

Wirkmechanismen beim Abrichten keramisch gebundener Schleifscheiben

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades einer
Doktorin der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Diplom-Ingenieurin Barbara Sabine Linke
aus Linnich

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Klocke
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. E. Brinksmeier

Tag der mündlichen Prüfung: 04. Juli 2007

Berichte aus der Produktionstechnik

Barbara Sabine Linke

Wirkmechanismen beim Abrichten keramisch gebundener Schleifscheiben

Herausgeber:
Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Dipl.-Wirt. Ing. W. Eversheim
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. F. Klocke
Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Prof. h. c. 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 25/2007
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.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2007

Copyright Shaker Verlag 2007

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6573-1

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

Für Kira Annamaria

Vorwort

Preamble

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftliche Angestellte am Werkzeugmaschinenlabor WZL der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Klocke, dem Inhaber des Lehrstuhls für Technologie der Fertigungsverfahren, danke ich für die fachliche und persönliche Förderung, die stetige Unterstützung meiner Tätigkeit und seine motivierende Führung.

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. E. Brinksmeier, Leiter der Hauptabteilung Fertigungstechnik am Stiftung Institut für Werkstofftechnik IWT der Universität Bremen, danke ich für die Durchsicht meiner Arbeit und die Übernahme des Korreferats. Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Weichert für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Bei allen Kollegen des Werkzeugmaschinenlabors bedanke ich mich für die Unterstützung und stete Hilfsbereitschaft. An erster Stelle gebührt mein Dank meinen lieben Schleiferkollegen. Meinen studentischen Mitarbeitern, Studien- und Diplomarbeitern danke ich für ihr Engagement.

Ein Teil der beschriebenen Erkenntnisse basiert auf einem aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) und die Forschungsvereinigung Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (FWF) geförderten Projekt, wofür ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken möchte.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern, die mich zu einem akademischen Werdegang angeregt und mir eine sorgenfreie Ausbildung ermöglicht haben. Meinem Mann Andor und meiner Tochter Kira danke ich für die Motivation und Kraft, diese Arbeit fertig zu stellen.

Aachen, im August 2007

Barbara Linke

I Inhaltsverzeichnis

Structure

VORWORT	I
I INHALTSVERZEICHNIS	I
II FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	III
1 EINLEITUNG	1
2 STAND DER ERKENNTNISSE	4
2.1 ABRICHTEN VON SCHLEIFSCHEIBEN	4
2.1.1 Diamanthaltige Abrichtwerkzeuge.....	5
2.1.2 Stellgrößen des Abrichtprozesses und ihre Auswirkungen	5
2.1.3 Diamantierung des Abrichtwerkzeugs.....	11
2.2 EIGENSCHAFTEN VON DIAMANT	13
2.3 KERAMISCH GEBUNDENE SCHLEIFSCHEIBEN	18
2.3.1 Schleifmittel	18
2.3.2 Keramische Bindung.....	19
2.4 ABRICHTPROZESS ALS TRIBOSYSTEM.....	20
2.4.1 Wechselwirkungen im Tribosystem Abrichtprozess	22
2.4.2 Funktion des Tribosystems Abrichtprozess	25
3 AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG	27
4 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	29
4.1 SCHLEIFMASCHINE	29
4.2 SCHLEIF- UND ABRICHTWERKZEUGE	29
4.3 PROZESSÜBERWACHUNG	31
4.4 ELEKTRONENSTRAHL-MIKROANALYSEN	32
5 BEANSPRUCHUNGSKOLLEKTIV – KINEMATISCHE MODELLIERUNG DES ABRICHTPROZESSES	34
5.1 ABRICHTKÖRPERSCHALL	34
5.2 ABRICHTKRÄFTE	36
5.3 THEORETISCHE BETRACHTUNGEN DER ABRICHTKINEMATIK	39
5.3.1 Kontaktlänge beim Abrichten mit rotierenden Abrichtwerkzeugen ...	39
5.3.2 Abrichtkornstoßzahl für stehende Abrichtwerkzeuge	41
5.3.3 Abrichtkornstoßzahl für Diamantformrollen.....	44
5.3.4 Abrichtkornstoßzahl für Diamantprofilrollen	47
5.3.5 Abrichtspan beim Abrichten mit Formrollen	50
5.3.6 Abrichtspan beim Abrichten mit Profilrollen	52
5.4 VERIFIZIERUNG DER KINEMATISCHEN MODELLE.....	53
5.4.1 Einfluss des Abrichtüberdeckungsgrades	53
5.4.2 Einfluss der Abrichtzustellung	54

5.4.3	Einfluss der Schleifscheibengeschwindigkeit beim Abrichten.....	56
5.4.4	Einfluss des Abrichtgeschwindigkeitsquotienten	57
5.4.5	Einfluss des Abrichtvorschubs bei Profilrollen	58
5.4.6	Einfluss der Diamantierung bei Formrollen	59
5.4.7	Einfluss der Diamantierung bei Profilrollen.....	61
5.4.8	Einfluss des Schleifkornmaterials	62
5.5	TEMPERATURMESSUNGEN BEIM ABRICHTEN	63
5.6	NUMERISCHE ANPASSUNG DER KINEMATISCHEN MODELLE AM BEISPIEL DES ABRICHTPROZESSES MIT FORMROLLEN.....	69
6	GEGENKÖRPER – GENERIERUNG DER SCHLEIFSCHEIBENTOPOGRAPHIE	74
6.1	SCHLEIFSCHEIBE ALS KERAMIK UNTER MECHANISCHER BELASTUNG.....	74
6.2	FEM-MODELLIERUNG DER SCHLEIFSCHEIBE	77
6.2.1	Schleifscheibe als idealisierter homogener Körper.....	78
6.2.2	Schleifscheibengefüge aus Körnern und Bindung.....	80
6.3	VERIFIZIERUNG DER ERGEBNISSE DURCH ABRICHTVERSUCHE UND SCHLEIFSCHEIBENRITZTESTS	82
6.3.1	Einfluss der Abrichtzustellung und des Abrichtüberdeckungsgrades	84
6.3.2	Einfluss der Abrichtzustellung beim Abschlusshub	85
7	GRUNDKÖRPER – ABRICHTWERKZEUGVERSCHLEIß.....	88
7.1	MAKROSKOPISCHER PROFILVERSCHLEIß.....	88
7.1.1	Profilverschleiß der Abrichtwerkzeuge als Folge der Belastungsrichtung.....	88
7.1.2	Verschleißverhalten des Abrichtwerkzeugs.....	91
7.1.3	Formrollenverschleiß für verschiedene Abrichtparameter	94
7.2	MIKROSKOPISCHER DIAMANTVERSCHLEIß	97
7.2.1	Topographieanalysen an Abrichtfliesendiamanten.....	97
7.2.2	Topographieanalysen verschlissener Formrollendiamanten	99
7.2.3	Oberflächenanalysen verschlissener Abrichtdiamanten	101
7.2.4	Randzonenanalysen verschlissener Abrichtdiamanten	104
8	FUNKTION DES TRIBOSYSTEMS ABRICHTPROZESS – ZUSAMMENFÜHRUNG IN EIN GESAMTMODELL	114
8.1	BEANSPRUCHUNGSKOLLEKTIV – KINEMATISCHE ABRICHTMODELLE	114
8.2	NUTZGRÖßEN – GENERIERUNG DER SCHLEIFSCHEIBENTOPOGRAPHIE.....	117
8.3	VERLUSTGRÖßE – ABRICHTWERKZEUGVERSCHLEIß	119
9	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	120
10	LITERATUR	124
III	ANHANG	134