

Wissensbasis zur Überwachung der Innengewindefertigung in der Großserie

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFT (Dr. -Ing.)
der Fakultät für Maschinentechnik
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Gerhard Blum
aus Schauenburg

Tag des Kolloquiums : 09. Juli 2003

Referent : Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Korreferenten : Prof. Dr.-Ing. Gerhard Petuelli

: Prof. Dr.-Ing. Ortwin Hahn

Schriftenreihe des International Universities Research Institute
und des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung

Band 3

Gerhard Blum

**Wissensbasis zur Überwachung
der Innengewindefertigung in der Großserie**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

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

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2004

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2603-6

ISSN 1613-3609

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Geleitwort des Herausgebers

Die Produktionstechnik im weitesten Sinne ist Gegenstand der Bände, die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinen. Darin werden Themen behandelt, die aus den praxisnahen Forschungsarbeiten der Herausgeber und ihren unterschiedlichen Fachgebieten resultieren. Sie sind Beleg für die intensive Zusammenarbeit engagierter Hochschullehrer und ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiter aus den Fachbereichen Elektrotechnik und Maschinenbau, deren Bindeglied die Automatisierung der Produktionstechnik bildet. Neben den Berichten über Forschungsprojekte stellen die, in den Fachgebieten erstellten Dissertationen einen wesentlichen Schwerpunkt der Reihe dar.

Die Produktionstechnik ist auf nationaler und internationaler Ebene zunehmend stärkeren lokalen wie auch globalen Herausforderungen ausgesetzt und durch gesetzliche Vorgaben wie die Umweltgesetzgebung eingeschränkt. Dabei umfasst die Produktionstechnik in unserem Sinne nicht nur das Erarbeiten von Waren und Gütern, sondern auch das Bereitstellen von Ressourcen jeglicher Art. Diesen Rahmenbedingungen erfolgreich zu begegnen erfordert das Entwickeln neuer Verfahren und Technologien, mit denen sowohl ökonomische als auch ökologische Verbesserungen unserer Industriegesellschaft erreicht werden.

Im *Wrangell-Institut für Umweltgerechte Produktionsautomatisierung* werden maschinenbauliche Fragen aus dem Umfeld der Produktionstechnik vom Fachgebiet *Werkzeugmaschinen* in verschiedenen Arbeitsschwerpunkten vertreten. Ökologische Fragen der Produktionstechnik werden im Rahmen von Arbeiten zum Mindern der durch Kühlschmierstoffe bedingten Umweltbelastungen behandelt. Auf der Ebene der Fertigung wird die Technologie der Trockenbearbeitung bzw. des Bearbeitens unter Einsatz der Minimalmengenschmierung (MMS) untersucht. Hierbei werden umfassende Entwicklungen zur wissensbasierten Prozessüberwachung realisiert. Zum Analysieren und Planen der umweltrelevanten Systeme, Maschinen, Geräte und Abläufe werden leistungsfähige Simulationssysteme entwickelt, die dann auch in gewissem Umfang ein Bindeglied darstellen zum *Ereignisorientierten Tool Management* mit unternehmensübergreifender informationstechnischer Vernetzung des Werkzeugwesens.

Insgesamt soll durch diese Buchreihe der Transfer der Ergebnisse unserer praxisnahen Entwicklung in die industrielle Anwendung unterstützt werden.

Gerhard Petuelli

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1994 bis 1999 während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen der Abteilung Soest der Universität-Gesamthochschule Paderborn.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Petuelli, Leiter des Labors für Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen, gilt mein besonderer Dank für die Anregung des Themas, das stets fördernde Interesse an der Arbeit sowie seine wohlwollende Unterstützung und Betreuung. Dank gebührt auch Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier und Herrn Prof. Dr.-Ing. Ortwin Hahn für die begutachtung der Arbeit sowie Herrn Prof. Dr.-Ing. Rainer Koch für die Übernahme des Vorsitzes der Promotionskommission.

Bedanken möchte ich mich bei meinen Kollegen der Fachbereiche 12 und 16 der U-GH Paderborn, Abt. Soest, die mich bei der Durchführung der Arbeit unterstützt haben. Herrn Ulf Müller gilt mein besonderer Dank für die anregenden Diskussionen und Fachgespräche bei der experimentellen Versuchsdurchführung und schriftlichen Ausarbeitung der Arbeit. Dank gebührt ebenfalls allen Diplomarbeitern und studentischen Hilfskräften, die mich während meiner Tätigkeit im Labor für Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen unterstützt haben.

Dank gebührt auch allen Unternehmen, im besonderen die Hora-Werk GmbH, die Weidmüller Interface GmbH & Co. und die Phoenix Kontakt GmbH & Co., die mich unterstützt haben. Die der Dissertation zugrunde liegenden Arbeiten wurden vom BMBF, der Heinz-Nixdorf-Stiftung, dem Land NRW und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Heike, die mich mit Fürsorge und Geduld während dieser Zeit begleitet und somit erheblich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Gerhard Blum

Inhalt

	Seite	
0	Abkürzungen und Formelzeichen	IX
1	Einleitung	1
2	Stand der Erkenntnisse	3
2.1	Sensorik	7
2.2	Methoden	15
3	Defizite im Stand der Technik und Zielsetzung	21
4	Analytische Betrachtung der Verfahren	23
4.1	Gewindebohren	24
4.2	Gewindeformen	32
5	Berechnung des Drehmomentes für einen Gewindebohrzyklus	37
6	Experimentelle Untersuchungen, Vorgehensweise und Versuchstechnik	45
6.1	Anforderungen an Meßtechnik und Komponenten	45
6.2	Signalübertragung und -verarbeitung	46
6.3	Versuchsaufbauten und Versuchsprogramm	51
6.3.1	Drehmomentmessung an rotierenden Spindeln	51
6.3.2	Gewindeformen in C10	56
6.3.3	Gewindebohren in Messing	59
6.3.4	Laborversuche	60
7	Ergebnisse	63
7.1	Charakteristische Merkmale der Signale	64
7.2	Werkzeugbruch und ähnliche Prozeßfehler	68
7.3	Verschleiß	71
7.4	Geometrischer Fehler	82

7.5	Auflaufen auf Kernlochgrund oder in Querbohrung	91
7.6	Kernlochversatz	101
7.7	Lagerschaden	109
7.8	Schneidkantenausbruch	112
7.9	Ausfall der Kühlschmierstoffversorgung	114
8	Regelbasis für die Prozeßüberwachung	123
8.1	Fuzzy Logik zur Bewertung der Prozeßmerkmale	126
8.2	Systemkonfiguration	130
9	Zusammenfassung	135
10	Ausblicke	137
11	Literatur	139