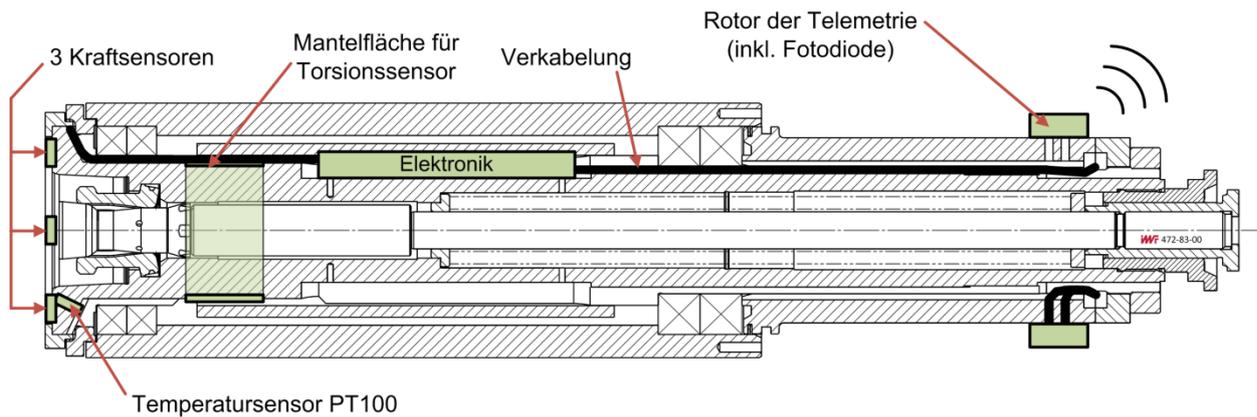


Bild 2: Sensorintegrierte Werkzeugspindel für Hobel- und Kehlmaschinen

Die Strategie zur messtechnischen Erfassung der Druckbelastung sowie des Biegemomentes beruht im Wesentlichen auf drei um 120° zueinander angeordneten Sensoren auf der Plananlage. Durch ein entsprechendes Berechnungsmodell wurde dargelegt, dass eine solche Anordnung ausreicht, um eine axial wirkende Kraft, ein Biegemoment auf die Spindelwelle sowie dessen Richtung bestimmen zu können. Auf Basis dieser Grundlage wurde eine Mess- und Diagnosesystem vorgestellt, mit welchem alle relevanten Messgrößen erfasst und analysiert werden können. Nach der Applikation der Dünnschichtsensorik auf die Spindelwelle konnte leider nur ein Sensor mit vollständiger Funktion nachgewiesen werden. Dieser Sensor wurde schließlich zur Kalibrierung und zur Durchführung der Versuche herangezogen.

Zur Kalibrierung der Dünnschichtsensorik in Bezug auf die unterschiedlichen mechanischen und thermischen Belastungen wurde die Sensorspindel zunächst in verschiedene Prüfstände integriert. Für die mechanischen Belastungen sind insbesondere die Kennlinien gegenüber einer axialen Spannkraft, dem Drehmoment sowie einem statischen und dynamischen Biegemoment aufgeführt. Darüber hinaus konnte die Kennlinie des thermischen Verhaltens des Kraftsensors ermittelt werden. Dieses Verhalten konnte erfolgreich mit Hilfe eines PT1000-Temperatursensors kompensiert werden.

Schließlich wurde die sensorintegrierte Werkzeugspindel in eine Hobel- und Kehlmaschine integriert und die Anbindung der Auswerteeinheit an die Not-Aus-Schaltung der Maschine erläutert. In den Versuchen unter realen Bearbeitungsbedingungen konnte gezeigt werden, dass bei einem Werkzeug mit einer Gesamtmasse von 33,46 kg eine Unwucht mit einer Unwuchtmasse von nur 25,24 g detektiert werden kann. Darüber hinaus konnte in Hobelversuchen mit einer Schnitttiefe von 2 bzw. 4 mm gezeigt werden, dass das Drehmoment in Abhängigkeit der Schnitttiefe erfasst werden kann.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben 16612 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V. (iVTH) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsförderung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V.,
Bienroder Weg 54E, 38108 Braunschweig