

Berichte aus der Produktionstechnik

Christoph Schäfer

**Signaltechnische Voraussetzungen und
Analyseverfahren zur Überwachung von Präzisions-
und Ultrapräzisionsbearbeitungsverfahren**

Herausgeber:

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Dipl.-Wirt. Ing. W. Eversheim

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. mult. F. Klocke

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Prof. h. c. mult. T. Pfeifer

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh

Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. E. h. M. Weck

Prof. Dr.-Ing. C. Brecher

Prof. Dr.-Ing. R. Schmitt

Band 2/2013
Shaker Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2013)

Copyright Shaker Verlag 2013

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2286-5

ISSN 0943-1756

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Signaltechnische Voraussetzungen und Analyseverfahren zur Überwachung von Präzisions- und Ultrapräzisionsbearbeitungsverfahren

C. Schäfer

Inhalt dieser Arbeit ist die Erarbeitung von Signalanalyse- und Überwachungsstrategien für die Fertigungsprozesse der spanenden Präzisions- (P) und Ultrapräzisions- (UP-) Bearbeitung. Die Schwerpunkte liegen dabei auf der Untersuchung neuer Signalerfassungs- und Verarbeitungsmethoden, sowie auf deren Anwendung zur Erarbeitung eines verbesserten Verständnisses des Zusammenhangs zwischen Signaleigenschaft und Prozesszustand.

Am aktuellen Stand der Technik wird verdeutlicht, dass eine objektiv geführte und automatisiert quantitativ überwachte P- und UP-Bearbeitung aufgrund fehlender System- und Analysetechniken im Produktionsfeld bisher nicht möglich ist. Eine qualitativ erfolgreiche Durchführung solcher Fertigungstechniken erfolgt heute überwiegend erfahrungsbasiert – die meisten Prozess- und Maschinenparameter müssen für jeden Fertigungsvorgang neu justiert und optimiert werden. Laufende Fertigungen können nur mit Hilfe subjektiver Eindrücke durch den erfahrenen Maschinenoperator bewertet werden.

Für die Realisierung qualitätsüberwachter P- und UP-Bearbeitungen werden für ausgewählte Fertigungsverfahren systemtechnische Möglichkeiten einer hochgenauen Erfassung der den Prozess charakterisierenden physikalischen Signalgrößen geschaffen. Je nach Prozess- und Maschinenteknologie sowie des Qualifikations- oder Überwachungsziels sind dabei unterschiedliche Signalgrößen von primärem Interesse. Körperschallsignale in mittleren und hohen Frequenzbereichen sind neben klassischen Einsatzbereichen wie z.B. Anschnitt- und Werkzeugbrucherkennung unter Anwendung aktueller, digitaler Signalanalysemethoden geeignet, beim Einsatz geometrisch bestimmter Schneiden den Spanvorgang als solchen zu charakterisieren. Zum Verständnis des Schallverhaltens in Festkörpern und an deren Grenzflächen sowie die Möglichkeit, das Übertragungsverhalten von Körperschallsensoren qualitativ bewerten zu können wird anhand von theoretischen und experimentellen Untersuchungsergebnissen eine optimierte Signalerfassung erarbeitet und in Form eines Applikationsleitfadens für Körperschallsensoren zusammengefasst.

Als zweite Signalgröße lassen die Wirkkräfte zwischen Werkzeug und Werkstückoberfläche bei geeigneter Systemauslegung direkt auf den physikalischen Prozessablauf schließen. Die UP-typisch sehr kleinen Reaktionsgrößen zwischen den Bearbeitungspartnern verhindern aufgrund zu geringer Empfindlichkeiten und ungeeigneter Bauformen klassischer Kraftaufnehmer jedoch einen erfolgreichen Produktionseinsatz. Im Rahmen dieser Arbeit wird für diese Anwendung ein mechatronisches System konzipiert und realisiert, welches unter Beibehaltung der konventionellen UP-Werkzeugspanntechnik durch geeignete Integration von Sensoren die dynamische Erfassung von Zerspanungskräften im mN-Bereich ermöglicht.

Kernziel dieser Arbeit ist die Erarbeitung von Signalanalysemethoden, mit denen die angestrebte Identifikation und Überwachung der UP-Bearbeitungsvorgänge möglich wird. Hierzu werden verschiedene Methoden der Zeitbereichsanalyse, der Hüllkurventransformation und der Spektraltransformation kombiniert und angepasste Verfahren zu deren numerischer Umsetzung auf einer digitalen Hardwareplattform erarbeitet. Für die Komprimierung des Signalvolumens werden Verfahren zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte entwickelt, die die Reduktion auf die

charakteristischen Prozessmerkmale sowie deren Signifikanzinterpretation in Form von Merkmalskarten ermöglichen. Zur Umsetzung der Signalverarbeitung werden die technischen Anforderungen an eine digitale Systemplattform spezifiziert sowie die Arbeiten zur Implementierung der Algorithmen auf einem Systemprototyp vorgestellt.

Die Leistungsfähigkeit der entwickelten Signalverarbeitung wird im Anschluss durch konkrete Bearbeitungsversuche unterschiedlicher Prozessbeispiele demonstriert. Anhand von Versuchsreihen werden die implementierten Signalverarbeitungsklassen auf ihre Signifikanzleistung hin überprüft und bewertet. Abschließend werden die Potentiale der entwickelten Verfahren und Vorrichtungen im Hinblick auf andere Fertigungsprozesse und Anwendungsbereiche eingeordnet.