



(10) **DE 10 2016 120 863 A1** 2017.05.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 120 863.9**

(22) Anmeldetag: **02.11.2016**

(43) Offenlegungstag: **11.05.2017**

(51) Int Cl.: **B24D 3/14 (2006.01)**

B24D 5/12 (2006.01)

B24D 18/00 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2015 119 213.6 09.11.2015

(71) Anmelder:

Center for Abrasives and Refractories Research & Development C.A.R.R.D. GmbH, Villach, AT

(74) Vertreter:

**Möltgen, Paul, Dipl.-Chem. Dr. rer. nat, 79725
Laufenburg, DE**

(72) Erfinder:

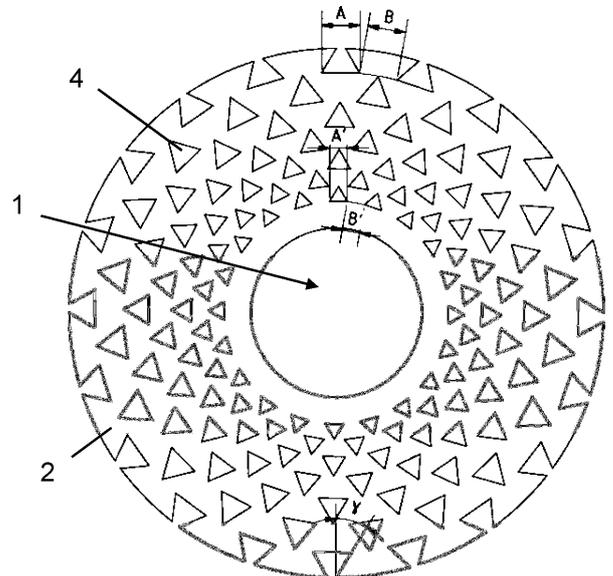
**Alary, Jean-André, Dr., L'Isle sur la Sorgue, FR;
Polge, Florent, Dr., Villach, AT; Ronach, Patrick,
Steuerberg, AT**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Gesintertes, polykristallines, flach ausgebildetes, geometrisch strukturiertes keramisches Schleifelement, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft gesinterte, polykristalline, flach ausgebildete, geometrisch strukturierte keramische Schleifelemente für den Einsatz in kunstharzgebundenen Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Herstellung solcher flach ausgebildeter, geometrisch strukturierter keramischer Schleifelemente und deren Verwendung.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein gesintertes, polykristallines, flach ausgebildetes, geometrisch strukturiertes keramisches Schleifelement für den Einsatz in kunstharzgebundenen Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben. Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines solchen gesinterten, polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelements und seine Verwendung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Eine Sonderform der kunstharzgebundenen Schleifscheiben sind die kunstharzgebundenen Trennscheiben, die im Rahmen dieser Anmeldung als Beispiele für kunstharzgebundenen Schleifscheiben herangezogen werden, was jedoch nicht bedeutet, dass die Erfindung auf Trennscheiben beschränkt ist. Vielmehr hat sich bei den vorliegenden Arbeiten herausgestellt, dass die erfindungsgemäßen Schleifelemente, die ursprünglich für den Einsatz in Trennscheiben konzipiert waren, allgemein für kunstharzgebundene Schleifscheiben geeignet sind.

[0003] Trennscheiben sind flache kreisförmige Scheiben, die meist zum Abtrennen von Materialabschnitten eingesetzt werden. Für die verschiedenen zu bearbeitenden Materialien, wie z.B. Metall, Edelstahl, Naturstein, Beton oder Asphalt werden unterschiedliche Trennscheiben eingesetzt, wobei sich die Trennscheiben in zwei Hauptgruppen einteilen lassen, nämlich kunstharzgebundene Trennscheiben und Diamanttrennscheiben. Zur Herstellung von kunstharzgebundenen Trennscheiben werden Schleifkörner, wie z.B. Korund oder Siliziumcarbid, zusammen mit Füllstoffen, Pulverharz und Flüssigharz zu einer Masse gemischt, die dann in speziellen Maschinen zu Trennscheiben in verschiedenen Stärken und Durchmessern gepresst werden. Dabei wird das Schleifmittel in ein Gewebe aus Glasfaser eingebettet, um den enormen Fliehkräften, die beim Einsatz der Trennscheiben auftreten, standhalten zu können. Bei den Diamanttrennscheiben, die fast ausschließlich für den Einsatz in Naturstein, Beton oder Asphalt genutzt werden, werden Diamantsegmente mittels verschiedener Verfahren, wie z.B. Sintern, Löten oder Laserschweißen, auf Stahlstammbblätter aufgebracht.

[0004] Die Schleifmittelindustrie suchte in den vergangenen Jahren beständig nach Wegen zur Verbesserung der Leistung von Trennscheiben, wobei man sich insbesondere auf den Einsatz von hochwertigen Schleifkörnern konzentrierte. So beschreibt die EP 1 007 599 B1 Trennscheiben, die eine Mischung aus unterschiedlichen Sol-Gel-Korunden als Schleifkörner aufweisen. Die EP 0 620 082 B1 beschreibt Trennscheiben, die neben hochabrasiven Komponenten, wie z.B. kubisches Bornitrid oder Diamant, mikrokristalline filamentförmige Aluminiumoxidpartikel mit einer einheitlichen Ausrichtung aufweisen, wobei die Schleifmittel in Form von Segmenten vorliegen, die auf einem Metallstammbblatt aufgebracht sind.

[0005] Über Sol-Gel-Verfahren erhaltene keramische Schleifkörner in Form von Tetraedern oder Pyramiden werden gemäß der US-Patentanmeldung Nr. 2013/0040537 A1 in einer Mischung mit anderen hochwertigen Schleifkörnern in kunstharzgebundenen Trennscheiben eingesetzt. Ähnliche kunstharzgebundene Trennscheiben werden in der US-Patentanmeldung Nr. 2013/0203328 A1 beschrieben, wobei über Sol-Gel-Verfahren erhaltene keramische Schleifkörner in Form von dreieckigen Plättchen, Prismen oder kegelstumpfförmigen Pyramiden wiederum neben anderen hochwertigen Schleifkörnern in einer Mischung mit Phenolharzen, Schleifhilfsmitteln, Füllstoffen und sonstigen Additiven eingesetzt werden.

[0006] Mit Hilfe solcher Schleifkornmischungen, bei denen Schleifkörner mit definierten Formen eingesetzt werden, konnten nicht nur in kunstharzgebundenen Trennscheiben, sondern allgemein in kunstharzgebundenen Schleifscheiben, im Vergleich zu Schleifscheiben mit hochwertigen Schleifkörnern mit undefinierten Schneiden erstaunlich hohe Leistungssteigerungen erreicht werden.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Angespornt durch solche Ergebnisse, ist die Schleifmittelindustrie auch weiterhin auf der Suche nach Verbesserungen der Leistungen von kunstharzgebundenen Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, Schleifmittel für den Einsatz in kunstharzgebundenen Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben, anzubieten, die Vorteile gegenüber dem Stand der Technik haben.

[0009] Gelöst wird die Aufgabe durch gesinterte, polykristalline, flach ausgebildete, geometrisch strukturierte keramische Schleifelemente, die dazu vorgesehen sind, an Stelle von Schleifkörnern in kunstharzgebundene Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben, eingebaut zu werden.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es auch, ein Verfahren zur Herstellung von gesinterten, polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelementen für den Einsatz in kunstharzgebundenen Schleifscheiben bereitzustellen.

[0011] Gelöst wird die Aufgabe durch die Ausbildung eines formbaren keramischen Vorläufermaterials, aus dem flach ausgebildete, geometrisch strukturierte Vorläufer für gesinterte, polykristalline, flach ausgebildete, geometrisch strukturierte keramische Schleifelemente gebildet werden, die dann zu polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelementen gesintert werden.

[0012] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, verbesserte kunstharzgebundene Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben, zur Verfügung zu stellen.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch den Einsatz von gesinterten, polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelementen als Ersatz von Schleifkörnern in keramisch gebundenen Schleifscheiben, insbesondere Trennscheiben.

[0014] Bei den besagte gesinterte, polykristalline, flach ausgebildete, geometrisch strukturierte Schleifelemente handelt es sich um gesinterte Formkörper mit einem homogenen Mikrogefüge, einer über den gesamten Bereich des Schleifelements gleichmäßig ausgebildeten chemischen Zusammensetzung und einer einheitlichen geometrischen Struktur. Der Sinterkörper besitzt eine erste Oberfläche und eine der ersten Oberfläche gegenüberliegende und parallel zu ihr angeordnete zweite Oberfläche. Beide Oberflächen sind durch eine Seitenwand mit einer Dicke (t) zwischen $50\ \mu\text{m}$ und $2000\ \mu\text{m}$ voneinander getrennt. Das Verhältnis von Durchmesser zu Dicke des Schleifelements ist größer als 30, vorzugsweise größer als 50. Der mittlere Durchmesser der die homogene Mikrostruktur ausbildenden Kristalle ist kleiner als $10\ \mu\text{m}$, vorzugsweise kleiner als $5\ \mu\text{m}$.

[0015] Vorzugsweise basiert die chemische Zusammensetzung der gesinterten, polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelemente auf Aluminiumoxid und/oder anderen chemischen Verbindungen ausgesucht aus der Gruppe bestehend aus den Carbiden, Oxiden, Nitriden, Oxy-Carbiden, Oxy-Nitriden und Carbo-Nitriden mindestens eines der Elemente ausgesucht aus der Gruppe bestehend aus Al, B, Si, Ti und Zr.

[0016] Die gesinterten polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten Schleifelemente besitzen vorzugsweise eine Vickershärte H_V von mindestens 15 GPa, besonders bevorzugt mindestens 18 GPa.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, beträgt die Dichte der gesinterten, polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelemente mindestens 95% der theoretischen Dichte, vorzugsweise mindestens 97.5% der theoretischen Dichte.

[0018] Vorzugsweise sind die Schleifelemente Kreisscheiben oder Kreissegmente, die in Bezug auf den Durchmesser und die Dicke den daraus zu bildenden Trennscheiben angepasst sind.

[0019] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung sind die erfindungsgemäßen Schleifelemente als perforierte, mit Aussparungen versehene keramische Körper ausgebildet. Dabei zeigen die Perforierung bzw. die Aussparungen der keramischen Körper vorteilhaft eine homogene geometrische Struktur mit geometrisch geformten Öffnungen bzw. Aussparungen. Vorzugsweise ist dabei das Volumenverhältnis der Öffnungen zu den massiven Anteilen der Schleifelemente über den gesamten nutzbaren Durchmesser der Schleifelemente konstant, wobei unter nutzbarem Durchmesser der Bereich des Schleifelements zu verstehen ist, der beim Arbeiten mit dem Schleifelement zum Einsatz kommt.

[0020] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die gesinterten, polykristallinen, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelemente poröse keramische Körper sind, die entweder per se eine ausreichende Porosität besitzen, um die für die Schleifscheiben erforderliche Porosität zu garantieren, oder zusätzlich ebenfalls gelocht sind oder Aussparungen aufweisen, wobei die Lochung bzw. die Aussparungen jedoch dann weniger stark ausgeprägt ist. Als poröse keramische Körper im Sinne der vorliegenden Erfindung sind solche keramischen Körper zu verstehen, die mit mehr oder

weniger kleinen Poren durchsetzt sind, während die oben genannten Lochungen und Aussparungen großvolumig und vorzugsweise geometrisch strukturiert sind.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Basis für die chemische Zusammensetzung der Schleifelemente Aluminiumoxid, wobei die chemische Zusammensetzung vorzugsweise mindestens 50 Gew.-% Aluminiumoxid und wahlweise eines oder mehrere der Oxide ausgesucht aus der Gruppe bestehend aus SiO_2 , MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , MnO_2 , Co_2O_3 , Fe_2O_3 , NiO , Cu_2O , ZnO , ZrO_2 und die Oxide der Seltenen Erden umfasst. Daneben eignen sich auch andere chemische Verbindungen auf der Basis von Oxiden, Carbiden, Nitriden, Oxy-Carbiden, Oxy-Nitriden und Carbo-Nitriden, ausgewählt aus der Gruppe der Elementen bestehend aus Al, B, Si, Ti und Zr, geeignete Materialien zur Herstellung der erfindungsgemäßen keramischen Schleifelemente.

[0022] Die Herstellung der erfindungsgemäßen Schleifelemente kann nach unterschiedlichen Verfahren erfolgen, wobei in allen Fällen zunächst eine formbare keramische Masse hergestellt wird, aus der flach ausgebildete, geometrisch strukturierte Vorläufer für keramische Schleifelemente gebildet werden, die zu polykristallinen, flach ausgebildeten geometrisch strukturierten keramischen Schleifelementen gesintert werden.

[0023] So kann die keramische Masse bzw. das keramische Vorläufermaterial beispielsweise durch Nassvermahlen von α -Aluminiumoxid mit einer mittleren Partikelgröße von vorzugsweise weniger als 1 μm in einer Kugelmühle in Gegenwart eines Dispersionsmittels und anschließende Zugabe eines organischen Binders und wahlweise eines Plastifizierungsmittels und/oder eines Antischaummittels zu der Dispersion gewonnen werden. Die Dispersion wird für mehrere Stunden gemischt, bis sich eine stabile kolloidale Dispersion gebildet hat, die über Foliengießen zu einer Schicht mit einer Schichtstärke bis zu 3 mm verarbeitet wird. Die foliengegossene Schicht wird getrocknet und es werden Vorläufer der flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten Schleifelemente ausgeschnitten, die dann kalziniert und gesintert werden.

[0024] Daneben sind alle Verfahren geeignet, bei denen formbare keramische Massen erhalten werden, aus denen dann die entsprechenden Schleifelemente geformt und anschließend gesintert werden können.

[0025] So sind zum Beispiel auch Sol-Gel-Verfahren sehr gut geeignet zur Herstellung einer formbaren keramischen Masse, wobei die Sol-Gel-Zusammensetzungen einen flüssigen Träger umfassen, in dem das keramische Vorläufermaterial, das in ein keramisches Material, wie zum Beispiel α -Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Titanoxid, Zirkonoxid oder Mischungen davon, umgewandelt werden kann, gelöst oder dispergiert ist. Viele solcher für die Herstellung von Keramiken auf Basis von Aluminiumoxid geeigneter Sole sind als Boehmit-Sole kommerziell unter den Markennamen „Dispal“, „Disperal“, „Pural“ oder „Catapal“ erhältlich.

[0026] Die Sol-Gel-Zusammensetzungen können modifizierende Additive oder Vorläufer von modifizierenden Additiven umfassen. Diese Additive haben die Funktion, die gewünschten Eigenschaften der gesinterten, flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelemente zu verbessern. Typische modifizierende Additive oder Vorläufer von modifizierenden Additiven sind Oxide, Carbide, Nitride, Oxy-Carbide, Oxy-Nitride, Carbo-Nitride oder wasserlösliche Salze des Magnesiums, Zinks, Eisens, Siliziums, Kobalt, Nickels, Zirkoniums, Hafniums und der Seltenen Erden.

[0027] Zusätzlich oder alternativ kann die Sol-Gel-Zusammensetzung Kristallisationskeime enthalten, um die Umwandlung von hydriertem oder kalziniertem Aluminiumoxid in α -Aluminiumoxid zu beschleunigen und damit das Kristallwachstum zu begrenzen. Dafür geeignete Kristallisationskeime schließen feine α -Aluminiumoxid-Partikel, feinteiliges α -Eisenoxid oder dessen Vorläufer, Titanoxid und Titanate, Chromoxid oder andere Verbindungen ein, die in der Lage sind, die Umwandlung in α -Aluminiumoxid zu begünstigen.

[0028] Der besondere Vorteil des Sol-Gel-Verfahrens liegt darin, dass auf diese Weise Schleifelemente mit einem besonders feinkristallinen Gefüge, einer hohen Härte und einer außerordentlichen Zähigkeit erhalten werden können. Auch beim Sol-Gel-Verfahren werden Schichten ausgebildet, die dann getrocknet werden. Aus den getrockneten Schichten werden die Vorläufer der flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten Schleifelemente ausgeschnitten und anschließend gesintert. Alternativ können die beim Sol-Gel-Verfahren erhaltenen Gele auch direkt in eine entsprechende Form gegeben, anschließend getrocknet und dann gesintert werden.

[0029] Weitere geeignete Verfahren zur Herstellung von flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelementen sind das Spritzgießen, das Pressen, das Rollformen und die schnelle Prototypenentwicklung oder additive Fertigung, wie zum Beispiel der 3D-Druck, die Stereolithografie und das LOM-Verfahren (Laminated Object Manufacturing).

KURZBESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0030] Die vorliegende Erfindung wird anhand von Abbildungen zusätzlich erläutert. Dabei zeigen

[0031] die **Fig. 1** bis **Fig. 8** zweidimensionale Draufsichten auf unterschiedlich geometrisch strukturierte Schleifelemente;

[0032] die **Fig. 9** eine Übersicht mit unterschiedlichen geometrischen Aussparungen und

[0033] die **Fig. 10a–Fig. 10c** schematische Darstellungen unterschiedlicher Spanwinkel.

[0034] In der Auswahl der in den oben genannten Figuren gezeigten geometrischen Strukturen ist keine Einschränkung zu sehen. Neben den gezeigten Strukturen ist eine Vielzahl weiterer Strukturen möglich und sinnvoll, um die erfindungsgemäße Aufgabe zu lösen.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0035] Die **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht auf ein strahlenförmig ausgebildetes rundes Schleifelement, in dessen Mitte eine kreisförmige Aussparung **1** zu sehen ist, die mit der Aufnahme der Schleifscheibe korrespondiert, in die das Schleifelement eingebaut werden soll. Der Körper **2** des Schleifelements ist sternförmig ausgebildet, wobei die Enden der Strahlen **3**, senkrecht zur kreisförmigen Aussparung **1** stehen und einen Kreis ausbilden, dessen Durchmesser mit dem Durchmesser der Schleifscheibe korrespondiert, für die das Schleifelement vorgesehen ist. Zwischen den Strahlen **3** sind Aussparungen **4** zu sehen, die geeignet sind, der Schleifscheibe die erforderliche Porosität zur Verfügung zu stellen. Die Aussparungen **4** sind so dimensioniert, dass das Volumenverhältnis von Aussparungen **4** zu den massiven Bereichen des Schleifelements über den beim Schleifprozess genutzten Durchmesser des Schleifelements konstant ist. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass bei radialer Abnutzung der Schleifscheibe die Porosität der Schleifscheibe und damit die Schleifbedingungen über den gesamten Schleifprozess unverändert bleiben. In der **Fig. 1** wird dieses Verhältnis verdeutlicht über das Verhältnis der den Umfang U bzw. U' betreffenden Abstände A/B und A'/B' bei einem bestimmten Scheibendurchmesser.

[0036] Die **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen ebenfalls Draufsichten auf strahlenförmig ausgebildete Schleifelemente, wobei die Strahlen **3** in der **Fig. 2** einen Winkel zur kreisförmigen Aussparung **1** bilden. In der **Fig. 3** sind die Strahlen **3** zusätzlich noch gekrümmt. Auch hier sind die Aussparungen **4** wieder so dimensioniert, dass das Volumenverhältnis von Aussparungen zu den massiven Bereichen des Schleifelements über den beim Schleifprozess genutzten Durchmesser des Schleifelements konstant ist, was ebenfalls wieder durch das Verhältnis der den Umfang betreffenden Abstände A/B und A'/B' verdeutlicht wird.

[0037] Ein weiteres Merkmal zur Charakterisierung der flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelemente ist der Spanwinkel γ , welcher der Neigung der Spanoberfläche (Angriffsfläche) zur Referenzfläche, die senkrecht zur Tangente der Scheibe angeordnet ist, entspricht. Es sind drei unterschiedliche Arten von Spanwinkel möglich: positiv, negativ und genau null. Ein positiver Spanwinkel γ hilft, die Schnittkraft und somit den Energiebedarf beim Schneiden zu reduzieren, wohingegen ein negativer Spanwinkel γ die Kantenfestigkeit und die Lebensdauer des Schleifelements bzw. der Schleifscheibe erhöht. Der Spanwinkel γ ist zusätzlich anhand der **Fig. 3**, **Fig. 4**, **Fig. 8**, **Fig. 10a**, **Fig. 10b** und **Fig. 10c** erläutert.

[0038] Das Schleifelement gemäß **Fig. 3** besitzt einen positiven Spanwinkel γ von 18° . Während des Schleifprozesses fällt der Spanwinkel γ mit zunehmendem Verschleiß (abnehmendem Radius) der Schleifscheibe auf null zurück.

[0039] Die **Fig. 4** zeigt ein kreisscheibenförmig ausgebildetes Schleifelement, dessen Körper **2** eine mit der Aufnahme der Schleifscheibe korrespondierende kreisförmige Aussparung **1** aufweist. Die Porosität der Schleifscheibe wird im vorliegenden Fall mit runden Löchern **4** gewährleistet, die mit zunehmendem Radius der Scheibe größer werden, so dass auch hier das Volumenverhältnis von Aussparungen **4** zu den massiven Bereichen des Schleifelements über den beim Schleifprozess genutzten Durchmesser des Schleifelements konstant ist, was wieder durch das Verhältnis der den Umfang betreffenden Abstände A/B und A'/B' verdeutlicht wird. Der Spanwinkel γ des Schleifelements beginnt mit $+29^\circ$ und wechselt mit abnehmendem Schleifscheibenradius nach dem Passieren der Null in den negativen Bereich bis hinunter zu -90° . Bei der nächsten Reihe der runden Löcher **4** beginnt der Spanwinkel mit $+90^\circ$, fällt auf null zurück und wechselt anschließend in den negativen Bereich bis hinunter zu -90° . Dieser Verlauf wiederholt sich dann mit jeder beginnenden Lochreihe.

[0040] Die **Fig. 5** bis **Fig. 8** zeigen ebenfalls kreisscheibenförmig ausgebildete Schleifelemente, die Lochungen **4** in anderen geometrischen Formen aufweisen. In der **Fig. 5** sind trapezförmige Löcher **4**, in der **Fig. 6** rautenförmige Löcher **4**, in der **Fig. 7** hexagonale, wabenförmige Löcher **4** und in der **Fig. 8** dreieckige Löcher **4** zu sehen. In allen Fällen ist das Volumenverhältnis von Aussparungen **4** zu den massiven Bereichen des Schleifelementes über den beim Schleifprozess genutzten Durchmesser des Schleifelements konstant ist, was wieder durch das Verhältnis der den Umfang betreffenden Abstände A/B und A'/B' verdeutlicht wird. Der Spanwinkel γ des Schleifelementes gemäß **Fig. 8** beträgt 32° und bleibt während des gesamten Schleifprozesses konstant.

[0041] Der Spanwinkel γ wird allgemein anhand der **Fig. 10a** bis **Fig. 10c** erläutert, wobei **Fig. 10a** einen positiven Spanwinkel γ zeigt, der Spanwinkel γ gemäß **Fig. 10b** ist null und **Fig. 10c** zeigt einen negativen Spanwinkel γ . Beim Abtragen erzeugt das Schleifelement **7** auf dem Werkstück **5** einen Span **6**, wobei ein positiver Spanwinkel γ dazu beiträgt, die Schnittkraft und damit den Energiebedarf beim Schneiden zu reduzieren, währenddessen eine negativer Spanwinkel γ die Kantenfestigkeit und die Lebensdauer des Schleifelements **7** erhöht.

[0042] Wie bereits eingangs erwähnt, handelt es sich bei den in den **Fig. 1** bis **Fig. 8** gezeigten Ausführungsformen der Schleifelemente um eine willkürliche Auswahl, worin keine Einschränkung zu sehen ist. In der **Fig. 9** sind Beispiele für weitere geometrische Flächen zu sehen, die mögliche Formen für Aussparungen bzw. Löcher wiedergeben. Auch in dieser Zusammenfassung ist keine Einschränkung zu sehen.

[0043] Neben den in den **Fig. 1** bis **Fig. 8** gezeigten vollständigen kreisförmigen Elementen ist es selbstverständlich auch möglich, Kreissegmente mit den gleichen geometrischen Strukturen herzustellen und einzusetzen. Der Vorteil der Kreissegmente besteht darin, dass ihre Herstellung und Handhabung einfacher ist und bei der Verarbeitung die Gefahr des Bruches von Schleifelementen geringer ist. Als praktische Kreissegmente sind insbesondere Bruchteile mit der Hälfte, einem Drittel, einem Viertel und einem Achtel eines vollständigen kreisförmigen Schleifelementes geeignet.

[0044] Letztendlich hängt die geometrische Gestaltung der Schleifelemente im Wesentlichen vom Einsatzgebiet der Schleifscheibe ab, wobei der Fachmann die geometrische Form wählt, mit der sich die gewünschten Schleifbedingungen am besten einstellen lassen und die darüber hinaus am einfachsten herzustellen ist.

Beispiele

[0045] Es wurde eine 80%ige α -Aluminiumoxid-Suspension mit einer mittleren Partikelgröße D_{50} von $0.144 \mu\text{m}$ durch Nassvermahlen eines α -Aluminiumoxid-Ausgangspulvers mit einer mittleren Partikelgröße von weniger als $1 \mu\text{m}$ gewonnen. Dabei wurde die Suspension durch Zugabe von 0.75 Gew.-% eines Polymethacrylats (KV 5182, Zschimmer & Schwarz) stabilisiert. Die stabilisierte Suspension wurde dann mit einem Latex-Binder (B-1000, Dow Chemicals) versetzt.

[0046] Anschließend wurden zur Erhöhung der Viskosität zur flüssigen Suspension 5 Gew.-% einer wässrigen 1.25%igen Cellulose-Lösung (Methocel K15M) in Wasser zugegeben. Mit der so hergestellten keramischen Vorstufe, die einen Aluminiumoxid-Gehalt von 72.6 Gew.-% und eine Viskosität von $1300 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ aufwies, wurden Folien mit unterschiedlichen Stärken zwischen 200 und $500 \mu\text{m}$ gegossen, aus denen dann Vorläufer der flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelemente entsprechend den **Fig. 1** bis **Fig. 8** gestanzt wurden.

[0047] Die Vorläufer der Schleifelemente wurden getrocknet, wobei aufgrund des hohen Aluminiumoxidgehaltes nur eine geringe Volumenkontraktion und keine Rissbildungen zu erkennen waren. Die getrockneten Vorläufer wurden mit einer Aufheizrate von $1^\circ\text{C}/\text{min}$ auf 600°C erwärmt, um den Binder zu entfernen, und dann mit einer Aufheizrate von $5^\circ\text{C}/\text{min}$ bis zu einer maximalen Temperatur von 1600°C gesintert. Die Haltezeit bei 1600°C betrug 30 Minuten. Die so erhaltenen flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten Schleifelemente besitzen eine Dichte von $3.94 \text{ g}/\text{cm}^3$ (98.3 % der theoretischen Dichte), eine Vickers-Härte H_V von 18.4 GPa und eine Kristallitgröße von weniger als $2 \mu\text{m}$.

Trenntest

[0048] Zur Herstellung einer kunstharzgebundenen Trennscheibe mit einem Durchmesser von 125 mm wurde ein sternförmiges flach ausgebildetes, geometrisch strukturiertes Schleifelement gemäß **Fig. 1** mit einer Stärke von $300 \mu\text{m}$ eingesetzt. Um die Stabilität der Scheibe zu gewährleisten wurde dem Harz Korund als Füllstoff

zugemischt. Als Standard wurde ein Vergleichsscheibe mit einem Einkristallkorund (TSCTSK, Imerys Fused Minerals) in den Körnungen F46/60 herangezogen.

[0049] Es wurden Cr-Ni-Edelstahl-Rundstäbe mit einem Durchmesser von 20 mm als Werkstücke eingesetzt und mit einer Schnittgeschwindigkeit von 6000 $\mu\text{m}/\text{sec}$ bei einer Scheibendrehzahl von 8800 Umdrehungen pro Minute bearbeitet. Dazu wurden jeweils 3 Vorschnitte und 12 weitere Schnitte durchgeführt. Danach wurde der Scheibenverlust anhand der Abnahme des Durchmessers der Scheiben bestimmt. Aus dem Quotienten von Materialabtrag und Scheibenverlust wurde dann das G-Verhältnis bestimmt.

[0050] Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengefasst:

Tabelle 1

Beispiel	G-Verhältnis cm^2/cm^2	Schleifleistung (%)
Gemäß Figur 1 300 μm	3.41	112
Standard (Vergleich) TSCTSK 46/60	3.04	100

[0051] Das oben aufgeführte Beispiel veranschaulicht das Potential der erfindungsgemäßen Schleifelemente. Durch Variationen der geometrischen Struktur, der Stärke und der Eigenporosität der Schleifelemente können für die unterschiedlichsten Anwendungen maßgeschneiderte Schleifelemente zur Verfügung gestellt werden. Schleifelemente mit hoher Eigenporosität sind beispielsweise poröse Oxidkeramiken, deren Porosität mit Hilfe bekannter keramischer Technologien zwischen 10 % und 90 % Porenvolumen eingestellt werden kann.

[0052] Ein weiteres Optimierungspotential ergibt sich aus der Verwendung mehrerer Schleifelemente, die in einer Schleifscheibe parallel nebeneinander eingesetzt werden können, wobei vorteilhaft zusätzlich die Lochbilder der Schleifelemente versetzt zueinander angeordnet sind, so dass die Porosität über die Breite der Schleifscheibe eine optimale homogene Verteilung aufweist. Ein Beispiel für eine solche Scheibe ist eine doppelschichtig versetzte Trennscheibe, die zwei flach ausgebildete, geometrisch strukturierte Schleifelemente aufweist, die jeweils eine Stärke von 150 μm besitzen.

[0053] Zusätzlich können die physikalischen Eigenschaften der Schleifelemente durch Dotierungen verändert werden. So kann beispielsweise die Zähigkeit und Bruchfestigkeit der Schleifelemente durch den Zusatz von Zirkonoxid verbessert werden. Die Wahl der Ausgangsstoffe und des Herstellverfahrens bietet weitere Variationsmöglichkeiten und Optimierungsansätze für die erfindungsgemäßen Schleifelemente. So können beispielsweise über das Sol-Gel-Verfahren mit bekannten Technologien besonders feinkristalline Schleifelemente hergestellt werden, die eine mittlere Kristallitgröße im Bereich von 100 nm aufweisen. Derartige keramische Stoffe besitzen eine außerordentliche Zähigkeit und Härte und sind besonders gut für die Bearbeitung von hochlegierten Stählen geeignet.

[0054] Ein besonders interessantes Einsatzgebiet für die erfindungsgemäßen Schleifelemente sind dünne kunstharzgebundene Scheiben mit einer Stärke zwischen 100 μm und 200 μm und einem geringen Durchmesser zwischen 1 cm und 4 cm, wie sie im Dentalbereich eingesetzt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1007599 B1 [0004]
- EP 0620082 B1 [0004]

Patentansprüche

1. Gesintertes, polykristallines, flach ausgebildetes, geometrisch strukturiertes keramisches Schleifelement, bestehend aus einem gesintertem Formkörper mit
 - einer homogenen Mikrostruktur,
 - einer über das gesamte Schleifelement gleichmäßig ausgebildeten chemischen Zusammensetzung und
 - einer einheitlichen geometrischen Struktur,
 wobei der Sinterkörper eine erste Oberfläche und eine der ersten Oberfläche gegenüberliegende und parallel zu ihr angeordnete zweite Oberfläche aufweist, wobei beide Oberflächen durch eine Seitenwand mit einer Dicke zwischen 50 µm und 2000 µm voneinander getrennt sind und das Verhältnis von Durchmesser zu Dicke des Schleifelements größer als 30 ist,
 dadurch gekennzeichnet, dass

der mittlere Durchmesser der die homogene Mikrostruktur ausbildenden Kristalle kleiner als 10 µm ist.
2. Schleifelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemische Zusammensetzung des Schleifelements auf Aluminiumoxid und/oder anderen chemischen Verbindungen basiert, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus den Carbiden, Oxiden, Nitriden, Oxy-Carbiden, Oxy- Nitriden und Carbo-Nitriden von mindestens einem der Elemente ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Al, B, Si, Zr und Ti.
3. Schleifelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schleifelement eine Kreisscheibe oder ein Kreissegment ist.
4. Schleifelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schleifelement ein perforierter keramischer Körper ist.
5. Schleifelement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Perforierung des keramischen Körpers eine homogene geometrische Struktur mit geometrisch geformten Öffnungen aufweist.
6. Schleifelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schleifelement ein poröser keramischer Körper ist.
7. Schleifelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumenverhältnis der Öffnungen zu den massiven Anteilen des Schleifelements über den gesamten nutzbaren Durchmesser des Schleifelements konstant ist.
8. Schleifelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemische Zusammensetzung des Schleifelements mindestens 50 Gew.-% Aluminiumoxid und wahlweise eines oder mehrere der Oxide ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus SiO₂, MgO, TiO₂, Cr₂O₃, MnO₂, Co₂O₃, Fe₂O₃, NiO, Cu₂O, ZnO, ZrO₂ und der Oxide der Seltenen Erden umfasst.
9. Verfahren zur Herstellung eines flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelements nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend die Schritte:
 - Herstellung einer formbaren Masse eines keramischen Vorläufermaterials;
 - Formen eines Vorläufers für ein flach ausgebildetes, geometrisch strukturiertes Schleifelement aus der formbaren Masse; und
 - Kalzinieren und Sintern des besagten Vorläufers, um ein flach ausgebildetes, geometrisch strukturiertes keramisches Schleifelement zu erhalten.
10. Verfahren nach Anspruch 9,

zusätzlich gekennzeichnet durch die Schritte:
 - Herstellung einer Dispersion von α-Aluminiumoxid in Wasser durch Nassvermahlung von α-Aluminiumoxid mit einer mittleren Partikelgröße von weniger als 1 µm in Gegenwart eines Dispersionsmittels;
 - Zugabe eines organischen Binders und wahlweise eines Plastifizierungsmittels und/oder eines Antischaummittels zur Dispersion;
 - Mischen der Dispersion für mehrere Stunden, um eine stabile kolloidale Dispersion zu erhalten;
 - Foliengießen der stabilen kolloidalen Dispersion zu einer Schicht mit einer Dicke bis zu 3 mm;
 - Trocknen der foliengegossenen Schicht;
 - Ausstanzen von Vorläufern eines flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelements; und

– Kalzinieren und Sintern der Vorläufer, um ein flach ausgebildete, geometrisch strukturierte keramische Schleifelemente zu erhalten.

11. Die Verwendung von flach ausgebildeten, geometrisch strukturierten keramischen Schleifelementen nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Herstellung von kunstharzgebundenen Schleifscheiben.

12. Trennscheiben, umfassend flach ausgebildete, geometrisch strukturierte keramische Schleifelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

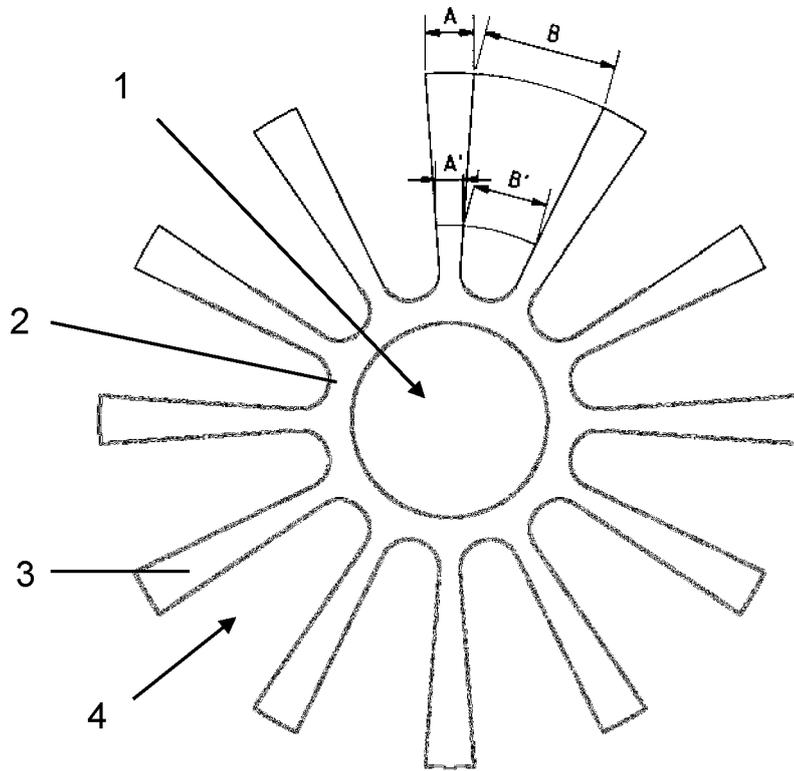


FIG. 1

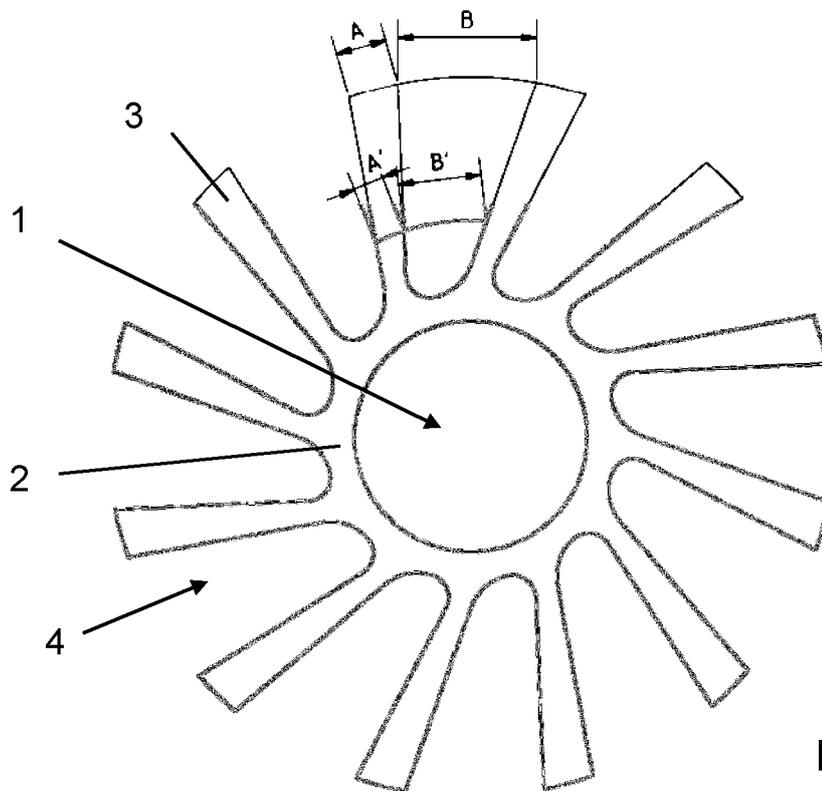
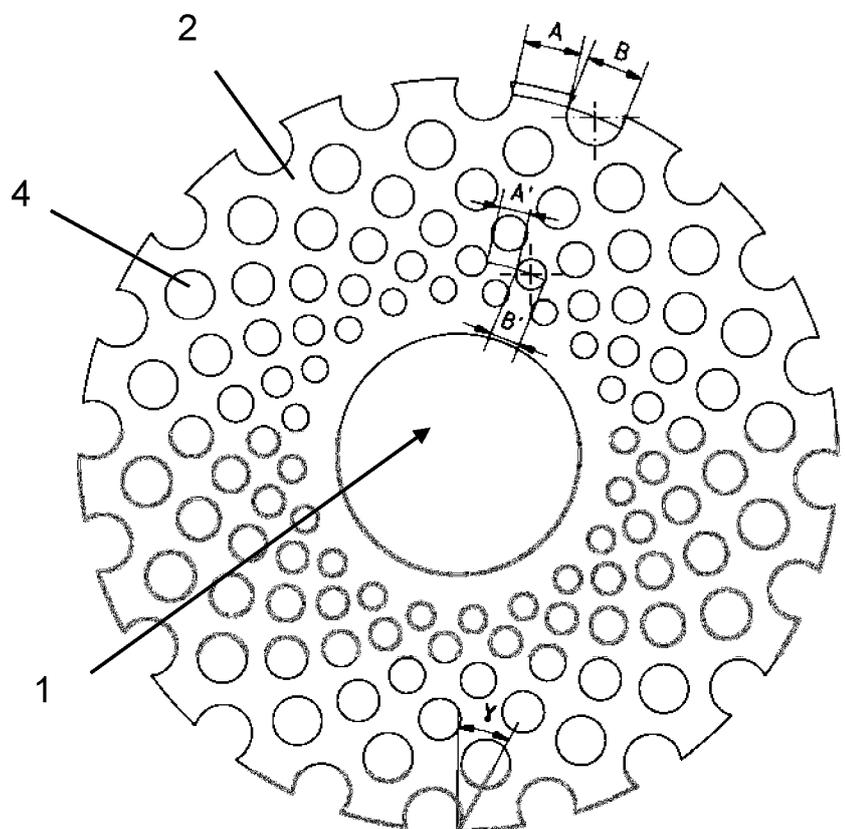
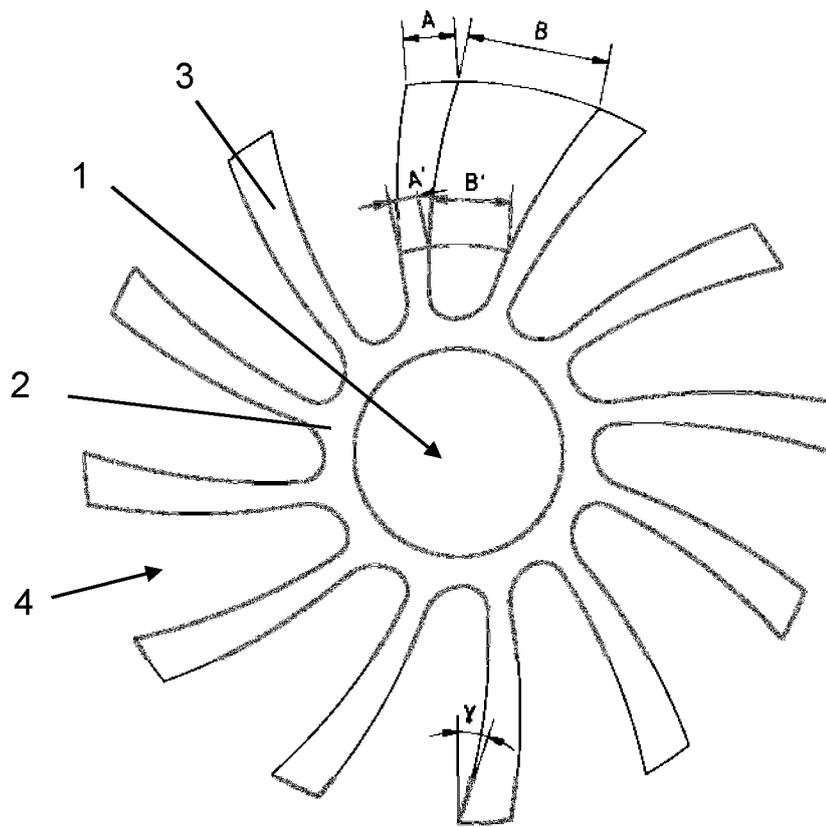


FIG. 2



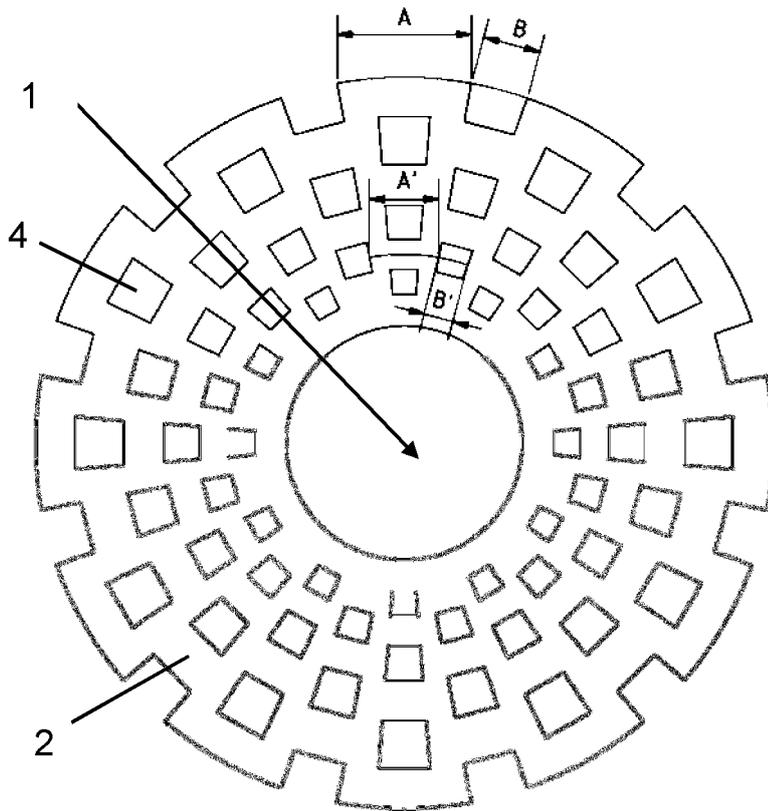


FIG. 5

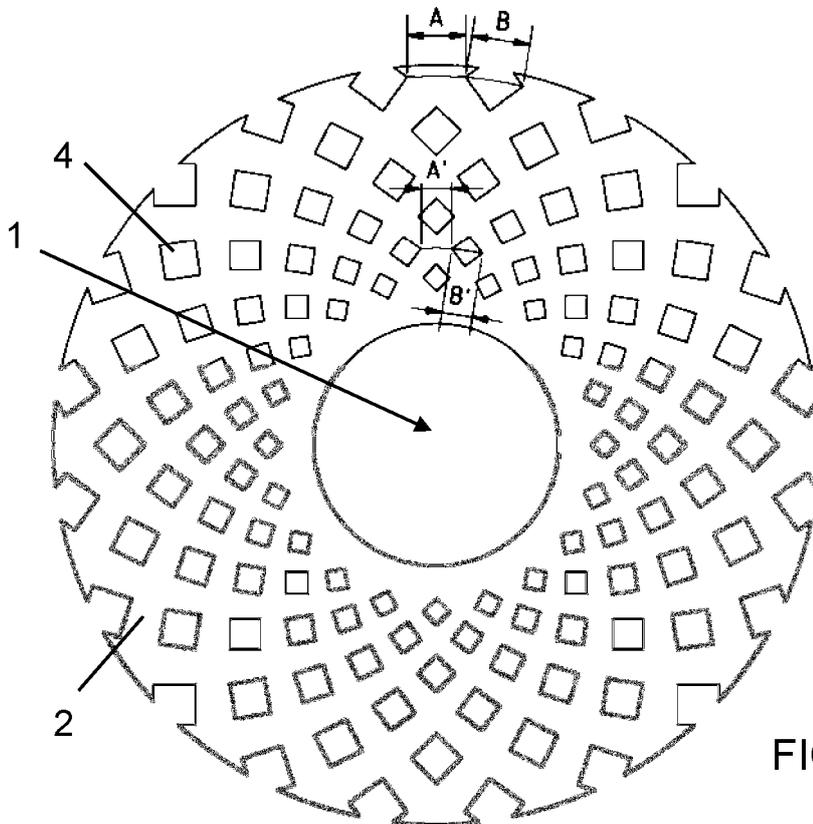


FIG. 6

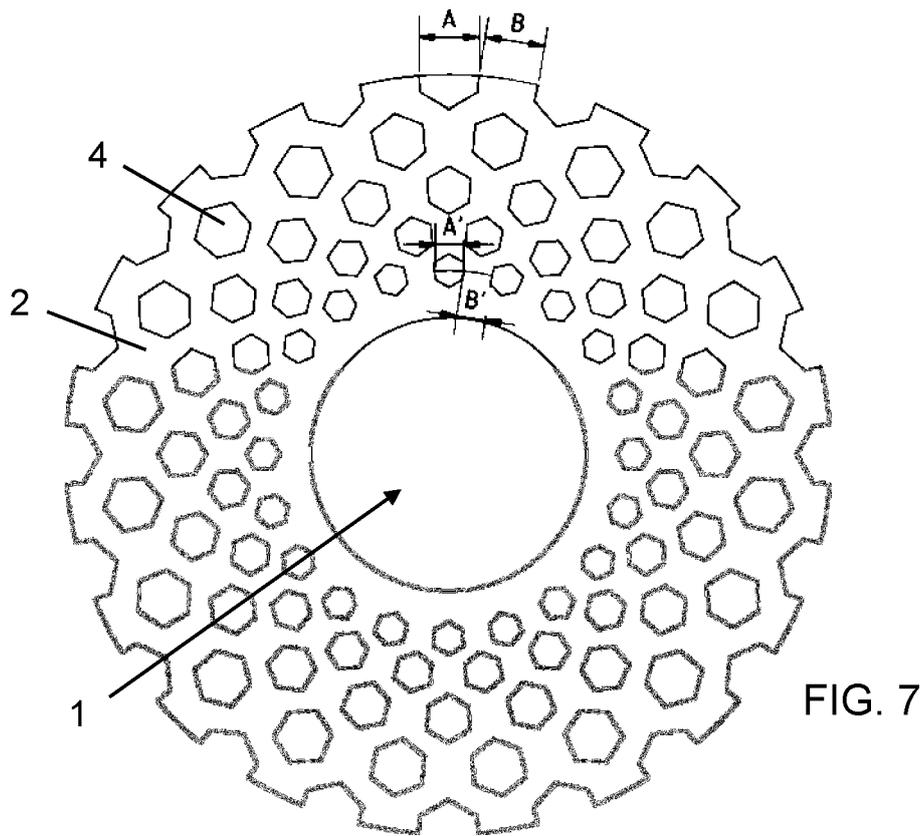


FIG. 7

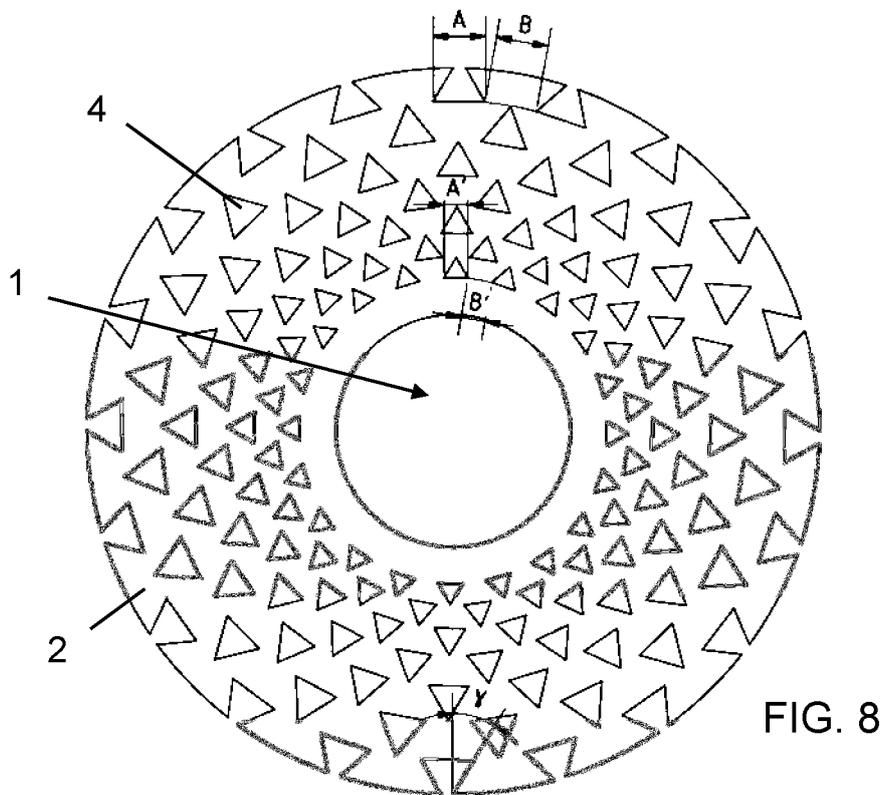


FIG. 8

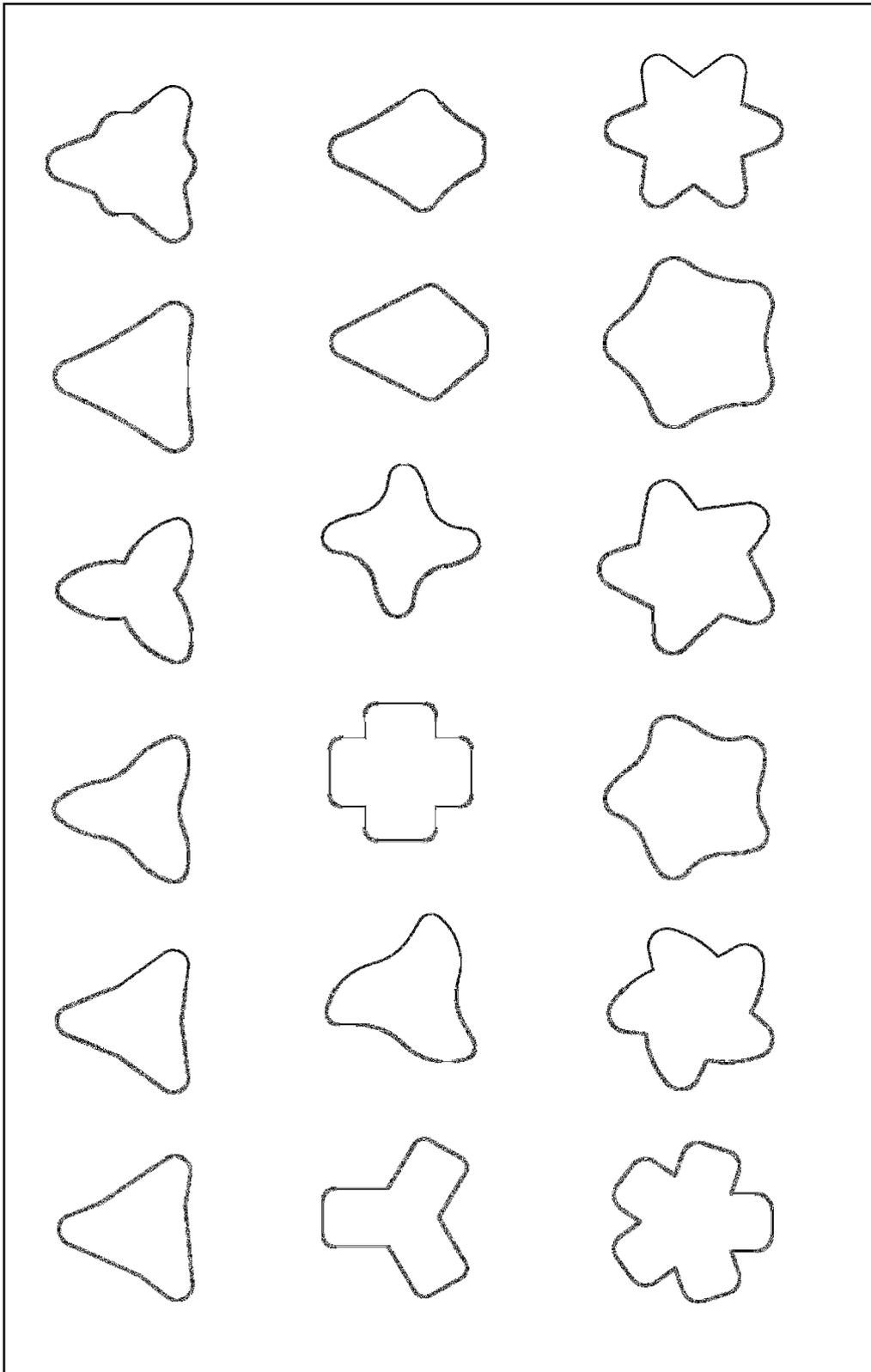


FIG. 9

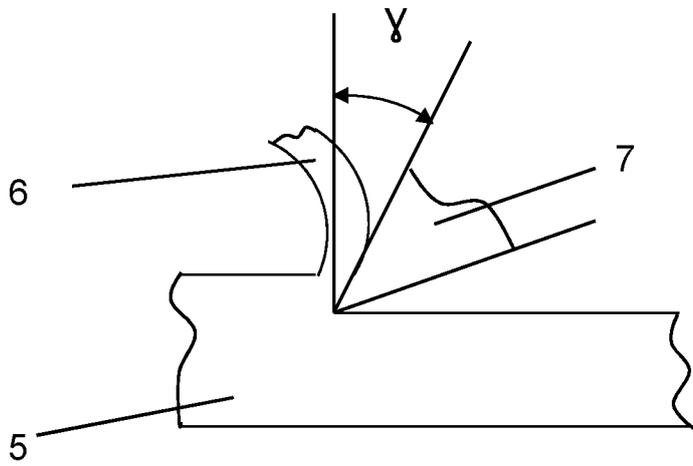


FIG. 10a

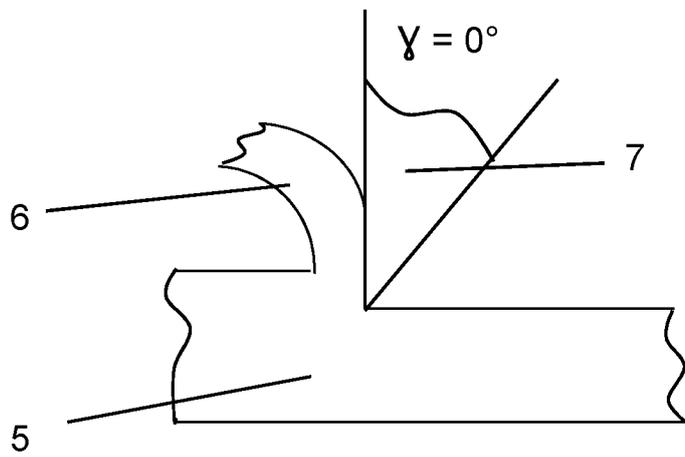


FIG. 10b

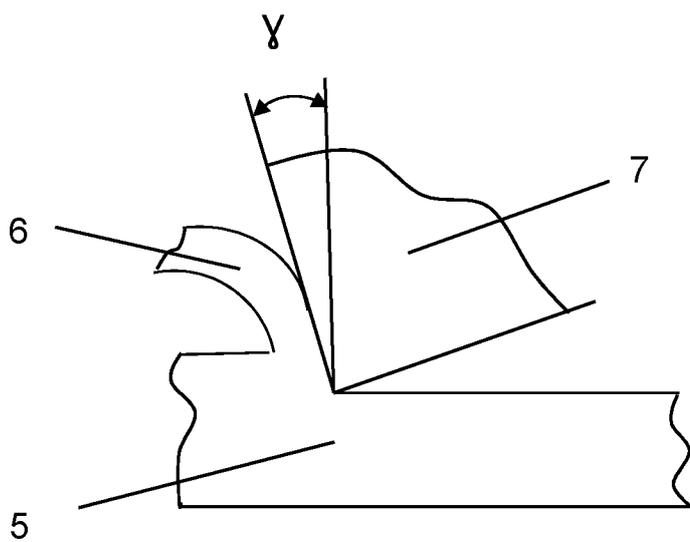


FIG. 10c