ICS 25.100.01

VDI-RICHTLINIEN

August 2012

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

CVD-Diamantwerkzeuge
Systematik, Herstellung und Charakterisierung

CVD diamond tools
Categorisation, production and characterisation

VDI 2841

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 09.08 Entwurf, deutsch
Former edition: 09/08 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung . . . 2
Einleitung . . . 2
1 Anwendungsbereich . . . 3
2 Begriffe . . . 4
3 Einsatzbereich von MKD und PKD . . . 5
4 Klassifizierung von CVD-Diamantwerkzeugen . . . 8
4.1 CVD-diamantbeschichtete Werkzeuge . . . 8
4.2 Werkzeuge mit CVD-Diamant-Schneideinsatz . . . 9
5 Herstellungsverfahren . . . 10
5.1 Synthese von CVD-Diamant . . . 10
5.2 Herstellung von CVD-diamantbeschichteten Werkzeugen . . . 11
5.3 Herstellung von CVD-Diamantdickschichtwerkzeugen . . . 18
6 Schicht- und Werkzeugeigenschaften . . . 22
6.1 Makrogeometrie . . . 24
6.2 Mikrogeometrie . . . 24
6.3 Schichtrauheit . . . 25
6.4 Charakterisierung von CVD-Diamantwerkzeugen . . . 26
7 Verfahren zur Wiederherstellung der Einsatzfähigkeit . . . 28
7.1 Wiederbeschichtung von CVD-diamantbeschichteten Werkzeugen . . . 28
7.2 Nachschärfen von Werkzeugen mit CVD-Diamant-Schneideinsatz . . . 29
Schrifttum . . . 30

Contents Page

Preliminary note . . . 2
Introduction . . . 2
1 Scope . . . 3
2 Terms and definitions . . . 4
3 Areas of application for MCD and PCD . . . 5
4 Classification of CVD diamond tools . . . 8
4.1 CVD diamond-coated tools . . . 8
4.2 Tools with a CVD diamond cutting insert . 9
5 Manufacturing processes . . . 10
5.1 Synthesis of CVD diamond . . . 10
5.2 Manufacture of CVD diamond-coated tools . . . 11
5.3 Manufacture of CVD diamond thick-film tools . . . 18
6 Film and tool properties . . . 22
6.1 Macrogeometry . . . 24
6.2 Microgeometry . . . 24
6.3 Film surface roughness . . . 25
6.4 Characterisation of CVD diamond tools . . . 26
7 Methods of restoring operational fitness . . . 28
7.1 Recoating CVD diamond coated tools . . . 28
7.2 Resharpening tools with a CVD diamond cutting insert . . . 29
Bibliography . . . 30

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren

VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 3: Betriebsmittel
VDI-Handbuch Werkstofftechnik

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Diese Richtlinie behandelt CVD-Diamantwerkzeuge zum Spanen mit geometrisch bestimmter und unbestimmter Schneide sowie zum Zerteilen, die nach DIN 8580 der Hauptgruppe Trennen in der Systematik der Fertigungsverfahren zugeordnet werden. Die Schneidteile dieser Werkzeuge bestehen aus polykristallinem Diamant, der mit verschiedenen Verfahren der chemischen Gasphasenabscheidung (Chemical Vapour Deposition, CVD) hergestellt wird. Die Abscheidung von Diamant mittels CVD-Prozessen führt zur erweiterten technologischen Nutzung von Diamant als Schneidstoff.

Die Richtlinie zielt auf die eindeutige Klassifizierung von CVD-Diamantwerkzeugen, deren Herstellung und Charakterisierung sowie deren Anwendungsbereiche ab. Um einerseits die Vielfalt und Haupteinsatzgebiete der CVD-Diamantwerkzeuge darzustellen, andererseits aber eine sinnvolle Eingrenzung der Anwendungen vorzunehmen, werden die am häufigsten in der Produktion verwendeten Fertigungsverfahren berücksichtigt. Die Richtlinie soll der Verständigung zwischen Herstellern und Anwendern von CVD-Diamantwerkzeugen dienen und Qualitätsmerkmale der Werkzeuge definieren. Dazu wird in den anwendungsbezogenen Teilen eine von der Bearbeitungsaufgabe ausgehende tabellarische Empfehlung für den Einsatz von CVD-Diamantwerkzeugen gegeben. Dies impliziert zum einen verwendbare Werkzeuggeometrien und Schichttypen, zum anderen werkstoffbezogene Schnittparameter.

Die Richtlinienreihe VDI 2841 besteht aus folgende Richtlinien:

Blatt 1 Systematik, Herstellung und Charakterisierung
Blatt 2 Anwendung von CVD-Diamant-Werkzeugen (in Vorbereitung)

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

This guideline deals with CVD diamond tools used for machining with geometrically defined or undefined cutting edge. Tools used for separating processes are also dealt with. According to DIN 8580 these are classed under the main category of “Cutting” in manufacturing process systematics. The cutting parts of these tools consist of polycrystalline diamond produced by various chemical vapour deposition (CVD) methods. The deposition of diamond by means of CVD processes results in an expanded technological utilization of diamond as a cutting material.

This guideline aims at presenting a logical classification of CVD diamond tools, their manufacture and characterisation as well as their areas of application. To show the wide variety and main applications of CVD diamond tools and to set reasonable limits to the range of applications, only the most frequently implemented manufacturing processes used in production are covered. The guideline serves to improve communication between the manufacturers and users of CVD diamond tools and defines the quality characteristics of these tools. To this end, a recommendation for the use of CVD diamond tools based on the machining task in question is given in tabular form in the application-related parts of the guideline. This implies the appropriate tool geometries and coating types on the one hand and material-specific cutting parameters on the other.

The series of guidelines VDI 2841 consists of the following guidelines:

Part 1 Categorisation, production and characterisation
Part 2 Application of CVD diamond tools (in preparation)

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2841.

1 Anwendungsbereich

Es werden Diamantwerkzeuge behandelt, deren Schneidteile massiv oder als Beschichtung durch CVD-Verfahren hergestellt werden. Dabei werden im klassifizierenden Teil dieser Richtlinie die Werkzeugspezifikationen nach CVD-diamantbeschichteten Werkzeugen (CVD-Diamantdünnschichten) und Werkzeugen mit CVD-Diamant-Schneideinsatz unterschieden und deren Herstellung und Charakterisierung dargestellt. Werkzeuge mit monokristallinem synthetischen oder Naturdiamant (monokristalliner Diamant, MKD) und mit gesintertem Diamant mit Binderphase (polykristalliner Diamant, PKD) liegen aufgrund ihrer differierenden Herstellungsweise außerhalb der in dieser Richtlinie angestrebten Systematik.

Der Diamant als Kohlenstoffmodifikation wird ausführlich in der Richtlinie VDI 2840 behandelt. Die dort getroffenen Aussagen zur Systematik und Herstellung und zum Eigenschaftsprofil von CVD-Diamant sind die Grundlage zur Beschreibung der CVD-Diamantwerkzeuge.

Mit CVD-Diamant bestückte Abrichtwerkzeuge werden in der Richtlinie VDI 3392 ausführlich behandelt und sind daher nicht Gegenstand der vorliegenden Richtlinie. Dort sind auch Herstellung, Klassifizierung sowie Abrichtanwendungen von Naturdiamant, MKD, PKD sowie CVD-Diamant dargestellt. Weiteres Regelwerk im Geltungsbereich von DIN und VDI, das sich explizit dem CVD-Diamant oder den Diamantwerkzeugen in der Zerspanung mit bestimmter Schneide widmet, existiert nicht.

CVD-Diamant besitzt neben seiner Anwendung als Schneidstoff eine Reihe von weiteren Einsatzfeldern, die im Folgenden aufgeführt, aber in dieser Richtlinie nicht beschrieben werden:

- in der Optik [1; 2]
- bei Schmuck, Dekoration und Design [3; 4; 5]
- im Verschleißschutz für Bauteile [6; 7; 8]
- beim Wärmemanagement [2]
- in Elektronik und Sensorik [1; 2; 9]
- für elektrochemische Anwendungen [1; 2]
- in der Medizintechnik [1]
- als Verstärkungsmaterial [2]
- in der Mikrosystemtechnik [2]
- in der Akustik [2; 10]

CVD-Diamantwerkzeuge lassen sich nach DIN ISO 513 in „harte Beschichtungen von Hartmetall

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/2841.

1 Scope

This guideline deals with diamond tools whose cutting parts are manufactured by CVD processes, either as a solid single piece or as a coating. In the classification part of this guideline the tool specifications are differentiated into CVD diamond-coated tools (CVD diamond thin-film coatings) and tools with a CVD diamond cutting insert. Their production and characterisation are also described. Due to their different methods of manufacture, tools with monocrystalline synthetic or natural diamond (MCD or monocrystalline diamond) or with sintered diamond with a binder phase (PCD or polycrystalline diamond) fall outside the categorisation attempted in this guideline.

Diamond as a modification of carbon is treated in detail in guideline VDI 2840. The information provided there regarding the classification and manufacture and also the properties of CVD diamond form the basis for describing CVD diamond tools.

Dressing tools fitted with CVD diamond are dealt with in detail in guideline VDI 3392 and do not therefore fall within the remit of the present guideline. VDI 3392 also describes the manufacture, classification and dressing applications of natural diamond, MCD, PCD and CVD diamond. There are no further normative publications in existence within the field covered by the DIN and VDI publications which are explicitly devoted to CVD diamond or diamond tools used in machining with a defined cutting edge.

In addition to being used as a cutting material, CVD diamond finds application in a number of other fields of application which although listed below are not further described in the present guideline:

- in optics [1; 2]
- in jewellery, decoration and design [3; 4; 5]
- as part of wear protection for components [6; 7; 8]
- in thermal management [2]
- in electronics and sensors [1; 2; 9]
- for electrochemical applications [1; 2]
- in medical technology [1]
- as a reinforcing material [2]
- in microsystems [2]
- in acoustics [2; 10]

According to DIN ISO 513, CVD diamond tools can be classified under “hard coatings of hard metal and

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

und Keramik“ sowie „polykristalliner Diamant“ einordnen. Die unterschiedlichen Herstellungsverfahren von polykristallinen Diamant-Schneidstoffen werden dabei nicht erfasst. Der integrierte Herstellungsprozess von Werkzeugen mit Niederdruck-Beschichtungsverfahren wird in den Richtlinien VDI 3198 und VDI 3824 beschrieben. Dabei sind die Definition von Schicht und Substrat sowie die Herstellung und Prüfung der beschichteten Werkzeuge und Bauteile miteinander verknüpft. Die Richtlinie VDI 2841 Blatt 1 wendet die dort formulierten Anforderungen – soweit möglich – auf die CVD-Diamantbeschichtung von Trennwerkzeugen an. Die in dieser Richtlinie auftretenden Verfahrensbeschreibungen des Trennens orientieren sich an der DIN 8580.

ceramic” and “polycrystalline diamond”. The different manufacturing processes used for polycrystalline diamond cutting materials are not covered here. The integrated manufacturing process for tools using low-pressure coating methods is described in guidelines VDI 3198 and VDI 3824. Here the definition of coating and substrate as well as the manufacture and testing of the coated tools and components are linked together. Guideline VDI 2841 Part 1 applies – where possible – its requirements to the coating of cutting tools with CVD diamond. The process descriptions of cutting which occur in this guideline are oriented according to DIN 8580.