

Clemens Wallmann

Herstellung und Eigenschaften von laser-
beschichteten Diamanttrennschleifscheiben



Herbert Utz Verlag · Wissenschaft
München

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.

Zugleich: Dissertation, Bayreuth, Univ., 2003

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2004

ISBN 3-8316-0325-1

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München

Tel.: 089/277791-00 – Fax: 089/277791-01

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1 - Danksagung	V
Kurzfassung	VII
Abstract	IX
Kapitel 1 - Einleitung	1
Kapitel 2 - Stand der Technik	5
2.1 Herstellung und Eigenschaften von Diamant	5
2.1.1 Diamantsynthese	5
2.1.2 Eigenschaften und Charakterisierung von synthetischem Diamant	6
2.1.2.1 Kristallographische Eigenschaften	7
2.1.2.2 Mechanische Eigenschaften	9
2.1.2.3 Thermische und chemische Eigenschaften	11
2.1.2.4 Optische Eigenschaften	11
2.1.2.5 Klassifizierung von Diamantsägekörnungen	12

2.2 Grundlagen der Diamantwerkzeugtechnik	14
2.2.1 Anforderungen an Werkzeuge zum Bearbeiten von Naturstein und Beton	14
2.2.2 Prinzipieller Aufbau von Diamantschleifwerkzeugen	15
2.2.3 Herstellung von metallgebundenen Diamantschleifwerkzeugen ..	16
2.2.3.1 Herstellung von diamanthaltigen Schleifbelägen	17
2.2.3.2 Verbindungstechniken zum Werkzeugträger	19
2.2.3.3 Nachbehandlung von Diamantschleifwerkzeugen	20
2.2.4 Metallische Bindungssysteme für diamanthaltige Schleifbeläge ..	21
2.2.5 Grundsätzliches Design von diamanthaltigen Schleifbelägen	22
2.3 Das Arbeitsverhalten von Diamanttrennschleifscheiben	24
2.3.1 Zerspanungsmodell	24
2.3.2 Prozesskräfte	25
2.3.3 Maschinenparameter und Eingriffskinematik	27
2.4 Stand der Entwicklung beim Laserstrahlbeschichten von metallgebundenen, diamanthaltigen Schleifbelägen	29
2.4.1 Verfahrensvarianten	30
2.4.2 Methoden zur Einbringung von Diamant in Metallschmelzen	31
2.4.3 Einflussgrößen auf die Diamantverteilung	34
2.4.4 Realisierte Anwendungen	35
Kapitel 3 - Aufgabenstellung und Zielsetzung	37
3.1 Problemstellung	37
3.2 Zielsetzung	38
Kapitel 4 - Experimentelles Vorgehen	41
4.1 Charakterisierung der verwendeten Werkstoffe	41
4.1.1 Metallpulver	43
4.1.2 Diamant	44
4.1.3 Substratwerkstoffe	47

4.2 Charakterisierung der Bearbeitungsmaschine	47
4.2.1 Laser, Strahlführung und -formung	48
4.2.2 Pneumatische Pulverförderung	51
4.2.2.1 Pulverförderer	51
4.2.2.2 Pulverdüse	53
4.2.3 Spannvorrichtung	57
4.3 Charakterisierung des Beschichtungsprozesses	58
4.4 Charakterisierung der Trennscheiben	59
4.4.1 Härte- und Gefügeausbildung der Matrixlegierung	60
4.4.2 Mechanische Eigenschaften der Matrixlegierung	60
4.4.3 Verschleißverhalten der Matrixlegierung	61
4.4.4 Diamantschädigung	61
4.4.5 Diamantverteilung in der Schneidschicht	63
4.4.6 Grenzfläche Diamant-Matrix	64
4.4.7 Haftfestigkeit der Schneidschicht auf dem Substrat	64
4.4.8 Trennschleifversuche	65
4.4.8.1 Prozesskraftmessung	65
4.4.8.2 Radialverschleißfortschrittsmessung	67
Kapitel 5 - Ergebnisse und Diskussion	69
5.1 Strategien zur Prozessführung	69
5.1.1 Abschätzung der Aufstiegsgeschwindigkeit von Diamantpartikeln in einer Metallschmelze	70
5.1.2 Beschichtungsarrangement	76
5.2 Untersuchung der Grundeinflussgrößen beim vertikalen Beschichten in der Kokille	78
5.2.1 Einfluss der Maschineneinstellparameter auf Beschichtungshöhe, -effizienz und Aufmischungsgrad	81

5.3 Technologische Aspekte beim Beschichten von Diamanttrennscheiben	90
5.3.1 Einfluss der Maschinen- und Prozessparameter auf die erzielbare Beschichtungshöhe	91
5.3.2 Untersuchungen zur Diamantverteilung in der Schneidschicht	95
5.3.3 Untersuchungen zur Haftfestigkeit der Beschichtungen	97
5.3.4 Untersuchungen zum Schädigungsverhalten der Diamanten	103
5.3.4.1 Schädigung aufgrund von Laserstrahlung	103
5.3.4.2 Schädigung aufgrund des Beschichtungsprozesses	107
5.4 Werkstofftechnische Bewertung der Schneidbeläge	109
5.4.1 Gefüge, Härte und mechanische Eigenschaften der Matrixlegierung	110
5.4.2 Verschleißverhalten der Matrixlegierung	115
5.4.3 Untersuchung der Grenzfläche Diamant-Matrixlegierung	117
5.5 Eignung zum Trennschleifen	119
5.5.1 Ermittlung der Prozesskräfte und Schallemissionen	121
5.5.2 Ermittlung der Standfläche	127
Kapitel 6 - Zusammenfassung und Ausblick	129
Kapitel 7 - Literatur	133
Kapitel 8 - Anhang	143
8.1 Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen	143
8.2 Internationale Standards zur Klassifizierung von Diamantschleifkörnungen	149
8.3 EDX-Analyse der Matrixlegierungen	150
8.4 Protokolle zum Matrixverschleiß	151
8.5 Betonspezifikationen	155
8.6 Partikelgrößenanalyse	156
Lebenslauf	159

Kapitel 1

Einleitung

Aufgrund seiner herausragenden Eigenschaften, wie beispielsweise höchste Härte und Wärmeleitfähigkeit aller bekannten festen Materialien bei Raumtemperatur, findet Diamant in vielfältiger Weise als Schneidstoff Verwendung. Die sogenannten Diamantwerkzeuge kommen bei Bearbeitungsaufgaben mit höchsten Anforderungen zum Einsatz. Die Palette reicht hierbei von der Präzisionsbearbeitung keramischer und metallischer Werkstoffe (Ausnahmen stellen Nickel-, Kobalt- und Eisenwerkstoffe dar) über medizinische Anwendungen (Zahnbohrer und Skalpelle) bis hin zur Bearbeitung von Baustoffen und Natursteinen */Tillmann 99/*.

Bis zur Erfindung geeigneter Syntheseverfahren fanden ausschließlich Naturdiamanten für die Herstellung von Diamantwerkzeugen Anwendung. Mit der Erfindung des High Temperatur High Pressure (HTHP) - Prozesses zur Herstellung von monokristallinen Diamantkörnungen im Jahre 1955 */Bundy 55/* und des Chemical Vapour Deposition (CVD) - Prozesses zur Abscheidung von polykristallinen Diamantschichten aus der Gasphase Mitte der 70er Jahre */Deryagin 75/* stehen heute Verfahren zur Herstellung von Diamantschneidstoffen mit spezifischen Eigenschaftsprofil zur Verfügung */Donovan 76/*. Nach */Hay 94/* ist Diamant in fünf Formen als Schneidstoff gebräuchlich:

- Monokristalliner Naturdiamant
- Monokristalliner synthetischer Diamant
- Polykristalliner Diamant (PKD)
- Polykristalline CVD-Diamantplatten
- Polykristalline CVD-Beschichtungen

Wie bei konventionellen Zerspanungswerkzeugen findet auch bei Diamantwerkzeugen je nach vorliegender Schneidengeometrie eine Einteilung in Werkzeuge mit geometrisch bestimmter und geometrisch unbestimmter Schneide statt */DIN 8589/*. Große monokristalline synthetische Diamanten (Größe bis einige Millimeter) finden neben polykristallinen Diamanten und CVD-Diamantschichten vorwiegend Anwendung bei Werkzeugen mit geometrisch bestimmter Schneide. Naturdiamanten und synthetische Diamanten in einem Korngrößenbereich von 40 bis 1180 μm sind in verschiedenen Standards (siehe **Tab. 8-1** im Anhang) als Hochleistungsschleifstoff klassifiziert. Grundsätzlich erfolgt der Einsatz dieser Schleifmittel als loses Korn, wie z.B. beim Polieren und Läppen oder in gebundener Form in sogenannten Schleifbelägen zum Schleifen und Honen.

Als Bindematrix dienen Keramik, Polymere und Metalle, in die der Diamant gleichmäßig verteilt eingebettet ist. Diese Schneidbeläge können je nach Anwendungsfall noch auf unterschiedlichen Trägerkörpern fixiert sein. Zur Bearbeitung von Baustoffen und Gesteinen haben sich metallgebundene Diamantschleifwerkzeuge etabliert */Tillmann 99, Asche 01/*. Typische Vertreter solcher Werkzeuge sind Bohrkronen, Diamanttrennschleifscheiben und Seilsägen (**Bild 1-1**).

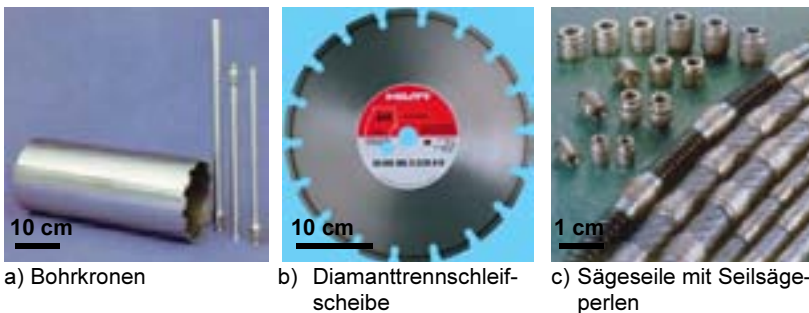


Bild 1-1 Beispiele für metallgebundene Diamantschleifwerkzeuge