

# Entwicklung eines modular aufgebauten elektronischen In-Prozess-Kraftmess-, Signalerfassungs- und Überwachungssystems an Mehrspindelbohrköpfen

## Ausgangssituation

Bei der Anwendung von Mehrspindelbohrköpfen kommt zeitgleich eine größere Anzahl von Spindeln mit den jeweiligen Bohrungswerkzeugen während des Bearbeitungsprozesses zum Einsatz. Aufgrund der gleichzeitig im Einsatz befindlichen Werkzeuge ist es schwierig während des Prozesses festzustellen, wann eines von den parallel eingesetzten Werkzeugen defekt oder verschlissen ist. Mittels prozessbegleitenden Prüfverfahren, wie der akustischen Emission oder der Wirkstromüberwachung ist ein möglicher Fehler aufgrund der vorhandenen Signalauflösung der Sensoren kaum feststellbar. Es besteht daher die Aufgabe, die Überwachung jeder einzelnen Spindel mit dem zugehörigen Bohrungswerkzeug zu erreichen, um bei einem Werkzeugausbruch oder stärkerem Verschleiß unmittelbar den Bearbeitungsprozess stoppen zu können. Damit soll verhindert werden, dass erst durch die Qualitätskontrolle des bearbeiteten Werkstücks festgestellt wird, ob ein fehlerbehaftetes Werkzeug zum Einsatz gekommen ist.

## Zielstellung

Beim industriellen Zerspanprozess unter Anwendung von Mehrspindelbohrköpfen soll mit Hilfe einer Axialkraftüberwachung für jede einzelne Spindel und übergeordneter Signalerfassungs- und Auswerteeinheit der Kraftverlauf mehrkanalig erfasst und gegenüber der verfahrenstechnisch erlaubten Betriebskennlinie des Kraftweg- bzw. Kraft-Zeit-Verlaufes mittels eines Toleranzbandes überwacht und geregelt werden. Wenn die erlaubten Kennfelder des Verlaufs der Axialkraft beim Zerspanprozess nicht erreicht bzw. unter- oder überschritten werden, soll über die Maschinensteuerung unmittelbar der Zerspanprozess in der Maschine gestoppt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, muss in mehreren Schritten die Entwick-

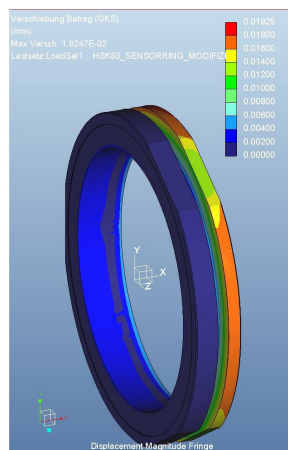


Bild 1: Simulationsberechnung des Kraftmessringes

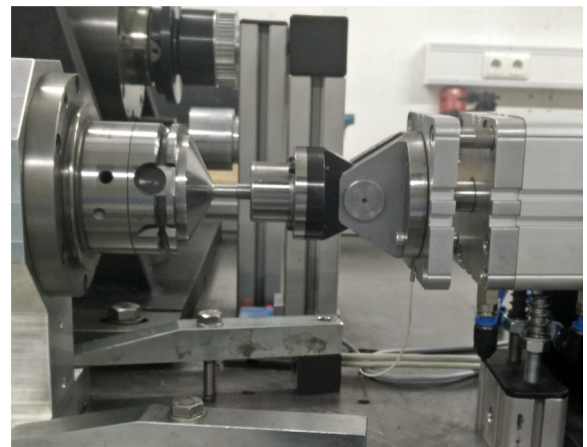


Bild 2: Belastungsprüfstand

lung und Realisierung einer Messlösung zur Erfassung von axial wirkenden Kräften umgesetzt werden. Die Grundlösung muss im begrenzten Bauraum von Mehrspindelbohrköpfen unterzubringen sein, um weitestgehend wechselwirkungsfrei und ohne nennenswerte mechanische wie elektrische Störeinflüsse robust die axialen Kraftverläufe jeder einzelnen Spindel erfassen und bewerten zu können.

## Ergebnisse

Ausgehend von den Anforderungen an eine Kraftmesseinrichtung für eine Spindel mit HSK-Werkzeugaufnahme hinsichtlich des Messbereiches bis zu 3500 N, der Signalauflösung, der Miniaturisierung, des dynamischen Verhaltens, der Langzeitstabilität und der elektrischen Kontaktierungsmöglichkeiten wurde ein DMS-Kraftmessring (Verformungsring) spezifiziert und nachfolgend Simulationsrechnungen (Bild 1) für die Gestaltung des Messringes durchgeführt. Auf Basis der erzielten Simulationsergebnisse wurde ein Messring konstruiert und entsprechend gefertigt. Auf dem Messring wurden jeweils um 120° versetzt drei Metalldünnschicht-Dehnmessstreifen unter Nutzung eines Laserschweißverfahrens befestigt. Die elektrische Verbindung von den Sensoren zur Signalerfassungs- und Auswertelektro-

nik erfolgt über einen miniaturisierten Stecker. Während der Montage des Messringes in die Spindel werden die elektrischen Messleitungen angeschlossen und unter elektrisch aktiver Kraftmessung die HSK80-Spindel fertig montiert und vorgespannt. Dabei zeigte sich, dass die mechanische Vorspannung über das gesamte Spindelsystem einen axialen Kraft eintrag von ca. 25% des Kraftmessbereiches von 3500 N erreicht. Vorhergehende Abschätzungen gingen von maximal 10% des Lastbereiches aus. Anschließend wurden systematische Untersuchungen des in die Spindel integrierten Kraftmessringes auf einem Belastungsprüfstand (Bild 2) durchgeführt. Es wurde ermittelt, dass bei allen drei Sensoren weitestgehend ein linearer Zusammenhang besteht. Das verstärkte und in einer Mikrokontrollereinheit ausgewertete Sensorsignal wird von der in der Spindel integrierten Elektronik weiter an die Maschine übertragen. Wenn die gemessene Kraft außerhalb des Sollbereiches für den jeweiligen Einsatzfall liegt, erfolgt eine Abschaltung des Bearbeitungsprozesses. Damit kann zeitlich unmittelbar verhindert werden, dass es zur fehlerhaften Weiterbearbeitung der zu bohrenden Bauteile kommt sowie unnötige Bearbeitungszeit aufgewendet und damit ein realer Nutzen durch den Anwender erreicht wird.

Gefördert durch:  
Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.**

Näherstiller Str. 10 • 98574 Schmalkalden

Tel.: +49 3683 6900-22 • Fax: +49 3683 6900-16 • e-mail: hw.lahmann@gfe-net.de

Ansprechpartner GFE:

Dipl.-Phys. Heinz-Wolfgang Lahmann