



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 113 886.0**

(22) Anmeldetag: **01.06.2022**

(43) Offenlegungstag: **07.12.2023**

(51) Int Cl.: **B23B 51/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**EMUGE-Werk Richard Glimpel GmbH & Co. KG
Fabrik für Präzisionswerkzeuge, 91207 Lauf, DE**

(74) Vertreter:

**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 90402 Nürnberg, DE**

(72) Erfinder:

**Borschert, Bernhard, 96050 Bamberg, DE; Kempf,
Thomas, 91207 Lauf, DE; Steinbach, Martin, 90607
Rückersdorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2021 105 703	A1
DE	20 2010 001 892	U1
US	2005 / 0 053 438	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Bohrwerkzeug und Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung**

(57) Zusammenfassung: Bohrwerkzeug zum Erzeugen einer Bohrung mit einer zylindrischen Innenwandung,

a) wobei das Bohrwerkzeug in einer Drehbewegung mit einer vorgegebenen Drehrichtung (VD) um eine durch das Bohrwerkzeug verlaufende Werkzeugachse (A) drehbar ist und zugleich in einer axialen Vorwärtsbewegung (VB) in einer Vorwärtsrichtung axial zur Werkzeugachse bewegbar ist,

b) wobei das Bohrwerkzeug wenigstens einen Bohrbereich (3) umfasst, der in einem in Vorwärtsrichtung an einem vorderen oder freien Ende liegenden Bereich des Bohrwerkzeugs angeordnet ist und eine Bohrspitze (35) aufweist,

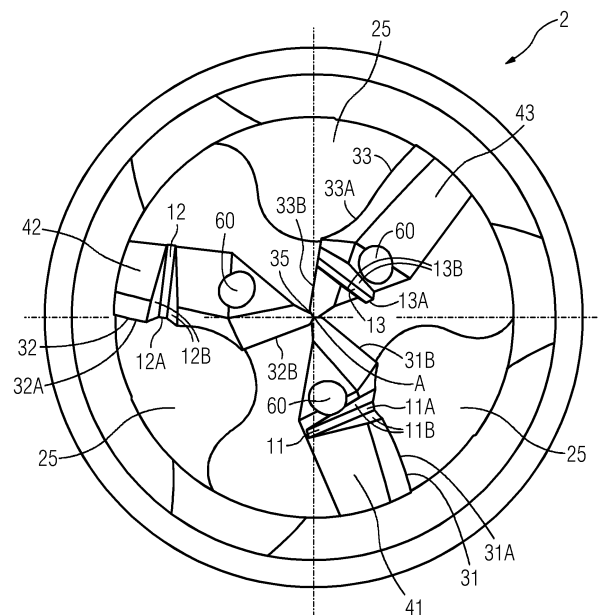
c) wobei der Bohrbereich eine Anzahl $n \geq 2$, also wenigstens zwei, Bohrschneiden (31, 32, 33) aufweist, die in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind, wobei n eine natürliche Zahl ist,

d) wobei jede der n Bohrschneiden (31, 32, 33), radial zur Werkzeugachse (A) gesehen, eine äußere Bohrteilschneide (31A, 32A, 33A) und eine innere Bohrteilschneide (31B, 32B, 33B) aufweist,

e) wobei die äußere Bohrteilschneide (31A, 32A, 33A) im Wesentlichen senkrecht zur Werkzeugachse (A) verläuft und

f) wobei die innere Bohrteilschneide (31B, 32B, 33B), in der axialen Vorwärtsrichtung gesehen, zur Werkzeugachse (A) ansteigend auf die Bohrspitze (35) zu verläuft,

g) wobei an wenigstens einer, vorzugsweise jeder, der n Bohrschneiden wenigstens ein Spanteiler (11, 12, 13) angeordnet ist, der eine Unterbrechung der jeweiligen Bohrschneide bildet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bohrwerkzeug und ein Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung.

[0002] Aus DE 10 2021 105 703 A1 sind ein Bohrwerkzeug, insbesondere Spiralbohrer, sowie ein Verfahren jeweils zum Erzeugen einer Bohrung mit einer zylindrischen Innenwandung bekannt. Das Bohrwerkzeug weist wenigstens einen Bohrbereich auf, der in einem in Vorwärtsrichtung an einem vorderen oder freien Ende liegenden Bereich des Bohrwerkzeugs angeordnet ist und eine Anzahl n von Bohrschneiden aufweist, die in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind, wobei n eine natürliche Zahl ist mit $n \geq 1$, vorzugsweise $n \geq 2$. An wenigstens einer oder jeder der n Bohrschneiden ist wenigstens ein Spanteiler, insbesondere eine Spanteilnut, angeordnet, der eine Unterbrechung der jeweiligen Bohrschneide bildet. Die axiale Tiefe des oder jedes Spanteilers gemessen in zur Werkzeugachse axialer Richtung von der zugehörigen Bohrschneide aus einem Wertebereich von dem 0,5-fachen bis 1,1-fachen des axialen Vorschubs der zugehörigen Bohrschneide relativ zur in Drehrichtung unmittelbar vorhergehenden Bohrschneide gewählt und vorzugsweise wenigstens annähernd gleich zu diesem axialen Vorschub der zugehörigen Bohrschneide. Dies ist besonders bei einer ungleichen Teilung zweckmäßig. Oder die axiale Tiefe des oder jedes Spanteilers ist gemessen in zur Werkzeugachse axialer Richtung aus einem Wertebereich von $0,5/n$ bis $1,1/n$, vorzugsweise wenigstens annähernd $1/n$, multipliziert mit dem axialen Vorschub des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung gewählt. Dies ist besonders bei einer gleichen Teilung zweckmäßig. Die radialen Abstände der Spanteiler von der Werkzeugachse an wenigstens zwei der n Bohrschneiden sind in einer vorteilhaften Ausgestaltung unterschiedlich zueinander, und zwar derart, dass in einer Drehprojektion im vorgegebenen Drehsinn um die Werkzeugachse auf einen Spanteiler an einer ersten Bohrschneide ein Schneidbereich einer nachfolgenden zweiten Bohrschneide folgt, und/oder derart, dass der radiale Abstand des Spanteilers an einer der zwei Bohrschneiden an dessen innerster zur Werkzeugachse nächstliegender Stelle größer ist als der radiale Abstand des Spanteilers an der anderen der zwei Bohrschneiden an dessen äußerster zur Werkzeugachse am weitesten entfernter Stelle, und/oder derart, dass der äußere radiale Abstand des Spanteilers an einer der zwei Bohrschneiden kleiner ist als der innere radiale Abstand des Spanteilers an der anderen der zwei Bohrschneiden. Eine radiale Breite eines Spanteilers, insbesondere bei der Unterbrechung der zugehörigen Bohrschneide, ist bevorzugt aus einem Bereich von dem 0,05-fachen bis zum 0,25-fachen des Durchmessers des Bohrbereiches gewählt. Bei dem aus dieser DE 10 2021 105 703 A1 bekannten Verfahren wird

ein hoher axialer Bohrvorschub der Vorwärtsbewegung des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung von mindestens 9 % des Durchmessers des Bohrbereiches des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung, insbesondere mindestens 0,5 mm pro Umdrehung bei einem Durchmesser von 5,5 mm, und insbesondere von mindestens 15 % des Durchmessers des Bohrbereiches des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung, insbesondere mindestens 0,8 mm pro Umdrehung bei einem Durchmesser von 5,5 mm erreicht. Der Vorschub pro Bohrschneide ergibt sich dann durch Multiplikation des Bohrvorschubs f pro Umdrehung (360°) mit dem Verhältnis aus Teilungswinkel und 360° .

[0003] In einem Ausführungsbeispiel gemäß DE 10 2021 105 703 A1 umfasst der Bohrbereich zwei stirnseitige Bohr(haupt)schneiden, die insbesondere schräg oder konisch oder auch mit einer vorgegebenen Krümmung, axial nach vorne verlaufend angeordnet sein können und in einer Bohrspitze zulaufen, insbesondere in einem sich zur Bohrspitze verjüngenden Konus und/oder über eine die beiden Bohrschneiden über die Bohrspitze verbindenden Querschneide. Die Bohrspitze kann auch als Zentrierspitze ausgebildet werden.

[0004] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, das aus DE 10 2021 105 703 A1 bekannte Bohrwerkzeug und Verfahren jeweils zum Erzeugen einer Bohrung in einem Werkstück weiterzubilden. Insbesondere soll auch ein vorerzeugtes Loch in einem Werkstück auf einen vorgegebenen Lochdurchmesser mit hoher Genauigkeit und hoher Geschwindigkeit nachgebohrt werden können.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe geeignete Ausführungsformen und Gegenstände gemäß der Erfindung sind insbesondere in den Patentansprüchen angegeben, die auf ein Bohrwerkzeug, insbesondere mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1, und ein Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung unter Verwendung eines solchen Werkzeuges, insbesondere mit den Merkmalen des Patentanspruchs 18, gerichtet sind.

[0006] Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen gemäß der Erfindung ergeben sich aus den jeweils abhängigen Patentansprüchen.

[0007] Die beanspruchbaren Merkmalskombinationen und Gegenstände gemäß der Erfindung sind nicht auf die gewählte Fassung und die gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche beschränkt. Vielmehr kann jedes Merkmal einer Anspruchskategorie, beispielsweise eines Werkzeugs, kann auch in einer anderen Anspruchskategorie, beispielsweise einem Verfahren beansprucht werden. Ferner kann jedes Merkmal in den Patentansprüchen, auch unabhängig von deren Rückbeziehungen, in einer beliebigen Kombination mit einem oder mehreren anderen

Merkmal(en) in den Patentansprüchen beansprucht werden. Außerdem kann jedes Merkmal, das in der Beschreibung oder Zeichnung beschrieben oder offenbart ist, für sich, unabhängig oder losgelöst von dem Zusammenhang, in dem es steht, allein oder in jeglicher Kombination mit einem oder mehreren anderen Merkmalen, das oder die in den Patentansprüchen oder in der Beschreibung oder Zeichnung beschrieben oder offenbart ist oder sind, beansprucht werden.

[0008] Gemäß Patentanspruch 1 wird ein Bohrwerkzeug vorgeschlagen, das zum Erzeugen einer Bohrung mit einer zylindrischen Innenwandung geeignet und bestimmt ist,

a) wobei das Bohrwerkzeug in einer Drehbewegung mit einem vorgegebenen Drehsinn oder einer vorgegebenen Drehrichtung um eine durch das Bohrwerkzeug verlaufende Werkzeugachse drehbar ist und zugleich in einer axialen Vorwärtsbewegung in einer Vorwärtsrichtung axial zur Werkzeugachse bewegbar ist,

b) wobei das Bohrwerkzeug wenigstens einen Bohrbereich umfasst, der in einem in Vorwärtsrichtung an einem vorderen oder freien Ende liegenden Bereich des Bohrwerkzeugs angeordnet ist und eine Bohrerspitze aufweist,

c) wobei der Bohrbereich eine Anzahl n von Bohrschneiden aufweist, die in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind, wobei n eine natürliche Zahl ist mit $n \geq 2$,

d) wobei jede der n Bohrschneiden, radial zur Werkzeugachse gesehen, eine äußere Bohrteilschneide und eine innere Bohrteilschneide aufweist,

e) wobei die äußere Bohrteilschneide im Wesentlichen senkrecht zur Werkzeugachse verläuft und

f) wobei die innere Bohrteilschneide, in der axialen Vorwärtsrichtung gesehen, zur Werkzeugachse ansteigend auf die Bohrerspitze zu verläuft,

g) wobei an wenigstens einer, vorzugsweise jeder, der n Bohrschneiden wenigstens ein Spanteiler angeordnet ist, der eine Unterbrechung der jeweiligen Bohrschneide bildet.

[0009] Im Allgemeinen weist der Bohrbereich eine Anzahl $n \geq 3$, also wenigstens drei, Bohrschneiden auf, die in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind, insbesondere bei gleicher Teilung um einen Teilungswinkel von $360^\circ/n$ oder auch bei ungleicher Teilung mit verschiedenen Teilungswinkeln.

[0010] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist an zumindest einer, vorzugsweise an

zwei, der n Bohrschneiden der zugehörige wenigstens eine Spanteiler an der zugehörigen äußeren Bohrteilschneide angeordnet und an zumindest einer, vorzugsweise genau einer, der n Bohrschneiden der zugehörige wenigstens eine Spanteiler an der zugehörigen inneren Bohrteilschneide angeordnet.

[0011] Die äußere Bohrteilschneide und die innere Bohrteilschneide jeder Bohrschneide schließen bevorzugt einen eingeschlossenen Winkel größer als 100° und kleiner als 170° , insbesondere 150° bis 165° , vorzugsweise 160° . Die innere Bohrteilschneide schließt vorzugsweise, in der axialen Vorwärtsrichtung gesehen, zur Werkzeugachse einen eingeschlossenen Schneidenwinkel zwischen 100° und 170° , insbesondere 105° bis 120° , vorzugsweise 110° , ein.

[0012] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die axiale Tiefe des oder jedes Spanteilers gemessen in zur Werkzeugachse axialer Richtung von der zugehörigen Bohrschneide aus einem Wertebereich von dem 0,5-fachen bis 1,1-fachen des axialen Vorschubs der zugehörigen Bohrschneide relativ zur in Drehrichtung unmittelbar vorhergehenden Bohrschneide gewählt und vorzugsweise wenigstens annähernd gleich zu diesem axialen Vorschub der zugehörigen Bohrschneide. Dies ist besonders bei einer ungleichen Teilung zweckmäßig.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist die axiale Tiefe des oder jedes Spanteilers gemessen in zur Werkzeugachse axialer Richtung aus einem Wertebereich von $0,5/n$ bis $1,1/n$, vorzugsweise wenigstens annähernd $1/n$, multipliziert mit dem axialen Vorschub des Bohrwerkzeuges pro Umdrehung gewählt. Dies ist besonders bei einer gleichen Teilung zweckmäßig.

[0014] Durch diese vorteilhaften Maßnahmen liegt die axiale Tiefe der Spanteiler im Bereich der Spandicke und kann der Span entsprechend vollständig geteilt oder zumindest ausreichend geschwächt werden, um dann geteilt zu werden.

[0015] Die radialen Abstände der Spanteiler von der Werkzeugachse an wenigstens zwei, vorzugsweise allen, der n Bohrschneiden sind in einer vorteilhaften Ausgestaltung unterschiedlich zueinander, und zwar derart, dass in einer Drehprojektion im vorgegebenen Drehsinn um die Werkzeugachse auf einen Spanteiler an einer ersten Bohrschneide ein Schneidenbereich einer nachfolgenden zweiten Bohrschneide folgt, und/oder derart, dass der radiale Abstand des Spanteilers an einer der zwei Bohrschneiden an dessen innerster zur Werkzeugachse nächstliegender Stelle größer ist als der radiale Abstand des Spanteilers an der anderen der zwei Bohrschneiden an dessen äußerster zur Werkzeug-

achse am weitesten entfernter Stelle, und/oder derart, dass der äußere radiale Abstand des Spanteilers an einer der zwei Bohrschneiden kleiner ist als der innere radiale Abstand des Spanteilers an der anderen der zwei Bohrschneiden. Bevorzugt werden die radialen Abstände auch so gewählt, dass eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Spanteiler radial oder über die Schneidenlänge gesehen, erreicht wird.

[0016] Eine radiale Breite eines Spanteilers, insbesondere bei der Unterbrechung der zugehörigen Bohrschneide, ist bevorzugt aus einem Bereich von dem 0,05-fachen bis zum 0,25-fachen des Durchmessers des Bohrbereiches gewählt.

[0017] Zweckmäßigerweise ist wenigstens ein oder jeder Spanteiler als Spanteilnut ausgebildet, die an der jeweiligen Bohrschneide eine Unterbrechung bildet.

[0018] In einer Ausführungsform erstreckt sich wenigstens eine Spanteilnut des jeweiligen Spanteilers von der jeweiligen Bohrschneide in eine benachbarte Freifläche oder Abfolge von Freiflächen. Eine Länge der Erstreckung der Spanteilnut ist nun insbesondere durch den Freiwinkel oder die Lage der Freifläche(n) einstellbar.

[0019] Die Spanteilnut kann sich auch in einer anderen Ausführungsform an der Spanfläche der jeweiligen Bohrschneide erstrecken.

[0020] Die Erstreckung der Spanteilnut(en) folgt dabei vorzugsweise einem im Wesentlichen linearen Verlauf oder einer Abfolge von wenigstens zwei oder drei zueinander geneigten, insbesondere nach innen zur Werkzeugachse hin (oder konvex) geneigten, linearen Nutabschnitten. Dabei kann die lineare Erstreckung der Spanteilnut oder ihrer Abschnitte insbesondere jeweils tangential zu einem Kreis um die Werkzeugachse verlaufen.

[0021] Ferner ist auch ein zumindest abschnittsweise gekrümmter, vorzugsweise konvex zur Werkzeugachse gekrümmter, Verlauf der Erstreckung der Spanteilnut(en) möglich.

[0022] Wenigstens eine oder jede Spanteilnut des jeweiligen Spanteilers kann nun in einer bevorzugten Ausführung einen im Wesentlichen linearen Verlauf oder eine Abfolge von wenigstens zwei oder drei zueinander geneigten, insbesondere nach innen zur Werkzeugachse hin geneigten, linearen Abschnitten aufweist, wobei die lineare Erstreckung der Spanteilnut oder ihrer Abschnitte insbesondere jeweils tangential zu einem Kreis um die Werkzeugachse verläuft. Die Spanteilnut kann aber auch einen zumindest abschnittsweise gekrümmten, vorzugs-

weise konvex zur Werkzeugachse gekrümmten, Verlauf aufweisen.

[0023] Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, dass wenigstens eine oder jede Spanteilnut einen Querschnitt in Form eines Trapezes aufweist, wobei sich das Trapez vorzugsweise in Vorwärtsrichtung oder zur Bohrschneide hin öffnet, insbesondere mit einem Öffnungswinkel von zwischen 45° und 90°, vorzugsweise wenigstens annähernd 60°.

[0024] In verschiedenen Ausführungsformen kann wenigstens ein Spanteiler oder eine Spanteilnut auch einen Querschnitt in Form eines Dreiecks oder Trapezes oder Schwalbenschwanzes oder Rechtecks oder einer Doppelwelle oder einer Rundung, insbesondere eines Halbkreises, gegebenenfalls mit verlängerten linearen Seitenwänden, aufweisen.

[0025] Wenigstens ein Spanteiler kann auch als Spanteilstufe ausgebildet sein.

[0026] Im Allgemeinen ist jede Bohrschneide an einem zugehörigen Steg angeordnet und/oder ausgebildet, wobei sich an jedem Steg, insbesondere an einer stirnseitigen Fläche des Steges, wenigstens eine Freifläche an jede Bohrschneide anschließt. Der Freiwinkel der Freifläche liegt bevorzugt in einem radial außenliegenden Bereich zwischen 3° bis 15° oder zwischen 5° bis 15°, insbesondere 6° oder 10°, und nimmt vorzugsweise radial nach innen zu, insbesondere auf einen Wert bis maximal 40°. Die Freifläche ist insbesondere kegelmantelförmig oder mit einem Kegelmantelschliff erzeugt, kann aber auch eben oder flach sein.

[0027] Vorzugsweise umfasst das Bohrwerkzeug wenigstens eine im Bohrbereich beginnende Spanabfuhrnut(en) zum Abführen der Bohrspäne. Die axiale Länge der Spanabfuhrnuten ist im Allgemeinen größer als die maximale Lochtiefe oder Eindringtiefe des Werkzeugs, so dass sich die Spanabfuhrnuten jederzeit in einen Bereich oberhalb oder außerhalb der Werkstückoberfläche erstrecken und die Späne aus dem Bohrloch abführen können. Zwischen jeweils zwei Spanabfuhrnuten verläuft nun bevorzugt jeweils einer der Stege.

[0028] Spanabfuhrnuten und/oder Stege verlaufen bevorzugt um die Werkzeugachse gedallt, insbesondere unter einem konstanten oder variablen Drallwinkel, der typischerweise in einem Intervall von 0° bis 50°, insbesondere 20° bis 35°, beispielsweise 30°.

[0029] In vorteilhaften Ausführungsformen erstreckt sich wenigstens eine Spanteilnut zu einem Austritt für Kühl- und/oder Schmiermittel in dem zugehörigen Steg, wobei der Austritt vorzugsweise mit einem in

einem zugehörigen Steg verlaufenden Kanal verbunden ist oder dessen Mündung darstellt.

[0030] Der radiale Durchmesser des Bohrbereichs bezogen auf die Werkzeugachse beträgt bevorzugt maximal 20 mm (also eine Größe, bei der bei Spiralbohrern normalerweise keine Spanteiler eingesetzt werden).

[0031] In allen Ausführungsformen ist bevorzugt die Spanfläche an jeder Bohrschneide nicht mit einer vorstehenden Spanumformfläche oder Spanumformstufe versehen, sondern verläuft insbesondere stetig mit einer vergleichsweise geringen Krümmung. Dadurch kann der Bohrbereich kompakter und axial kürzer ausgebildet werden.

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht einen, insbesondere vom Bohrbereich axial versetzten, Führungsbereich an dem Außenumfang des Bohrwerkzeugs vor. Der Führungsbereich weist einen Durchmesser auf, der dem Außendurchmesser des Bohrbereichs entspricht oder nur geringfügig, beispielsweise um 0,5 bis 2 %, kleiner als dieser ist. Dadurch dient der Führungsbereich vorzugsweise der Eigenführung des Bohrwerkzeugs in der erzeugten Bohrung. Der Führungsbereich ist vorzugsweise in einzelne Führungsteilbereiche, die jeweils an einem der Stege vorgesehen sind, unterteilt. Der Führungsbereich, vorzugsweise jeder Führungsteilbereich an jedem Steg, kann wenigstens eine in Umfangsrichtung verlaufende Schmiernut aufweisen, vorzugsweise wenigstens zwei zueinander axiale beabstandete Schmiernuten, auf zum Zuführen von Schmiermittel, insbesondere Öl, in den Führungsbereich während des Bohrprozesses. Vorzugsweise verläuft jede Schmiernut(en) entlang einer Helix mit einer dem axialen Vorschub pro Umdrehung oder pro Bohrschneide als Steigung.

[0033] In einer besonderen Ausführungsform ist an den Außenbereichen der Bohrschneiden ein Eckenbruch vorgesehen ist. Es kann nun in Eckenbruchwinkel des Eckenbruchs zur radialen Richtung im Bereich von 0° bis 60°, bevorzugt zwischen 15° und 30°, gewählt werden und/oder ein Winkel des Eckenbruchs (γ) zur Werkzeugachse (A) aus einem Intervall von 0° und dem Betrag des Drallwinkels, insbesondere der Spanabfuhrnuten (25), vorzugsweise 0°, gewählt sein. Eine radial gemessene Eckenbruchbreite des Eckenbruchs beträgt bevorzugt zwischen 0,05 mm und 0,4 mm.

[0034] Das Verfahren gemäß der Erfindung, insbesondere gemäß Patentanspruch 15, ist zum Erzeugen einer Bohrung mit einer zylindrischen Innenwandung vorgesehen, insbesondere ohne Gewinde. Es wird ein Bohrwerkzeug gemäß der Erfindung verwendet und mit diesem werden die folgenden - für

einen Bohrvorgang an sich typischen - Verfahrensschritte durchgeführt:

- das Bohrwerkzeug wird beim Erzeugen der Bohrung in einer Vorwärtsdrehbewegung in einem vorgegebenen Vorwärtsdrehsinn um die durch das Bohrwerkzeug verlaufende Werkzeugachse gedreht und zugleich in einer axialen Vorwärtsbewegung in einer Vorwärtsrichtung axial zur Werkzeugachse bewegt,

- anschließend wird das Bohrwerkzeug aus der erzeugten Bohrung in einer axialen zur Vorwärtsrichtung entgegengesetzten Rückwärtsrichtung herausbewegt und währenddessen weiterhin in dem Vorwärtsdrehsinn gedreht. Dadurch ist keine Gewindeerzeugung möglich.

[0035] Im Unterschied zu bekannten Bohrverfahren mit Spiralbohrern wird gemäß der Erfindung vorzugsweise ein hoher axialer Bohrvorschub f der Vorwärtsbewegung des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung von mindestens 9 % des Durchmessers des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung, insbesondere mindestens 0,5 mm pro Umdrehung bei einem Durchmesser von 5,5 mm, und insbesondere von mindestens 15 % des Durchmessers des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung, insbesondere mindestens 0,8 mm pro Umdrehung bei einem Durchmesser von 5,5 mm. Der Vorschub f_z pro Bohrschneide ergibt sich dann durch Multiplikation des Bohrvorschubs f pro Umdrehung (360°) mit dem Verhältnis aus Teilungswinkel und 360° .

[0036] Die Drehzahl für die Drehung des Bohrwerkzeugs zumindest während des Erzeugens der Bohrung wird bevorzugt aus einem Bereich zwischen 1000 U/min und 20.000 U/min gewählt. Die axiale Geschwindigkeit beim Herausbewegen des Bohrwerkzeugs aus der Bohrung ist im Allgemeinen größer, vorzugsweise um mindestens das fünffache größer, als bei der axialen Vorwärtsbewegung.

[0037] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen weiter erläutert. Dabei wird auch auf die Zeichnungen Bezug genommen, in deren

Fig. 1 ein Bohrwerkzeug in einer perspektivischen Seitenansicht,

Fig. 2 eine Stirnansicht des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs gemäß **Fig. 1**,

Fig. 3 eine vergrößerte perspektivische Seitenansicht des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs gemäß **Fig. 1**,

Fig. 4 eine vergrößerte, gegenüber **Fig. 3** gedrehte perspektivische Stirnansicht des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs gemäß **Fig. 1** und

Fig. 5 eine vergrößerte, noch einmal gegenüber **Fig. 4** gedrehte perspektivische Stirnansicht

des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs gemäß **Fig. 1** jeweils schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Teile und Größen sind in den **Fig. 1** bis **Fig. 5** mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0038] Das mit 2 bezeichnete Bohrwerkzeug (im Folgenden auch kurz als Werkzeug bezeichnet) wird zum Erzeugen einer zylindrischen Bohrung, insbesondere eines Sacklochs oder Durchgangslochs, eingesetzt und ist dazu mit einem Bohrbereich 3 ausgebildet.

[0039] Das Bohrwerkzeug 2 ist vorzugsweise mittels eines Koppelbereichs an einem axial zur Werkzeugachse A verlaufenden oder ausgebildeten Werkzeugschaft 24 mittels eines nicht dargestellten Drehantriebs, insbesondere einer Werkzeugmaschine und/oder Antriebs- oder Werkzeugmaschinenspindel, rotatorisch oder in einer Drehbewegung um seine Werkzeugachse A in einem Vorwärtsdrehsinn VD antreibbar. Ferner ist das Werkzeug 2 axial in einer axialen Vorwärtsbewegung VB und in einer entgegengesetzten axialen Rückholbewegung axial zur Werkzeugachse A bewegbar, insbesondere mittels eines Axialantriebs, der wiederum in der Werkzeugmaschine und/oder Antriebs- oder Werkzeugmaschinenspindel vorgesehen sein kann. Ein Außendurchmesser des Schaftes 24 ist mit d2 bezeichnet.

[0040] An einem vom Koppelbereich des Schaftes 24 abgewandten freien Endbereich oder stirnseitigen Ende des Bohrwerkzeugs 2 ist der Bohrbereich 3 vorgesehen. Der Bohrbereich 3 hat einen Außendurchmesser oder Bohrdurchmesser d1 und erzeugt eine Bohrung mit diesem Innendurchmesser d1 im nicht dargestellten Werkstück. Mit seiner Bohrspitze 35 wird der Bohrbereich 3 des sich drehenden Werkzeugs 2 auf der Werkstückoberfläche aufgesetzt und der Bohrvorgang gestartet.

[0041] Zum Erzeugen der Bohrung wird das Bohrwerkzeug 2 in einer Arbeitsbewegung, die aus der Drehbewegung VD um die Werkzeugachse einerseits und der axialen Vorschubbewegung VB entlang der Werkzeugachse A zusammengesetzt ist, in ein nicht dargestelltes Werkstück bewegt und der Bohrbereich 3 erzeugt spanabhebend die Bohrung. Die Werkzeugachse A fällt während dieses Bohrvorgangs in der Regel mit der Mittelachse der Bohrung zusammen.

[0042] Wenn der Bohrungsgrund oder die maximale Bohrtiefe erreicht ist, wird in einer Rückholbewegung das Bohrwerkzeug 2 aus der erzeugten Bohrung herausbewegt in der zur Vorwärtsrichtung der Arbeitsbewegung entgegengesetzten axialen Rückwärtsrichtung. Dabei wird während der Rückholbewegung oder beim Herausbewegen des Bohrwerkzeugs aus der Bohrung im Allgemeinen eine

deutlich höhere axiale Geschwindigkeit gewählt als in der Arbeitsbewegung beim Bohren, beispielsweise eine um das 5-fache bis 50-fache höhere axiale Geschwindigkeit. Das Bohrwerkzeug wird auch während der Rückholbewegung weitergedreht und die Drehrichtung oder der Drehsinn des Bohrwerkzeugs bleibt während der Rückholbewegung gegenüber der Arbeitsbewegung unverändert, entspricht also dem Vorwärtsdrehsinn VD. Die Drehzahl bei der Drehbewegung während des Bohrens wird im Allgemeinen zwischen 1000 U/min (Umdrehungen pro Minute) und 20.000 U/min gewählt, in der Regel abhängig von der Werkzeugmaschine und von dem Werkstück sowie auch von dem Durchmesser des Bohrwerkzeugs, beispielsweise derart, dass tangentielle Umfangsgeschwindigkeiten am Außendurchmesser von zwischen 30 und 300 m/min erreicht werden. Bei dem Herausziehen aus der Bohrung kann die Drehzahl zwar niedriger gewählt werden, wird aber im Allgemeinen einfach beibehalten.

[0043] Das vorliegende Bohrwerkzeug 2 gemäß der Erfindung ist besonders für hohe axiale Bohrvorschübe f geeignet und bestimmt. Der axiale Vorschub f des Bohrwerkzeugs bei der axialen Vorschubbewegung während des Bohrens (Bohrvorschub) ist in der bevorzugten Ausführung mindestens 0,5 mm, vorzugsweise mindestens 0,8 mm, pro Umdrehung bei einem Durchmesser d1 = 5,5 mm (allgemein 9 % oder 15 % vom Durchmesser d1) gewählt und kann ohne Beschränkung der Allgemeinheit bis zu 1,5 mm und sogar bis zu 2 mm pro Umdrehung erreichen. Der Bohrvorschub f kann an den Durchmesser d1 des Bohrbereichs 3 des Bohrwerkzeugs 2 angepasst werden, wobei bei größerem Durchmesser d1 in der Regel auch der Bohrvorschub f größer gewählt wird oder werden kann.

[0044] Solch ein im Vergleich zu bekannten Spiralbohrern deutlich höherer Bohrvorschub wird ermöglicht durch die spezielle Ausbildung des Bohrwerkzeugs gemäß der Erfindung, die anhand von Ausführungsbeispielen im Folgenden weiter erläutert wird.

[0045] Der Bohrbereich 3 umfasst in den dargestellten Ausführungsbeispielen drei stirnseitige Bohr(haupt)schneiden 31, 32 und 33. Im Allgemeinen könne auch zwei oder vier oder mehr Bohrschneiden vorgesehen sein, also generell eine Anzahl mit $n \geq 2$ von Bohrschneiden. Die Bohrschneiden sind in Drehrichtung VD zueinander versetzt angeordnet, insbesondere in gleicher Teilung um einen Teilungswinkel von $360^\circ/n$, bei den drei Bohrschneiden 31, 32 und 33 also $360^\circ/3 = 120^\circ$ oder auch in ungleicher Teilung mit verschiedenen Teilungswinkeln. Die stirnseitigen Bohrschneiden 31, 32 und 33 sind in dem Vorwärtsdrehsinn VD schneidend, im dargestellten Ausführungsbeispiel rechtschneidend, ausgebildet und tragen bei der Vorwärtsbewegung VB bei gleichzeitiger

Drehbewegung in Vorwärtsdrehrichtung VD Material des Werkstücks, das axial vor dem Bohrwerkzeug 2 liegt, spanabhebend ab.

[0046] Jede Bohrschneide 31, 32 und 33 ist aus einer radial zur Werkzeugachse A gesehen weiter außen liegenden äußeren Bohrteilschneide 31A bzw. 32A bzw. 33A und einer radial näher bei der Werkzeugachse A liegenden inneren Bohrteilschneide 31B bzw. 32BA bzw. 33B gebildet oder zusammengesetzt. Die radial zur Werkzeugachse A gemessene radiale Erstreckung der äußeren Bohrteilschneide 31A bzw. 32A bzw. 33A ist bevorzugt größer als die radiale Erstreckung der korrespondierenden inneren Bohrteilschneide 31B bzw. 32BA bzw. 33B, insbesondere um einen Faktor, der zwischen 1,2 und 2, vorzugsweise bei 1,8, liegt. Wenn eine Vorbohrung nachgebohrt wird, beträgt die radiale Erstreckung der korrespondierenden inneren Bohrteilschneide 31B bzw. 32B bzw. 33B typischerweise zwischen 2,5 % und 12,5 %, vorzugsweise etwa 7,5 %, kleiner als der Durchmesser der Vorbohrung.

[0047] Die drei inneren Bohrteilschneiden 31B, 32B und 33B laufen bevorzugt auf die Bohrspitze 33 zu oder in dieser zusammen, insbesondere in einem sich zur Bohrspitze 35 verjüngenden Konus. Die inneren Bohrteilschneiden 31B, 32B und 33B verlaufen also in Vorwärtsrichtung VB schräg oder unter einem Neigungswinkel β , der ein zwischen der inneren Bohrteilschneide 31B, 32B oder 33B in der axialen Vorwärtsrichtung gesehen zur Werkzeugachse A eingeschlossene Winkel ist und im Allgemeinen zwischen 100° und 170° betragen kann und im dargestellten Ausführungsbeispiel, bei dem ein Spitzwinkel an der Bohrspitze 35 von 140° verwirklicht ist, beispielsweise 110° beträgt.

[0048] Die äußeren Bohrteilschneiden 31A, 32A und 33A sind dagegen unter einem Schneidenwinkel α zur Werkzeugachse A angeordnet oder ausgebildet, der bevorzugt 90° beträgt, so dass also die äußeren Bohrteilschneiden 31A, 32A und 33A orthogonal, bevorzugt in einer gemeinsamen Normalenebene orthogonal, zur Werkzeugachse A verlaufen. Dadurch entstehen an den äußeren Bohrteilschneiden 31A, 32A und 33A keine radialen Abdrängungskräfte oder Hebelmomente beim Bohren, insbesondere beim Nachbohren von nichtfluchtenden Vorbohrungen.

[0049] Die innere Bohrteilschneide 31B, 32B und 33B jeder Bohrschneide 31, 32 und 33 schließt somit mit der zugehörigen äußeren Bohrteilschneide 31A, 32A und 33A jeweils einen eingeschlossenen Winkel γ ein, für den gilt: $\gamma = 270^\circ - \beta$, wenn $\alpha = 90^\circ$, der also insbesondere aus einem Intervall zwischen 100° und 170° gewählt ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel mit $\beta = 110^\circ$ ist $\gamma = 160^\circ$ gewählt.

[0050] Es sind ferner Spanabfuhrnuten 25 am Werkzeug 2 vorgesehen, die im Bohrbereich 3 beginnen und sich bis in den Schaft 24 fortsetzen. Zwischen den Spanabfuhrnuten 25 sind Bohrstege (oder: Rücken) 41, 42 und 43 angeordnet und ausgebildet. Die erste Bohrschneide 31 ist an dem ersten Bohrstege 41 ausgebildet und die zweite Bohrschneide 32 an dem zweiten Bohrstege 42 und die dritte Bohrschneide 33 an dem dritten Bohrstege 43, und zwar jeweils im vorderen Bereich oder an der Stirnseite des jeweiligen Bohrsteiges.

[0051] Vorzugsweise verlaufen die Spanabfuhrnuten 25 und die dazwischenliegenden Bohrstege 41, 42 und 43 gedraht um die Werkzeugachse A unter einem konstanten oder auch variablen Drallwinkel, der typischerweise in einem Intervall von 0° bis 50° , insbesondere 20° bis 35° , beispielsweise 30° , liegt (Spiralbohrer), können aber auch parallel oder axial zur Werkzeugachse A verlaufen. Die axiale Länge der Spanabfuhrnuten 25 ist vorzugsweise größer als die maximale Lochtiefe oder Eindringtiefe des Werkzeugs 2 gewählt, d.h. die Spanabfuhrnuten 25 erstrecken sich in einen Bereich oberhalb oder außerhalb der Werkstückoberfläche. Dadurch können in jeder Phase des Prozesses die entstehenden Späne aus dem erzeugten Loch im Werkstück durch die Spanabfuhrnuten 25 nach außen herausgeführt werden.

[0052] An jeder Bohrschneide 31, 32 oder 33 bildet die zugehörige Spanabfuhrnut 25 eine zugehörige Spanfläche. Die Spanwinkel dieser Spanflächen an den Bohrschneiden 31, 32 und 33 sind vorzugsweise in einem Bereich zwischen -10° und $+45^\circ$ gewählt, wobei vorzugsweise die Spanwinkel bezogen auf die Werkzeugachse A von innen nach außen zunehmen, und näher zur Werkzeugachse A in einem Bereich zwischen -10° und $+10^\circ$ liegen können und im äußeren Bereich insbesondere zwischen 15° bis 45° liegen, vorzugsweise dem Drallwinkel der gedrahten Spanabfuhrnuten 25 entsprechen.

[0053] An der von der Spanfläche bzw. zugehörigen Spanabfuhrnut 25 abgewandten Rückseite der Bohrschneide 31, 32 und 33 schließt sich jeweils eine Freifläche (z.B. 51, 52) an, die ebenfalls an der stirnseitigen Fläche des zugehörigen Bohrsteigs 41 bzw. 42 bzw. 43 angeordnet ist. Die Freiwinkel der Freiflächen, also die Winkel zwischen der Freifläche und einer senkrecht zur Werkzeugachse A tangential durch die Bohrschneide verlaufenden transversalen Ebene, sind im Allgemeinen so gewählt, dass trotz des bevorzugt hohen axialen Vorschubs f eine Reibung der von diesen Freiflächen gebildeten stirnseitigen Flächen der Bohrstege 41 bis 43 an dem Werkstück 2 vermieden wird. Der minimale Freiwinkel bei einem bestimmten Radius r ist gemäß der Formel $\arctan(\text{axialer Vorschub pro Umdrehung}/(2r \pi))$, also hier $\arctan(f/(2r \pi))$ näherungsweise berechnen-

bar, nimmt also von außen nach innen zu. Es wird aber in der Regel ein größerer Freiwinkel gewählt, um Reibung sicher zu verhindern. Der Freiwinkel ist bevorzugt in einem unmittelbar an die Bohrschneiden 31, 32 und 33 angrenzenden Freiflächenbereich in einem radial außenliegenden Bereich vorzugsweise zwischen 5° bis 15° , insbesondere 10° , gewählt und nimmt radial nach innen zu insbesondere bis zu dem Dachwinkel der Bohrspitze 35. Dadurch ist eine stabile Bohrschneide 31 bzw. 32 bzw. 33 sichergestellt. Die Freifläche kann insbesondere kegelmantelförmig sein oder durch Kegelmantelschliff erzeugt sein oder auch eben sein.

[0054] Ferner befindet sich an der Stirnseite jedes Bohrsteiges 41, 42 und 43 jeweils ein beispielsweise im Querschnitt runder oder konvexer Austritt 60 eines durch den jeweiligen Bohrsteig verlaufenden Fluidkanals zum Zuführen von Kühl- und/oder Schmiermittel, der ebenso wie der Bohrsteig axial oder auch gedrahtet verlaufen kann.

[0055] Bei dem Bohrwerkzeug sind nun gemäß der Erfindung an den Bohrschneiden Spanteiler, vorzugsweise jeweils genau ein Spanteiler, vorgesehen, die die von den Bohrschneiden erzeugten Späne zerteilen und schmaler machen und dadurch insbesondere Bandspäne erzeugen. Diese Bandspäne werden vermutlich beim Abführen aufgrund der hohen Vorschubwerte und ggf. auch der Sprödigkeit des Materials gebrochen, jedenfalls waren bei Untersuchungen die zu erwartenden Prozessprobleme mit Bandspänen nicht zu beobachten. Es müssen aber auch nicht an allen Bohrschneiden Spanteiler vorgesehen sein und/oder es können auch mehr als ein Spanteiler an einer Bohrschneide vorgesehen sein.

[0056] In den dargestellten Ausführungsbeispielen sind an der ersten Bohrschneide 31 ein erster Spanteiler 11 und an der zweiten Bohrschneide 32 ein zweiter Spanteiler 12 sowie an der dritten Bohrschneide 33 ein dritter Spanteiler 13 angeordnet. Jeder Spanteiler 11, 12 und 13 bildet eine Unterbrechung der jeweiligen Bohrschneide 31 bzw. 32 bzw. 33.

[0057] Bevorzugt ist jeder Spanteiler nur in einer der beiden Teilschneiden jeder Bohrschneide angeordnet, also nicht überlappend in Drehprojektion. In den dargestellten vorteilhaften Ausführungsbeispielen sind der Spanteiler 11 in der äußeren Bohrteilschneide 31A der Bohrschneide 31 bei dem radialen Abstand r_1 von der Werkzeugachse A, der Spanteiler 12 in der äußeren Bohrteilschneide 32A der Bohrschneide 32 bei dem radialen Abstand r_2 von der Werkzeugachse A vorgesehen und ausgebildet. Der dritte Spanteiler 13 ist dagegen in der geneigten inneren Bohrteilschneide 33A der dritten Bohrschneide 33 bei dem radialen Abstand r_3 vorgesehen.

[0058] Die radialen Abstände r_1 und r_2 und r_3 der Spanteiler 11, 12 und 13 sind bevorzugt unterschiedlich zueinander und werden bevorzugt so gewählt, dass es bei einer Drehprojektion entgegengesetzt zur Drehrichtung des Werkzeugs 2 unmittelbar benachbarter Spanteiler 11 und 12 bzw. 12 und 13 aufeinander keine Überlappung gibt, diese also noch etwas radial beabstandet voneinander sind. Dadurch liegt in Drehprojektion hinter einem Spanteiler einer Bohrschneide eine nachfolgende Bohrschneide und werden die Späne somit unterschiedlich geteilt und in ihrer Länge begrenzt. Außerdem wird auch eine Riefenbildung am Bohrungsgrund vermieden.

[0059] Bevorzugt werden die radialen Abstände r_1 und r_2 und r_3 so gewählt, dass eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Spanteiler radial oder über die Schneidenlänge gesehen, erreicht wird, beispielsweise indem $r_2 - r_1$ wenigstens annähernd gleich $r_1 - r_3$ ist.

[0060] Eine radiale Breite b_1 des Spanteilers 11 und eine radiale Breite b_2 des Spanteilers 12 sowie eine radiale Breite b_3 des Spanteilers 13 sind bevorzugt gleich gewählt und/oder vorzugsweise so gewählt, dass der äußere radiale Abstand $r_3 = r_2 + b_2$ des weiter innen liegenden Spanteilers 12 kleiner als der innere radiale Abstand r_1 des anderen Spanteilers 11 ist, wodurch ein Überlapp der Unterbrechungen der Spanteiler in der Drehprojektion vermieden wird.

[0061] Bevorzugte Werte sind für die radialen Breiten b_1 und b_2 aus einem Bereich von $0,05 d_1$ bis $0,25 d_1$ und für den radialen Abstand r_1 aus einem Bereich von $0,05 d_1$ bis $0,25 d_1$ und für den radialen Abstand r_2 aus einem Bereich von $0,25 d_1$ bis $0,4 d_1$ gewählt sowie für den radialen Abstand r_3 aus einem Bereich von $0,1 d_1$ bis $0,2 d_1$ gewählt.

[0062] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Spanteiler 11, 12 und 13 als Spanteilnuten ausgebildet, die sich an der Stirnseite der Bohrsteige 41, 42 und 43 von der jeweiligen Bohrschneide 31 bzw. 32 bzw. 33 in die dahinterliegende(n) Freiflächen erstrecken. Die Spanteilnut jedes Spanteilers 11, 12 und 13 weist einen Nutgrund 11A, 12A und 13A sowie zwei Nutflanken 11B, 12B und 13B auf, die vom Nutgrund 11A, 12A bzw. 13A zur zugehörigen Bohrschneide 11 bzw. 12 bzw. 13 verlaufen. Die in Drehrichtung gesehen vorderen Kanten der Spanteilnuten bzw. des Nutgrunds und der Nutflanken bilden ebenfalls Schneiden zum Teilen der Späne.

[0063] Die Längen der Spanteilnuten oder Spanteiler 11 und 12 können gleich zueinander gewählt werden und/oder variabel gewählt werden, insbesondere auch indem die Freiwinkel oder die Lage der Freiflächen variiert werden. Bei einer vorgegebenen

Tiefe t_1 oder t_2 kann man die Länge der Spanteilnuten der Spanteiler 11 und 12 insbesondere dadurch einstellen, wie man die Freifläche neigt, d.h. welche Freiwinkel man wählt. Bei steilerer Orientierung oder größeren Freiwinkeln ist die Länge der Spanteilnuten kürzer und bei kleineren Freiwinkeln oder einer weniger steilen Orientierung der Freiflächen ist die Länge der Spanteilnuten größer. Durch die Freiflächen und deren vergleichsweise großen Freiwinkel wird sichergestellt, dass die hinteren Kanten der Spanteilnuten nicht am Werkstück reiben.

[0064] Bevorzugt wird die Länge oder Erstreckung wenigstens eines Teils der Spanteiler bzw. Spanteilnuten so gewählt, dass diese sich möglichst nahe zum oder sogar direkt in den Austritt für das Kühl- und/oder Schmiermittel erstrecken, insbesondere die Austritte 60 in den Bohrstegen 41, 42 und 43 (siehe z.B. Spanteiler 11 und 13). Dadurch kann Kühl- und/oder Schmiermittel durch die Spanteilnuten zu den Bohrschneiden geführt werden. Auch schon bei einer Anordnung in der Nähe des Austritts gelangt ein signifikanter Teil des Kühl- und/oder Schmiermittels bereits durch die Spanteilnuten zu der Bohrschneide und kann dort eine kühlende bzw. schmierende Wirkung entfalten, neben dem ohnehin schon von außen oder über die Außenseiten zu der Bohrschneide gelangenden Kühl- und/oder Schmiermittel.

[0065] Die Erstreckung der Spanteilnut von der Bohrschneide in die Freiflächen oder auch in die Spanfläche kann in ganz unterschiedlicher Gestalt und Länge ausgebildet sein. So kann, wie gezeigt, eine lineare Erstreckung gewählt werden, die den Vorteil hat, leicht mit einer Schleifscheibe erzeugt werden zu können, wobei die lineare Erstreckung tangential zu einem Kreis um die Werkzeugachse A erfolgen kann oder auch schräg zu einer tangentialen Richtung und die Länge l_1 bzw. l_2 entlang der linearen Erstreckung gemessen wird. Ferner ist auch ein gekrümmter Verlauf der Erstreckung der Spanteilnuten möglich. Hierbei kann man beispielsweise einen Verlauf entlang eines Kreises um die Werkzeugachse A wählen oder auch eine andere gekrümmte Kurve. Die Länge bei einem gekrümmten Verlauf ist dann insbesondere als Bogenlänge zu bestimmen. Generell sollten die Spanteilernuten so ausgebildet werden, dass sich das Material, welches stehenbleibt, frei durch den Spanteiler bewegen kann, also nach der Schneide an keiner Stelle mehr „angeht“, sei es axial oder radial.

[0066] In einer nicht dargestellten Ausführungsform kann sich wenigstens eine der Spanteilnuten oder auch jede Spanteilnut von der Bohrschneide in die Freiflächen oder auch in die Spanfläche auch in Form von zwei, drei oder auch mehr, insbesondere linearen, aufeinanderfolgenden Abschnitten erstrecken, die insbesondere zueinander geneigt oder

unter einem Winkel zueinander angeordnet sind. Die lineare Erstreckung jedes Abschnittes der Spanteilnut(en) kann tangential zu einem Kreis um die Werkzeugachse A erfolgen oder auch schräg zu einer tangentialen Richtung. Dadurch kann die Spanteilnut einem Verlauf entlang des Umfangs oder entlang einer Krümmung, insbesondere Kreiskrümmung, insbesondere um die Werkzeugachse A, nach Art eines teilweisen Polygons angenähert werden. Jeder lineare Abschnitt kann nun vorzugsweise wieder durch eine lineare Bewegung einer Schleifscheibe erzeugt werden. Außerdem können auch Spanteilnuten mit aufeinanderfolgenden linearen und gekrümmten Abschnitten vorgesehen sein.

[0067] Die in zur Werkzeugachse A axialer Richtung von der Unterbrechung gemessenen axialen Tiefen t_1 und t_2 der Spanteilnuten der Spanteiler 11 und 12 können in einem weiten Bereich gewählt werden und sind vorzugsweise gleich zueinander.

[0068] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform werden die axialen Tiefen t_1 und t_2 der Spanteilnuten der Spanteiler 11 und 12 in einem Bereich von genau oder ungefähr der Hälfte des axialen Vorschubs (axialer Bohrvorschub) f des Bohrwerkzeuges eingestellt, insbesondere bei gleichmäßig verteilt oder unter gleichen Teilungswinkeln angeordneten Bohrschneiden. Allgemein bei einer Anzahl n Bohrschneiden liegt die axiale Tiefe des Spanteilers an der Bohrschneide im Wesentlichen in einem Bereich von $f \times 0,5/n$ bis $f \times 1,1/n$, insbesondere $f \times 0,8/n$ bis $f \times 1/n$, vorzugsweise bei f/n .

[0069] Alternativ wird die axiale Tiefe jedes Spanteilers in einem Bereich von dem 0,5-fachen bis 1,1-fachen des axialen Vorschubs f_z der zugehörigen Bohrschneide relativ zur in Drehrichtung unmittelbar vorhergehenden Bohrschneide eingestellt. Vorzugsweise ist die axiale Tiefe des Spanteilers wenigstens annähernd gleich zu diesem axialen Vorschub f_z pro Bohrschneide. Dies ist insbesondere bei einer ungleichen Teilung, wenn also die Bohrschneiden nicht unter dem gleichen Teilungswinkel zueinander verteilt angeordnet sind, sinnvoll.

[0070] In diesen Ausführungsformen wird die axiale Tiefe der Spanteiler somit im Bereich der Spandicke eingestellt, so dass der Span vollständig geteilt werden kann oder zumindest ausreichend geschwächt werden kann, so dass er dann leicht umgeformt oder gebrochen werden kann.

[0071] Die Spanteilnuten oder Spanteiler 11 und 12 haben vorzugsweise auch einen Freiwinkel, insbesondere einen axialen Freiwinkel und/oder einen radialen Freiwinkel, bevorzugt aus einem Bereich von 0° bis 20° , insbesondere 14° , was sich auch auf die axiale Tiefe auswirkt.

[0072] Die Lage, Form und Länge sowie der Querschnitt der Spanteilnuten kann in weiten Grenzen abhängig von der gewünschten Spanteilung und weiteren Funktionen und Parametern gewählt werden. Dadurch kann die Spanbildung unterschiedlich beeinflusst durch unterschiedliches Reißen und Stauchen und auch der Verschleiß positiv beeinflusst werden.

[0073] In einer bevorzugten Ausführung haben die Spanteilnuten der Spanteiler 11 und 12 und 13, insbesondere ihr Nutgrund und Nutflanken, zumindest an der Bohrschneide 31 bzw. 32 bzw. 33, insbesondere aber auch durchgehend, einen in Form eines Trapezes ausgebildeten Querschnitt, welches Trapez sich zur Stirnseite oder in Vorwärtsrichtung öffnet mit einem Öffnungswinkel, der insbesondere aus einem Bereich von 45° bis 90° gewählt ist, vorzugsweise bei etwa 60°. Diese Ausgestaltung hat sich im Hinblick auf den Freigang in Vorschubrichtung als vorteilhaft erwiesen.

[0074] Es ist aber auch ein schwalbenschwanzförmiger Querschnitt der Spanteilnuten der Spanteiler 11 und 12 in Form eines hinterschnittenen Trapezes möglich oder auch ein rechteckiger Querschnitt der Spanteilnuten der Spanteiler 11 und 12 oder auch ein dreieckförmiger Querschnitt oder ein wenigstens teilweise konvex gekrümmter oder runder Querschnitt, auch ein Querschnitt vergleichbar einer Schruppverzahnung bei Fräsen.

[0075] Die Bohrteilschneiden der Bohrschneiden 31 und 32 und 33 sind im Allgemeinen zumindest weitgehend linear ausgebildet, können aber auch zumindest teilweise einen leicht gekrümmten, insbesondere im Vorwärtsdreh Sinn VD konvex gekrümmten, Verlauf haben. Vorzugsweise verlaufen die Bohrschneiden 31 und 32 und 33 zumindest teilweise in einer gemeinsamen Ebene zueinander.

[0076] Die Bohrschneiden 31 und 32 und 33 können zur bei der zentralen Werkzeugachse A liegenden Bohrspitze 35 hin auch über Querschneiden aufeinander zu verlaufen. Im Zentrum oder im Bereich der Querschneiden nähern sich Spanwinkel und Freiwinkel einander an.

[0077] Das Bohrwerkzeug oder zumindest der Bohrbereich 3 können insbesondere aus Hartmetall oder auch HSSE oder PKD gebildet sein. Die Spanabführnuten können wenigstens teilweise, insbesondere an den Spanflächen, glatt poliert sein. Das Bohrwerkzeug kann zumindest teilweise mit additiver Fertigung gefertigt werden. Die Bohrschneiden können mit einer Kantenverrundung versehen sein.

3	Bohrbereich
11, 12, 13	Spanteiler
11A, 12A, 13A	Nutgrund
11B, 12B, 13B	Nutflanke
24	Schaft
25	Spanabführnut
31, 32, 33	Bohrschneide
31A, 31B	Bohrteilschneide
32A, 32B	Bohrteilschneide
33A, 33B	Bohrteilschneide
35	Bohrerspitze
41, 42, 43	Bohrsteg
51, 52	Freifläche
60	Austritt
A	Werkzeugachse
b1, b2, b3	Breite (der Spanteiler)
d1, d2	Durchmesser
t1, t2, t3	axiale Tiefe (der Spanteiler)
VB	Vorwärtsbewegung
VD	Dreh Sinn
α	Schneidenwinkel
β	Schneidenwinkel
γ	Schneidenwinkel

Bezugszeichenliste

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

- DE 102021105703 A1 [0002, 0003, 0004]

Patentansprüche

1. Bohrwerkzeug zum Erzeugen einer Bohrung mit einer zylindrischen Innenwandung,

a) wobei das Bohrwerkzeug in einer Drehbewegung mit einer vorgegebenen Drehrichtung (VD) um eine durch das Bohrwerkzeug verlaufende Werkzeugachse (A) drehbar ist und zugleich in einer axialen Vorwärtsbewegung (VB) in einer Vorwärtsrichtung axial zur Werkzeugachse bewegbar ist,

b) wobei das Bohrwerkzeug wenigstens einen Bohrbereich (3) umfasst, der in einem in Vorwärtsrichtung an einem vorderen oder freien Ende liegenden Bereich des Bohrwerkzeugs angeordnet ist und eine Bohrerspitze (35) aufweist,

c) wobei der Bohrbereich eine Anzahl $n \geq 2$, also wenigstens zwei, Bohrschneiden (31, 32, 33) aufweist, die in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind, wobei n eine natürliche Zahl ist,

d) wobei jede der n Bohrschneiden (31, 32, 33), radial zur Werkzeugachse (A) gesehen, eine äußere Bohrteilschneide (31A, 32A, 33A) und eine innere Bohrteilschneide (31B, 32B, 33B) aufweist,

e) wobei die äußere Bohrteilschneide (31A, 32A, 33A) im Wesentlichen senkrecht zur Werkzeugachse (A) verläuft und

f) wobei die innere Bohrteilschneide (31B, 32B, 33B), in der axialen Vorwärtsrichtung gesehen, zur Werkzeugachse (A) ansteigend auf die Bohrerspitze (35) zu verläuft,

g) wobei an wenigstens einer, vorzugsweise jeder, der n Bohrschneiden wenigstens ein Spanteiler (11, 12, 13) angeordnet ist, der eine Unterbrechung der jeweiligen Bohrschneide bildet.

2. Bohrwerkzeug nach Anspruch 1, bei dem der Bohrbereich eine Anzahl $n \geq 3$, also wenigstens drei, Bohrschneiden aufweist, die in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind, insbesondere bei gleicher Teilung um einen Teilungswinkel von $360^\circ/n$ oder auch bei ungleicher Teilung mit verschiedenen Teilungswinkeln.

3. Bohrwerkzeug nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem an zumindest einer der n Bohrschneiden (31, 32) der zugehörige wenigstens eine Spanteiler (11) an der zugehörigen äußeren Bohrteilschneide (31A, 32A) angeordnet ist und an zumindest einer der n Bohrschneiden (33) der zugehörige wenigstens eine Spanteiler (13) an der zugehörigen inneren Bohrteilschneide (33B) angeordnet ist.

4. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die äußere Bohrteilschneide (31A, 32A, 33A) und die innere Bohrteilschneide (31B, 32B, 33B) jeder Bohrschneide einen eingeschlossenen Winkel (γ) aus einem Bereich zwischen 100° und 170° , insbesondere 150° bis 165° , vorzugsweise 160° , einschließen

oder die innere Bohrteilschneide (31B, 32B, 33B), in der axialen Vorwärtsrichtung gesehen, zur Werkzeugachse (A) einen eingeschlossenen Schneidenwinkel (β) zwischen 100° und 170° , insbesondere 105° bis 120° , vorzugsweise 110° , einschließen.

5. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die axiale Tiefe des oder jedes Spanteilers gemessen in zur Werkzeugachse axialer Richtung von der zugehörigen Bohrschneide aus einem Bereich von dem 0,5-fachen bis 1,1-fachen des axialen Vorschubs der zugehörigen Bohrschneide relativ zur in Drehrichtung unmittelbar vorhergehenden Bohrschneide gewählt ist, vorzugsweise wenigstens annähernd gleich zu diesem axialen Vorschub der zugehörigen Bohrschneide gewählt ist.

6. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die axiale Tiefe des oder jedes Spanteilers gemessen in zur Werkzeugachse axialer Richtung aus einem Bereich von $0,5/n$ bis $1,1/n$, vorzugsweise wenigstens annähernd $1/n$, multipliziert mit dem axialen Vorschub des Bohrwerkzeuges pro Umdrehung gewählt ist.

7. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die radialen Abstände (r_1 , r_2 , r_3) der Spanteiler (11, 12) von der Werkzeugachse (A) an wenigstens zwei der n Bohrschneiden (31, 32) unterschiedlich sind, derart, dass in einer Drehprojektion im vorgegebenen Drehsinn um die Werkzeugachse auf einen Spanteiler an einer ersten Bohrschneide ein Schneidenbereich einer nachfolgenden zweiten Bohrschneide folgt, und/oder derart, dass der radiale Abstand des Spanteilers an einer der zwei Bohrschneiden an dessen innerster zur Werkzeugachse nächstliegender Stelle größer ist als der radiale Abstand des Spanteilers an der anderen der zwei Bohrschneiden an dessen äußerster zur Werkzeugachse am weitesten entfernter Stelle, und/oder derart, dass der äußere radiale Abstand (r_3) des Spanteilers (12) an einer der zwei Bohrschneiden (32) kleiner ist als der innere radiale Abstand (r_1) des Spanteilers (11) an der anderen der zwei Bohrschneiden (31).

8. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine radiale Breite (b_1 , b_2) eines Spanteilers, insbesondere bei der Unterbrechung der zugehörigen Bohrschneide, aus einem Bereich von dem 0,05-fachen bis zum 0,25-fachen des Durchmessers (d_1) des Bohrbereiches gewählt ist

9. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem wenigstens ein oder jeder Spanteiler (11, 12, 13) als Spanteilnut ausgebildet ist, die an der jeweiligen Bohrschneide (31, 32, 33) eine Unterbrechung bildet, wobei vorzugsweise bei

dem wenigstens eine oder jede Spanteilnut des jeweiligen Spanteilers (11, 12, 13) einen im Wesentlichen linearen Verlauf oder eine Abfolge von wenigstens zwei oder drei zueinander geneigten, insbesondere nach innen zur Werkzeugachse hin geneigten, linearen Abschnitten aufweist, wobei die lineare Erstreckung der Spanteilnut oder ihrer Abschnitte insbesondere jeweils tangential zu einem Kreis um die Werkzeugachse verläuft, oder auch mit einem zumindest abschnittsweise gekrümmten, vorzugsweise konvex zur Werkzeugachse gekrümmten, Verlauf aufweist

10. Bohrwerkzeug nach Anspruch 9, bei dem wenigstens eine oder jede Spanteilnut (11, 12, 13) einen Querschnitt in Form eines Trapezes aufweist, wobei sich das Trapez vorzugsweise in Vorwärtsrichtung oder zur Bohrschneide hin öffnet, insbesondere mit einem Öffnungswinkel von zwischen 45° und 90° , vorzugsweise wenigstens annähernd 60° und/oder

bei dem sich wenigstens eine oder jede Spanteilnut des jeweiligen Spanteilers (11, 12, 13) von der jeweiligen Bohrschneide (31, 32, 33) in eine benachbarte Freifläche und gegebenenfalls weitere Freifläche(n) erstreckt, wobei insbesondere eine Länge der Erstreckung der Spanteilnut durch den Freiwinkel oder die Lage der Freifläche(n) einstellbar ist.

11. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem jede Bohrschneide (31, 32, 33) an einem zugehörigen Steg (41, 42, 43) angeordnet und/oder ausgebildet ist, wobei sich an jedem Steg, insbesondere an einer stirnseitigen Fläche des Steges, wenigstens eine Freifläche an jede Bohrschneide anschließt, wobei insbesondere der Freiwinkel der Freifläche in einem radial außen liegenden Bereich zwischen 3° bis 15° oder zwischen 5° bis 15° , insbesondere 6° oder 10° , gewählt ist und vorzugsweise radial nach innen zunimmt, insbesondere auf einen Wert von maximal 40° , und/oder bei dem die Freifläche insbesondere kegelmantelförmig oder mit einem Kegelmantelschliff erzeugt ist oder eben ist.

12. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend wenigstens eine und vorzugsweise wenigstens zwei Spanabführnuten (25), die im Bohrbereich (3) beginnt bzw. beginnen und/oder deren axiale Länge größer ist als die maximale Eindringtiefe des Bohrwerkzeugs, so dass sich die Spanabführnuten jederzeit in einen Bereich oberhalb oder außerhalb der Werkstückoberfläche erstrecken und die Späne aus der Bohrung abführen können, wobei vorzugsweise zwischen jeweils zwei Spanabführnuten (25) einer der Stege (41, 42, 43) verläuft und/oder bei dem die Spanabführnuten (25) und/oder die Stege (41, 42, 43) um die Werkzeugachse gedraht verlaufen, insbesondere

unter einem konstanten oder variablen Drallwinkel, der typischerweise in einem Intervall von 0° bis 50° , insbesondere 20° bis 35° , beispielsweise 30° , liegt.

13. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich wenigstens einer der Spanteiler, insbesondere wenigstens eine oder jede Spanteilnut (11, 12) zu einem Austritt (60) für Kühl- und/oder Schmiermittel, erstreckt, wobei der Austritt (60) vorzugsweise mit einem in einem zugehörigen Steg (41, 42, 43) verlaufenden Kanal verbunden ist.

14. Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Durchmesser (d_1) des Bohrbereichs bezogen auf die Werkzeugachse maximal 10 mm beträgt und/oder

bei dem sich an jede Bohrschneide eine Spanfläche anschließt und die Spanfläche nicht mit einer Spanumformfläche oder Spanumformstufe versehen ist.

15. Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung mit einer zylindrischen Innenwandung ohne Gewinde, a) bei dem ein Bohrwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche verwendet wird, b) bei dem das Bohrwerkzeug beim Erzeugen der Bohrung in einer Vorwärtsdrehbewegung in einem vorgegebenen Vorwärtsdreh Sinn (VD) um die durch das Bohrwerkzeug verlaufende Werkzeugachse (A) gedreht wird und zugleich in einer axialen Vorwärtsbewegung (VB) in einer Vorwärtsrichtung axial zur Werkzeugachse bewegt wird, c) bei dem das Bohrwerkzeug aus der erzeugten Bohrung in einer axialen zur Vorwärtsrichtung entgegengesetzten Rückwärtsrichtung herausbewegt wird und währenddessen weiterhin in dem Vorwärtsdreh Sinn (VD) gedreht wird d) bei dem ein axialer Bohrvorschub der Vorwärtsbewegung des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung von mindestens 9 % des Durchmessers des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung, insbesondere mindestens 0,5 mm pro Umdrehung bei einem Durchmesser von 5,5 mm, und insbesondere von mindestens 15 % des Durchmessers des Bohrbereichs des Bohrwerkzeugs pro Umdrehung, insbesondere mindestens 0,8 mm pro Umdrehung bei einem Durchmesser von 5,5 mm, eingestellt wird und e) bei dem eine Drehzahl für die Drehung des Bohrwerkzeugs aus einem Bereich zwischen 1000 U/min und 20.000 U/min gewählt wird und/oder bei dem die axiale Geschwindigkeit beim Herausbewegen des Bohrwerkzeugs aus der Bohrung größer, vorzugsweise um mindestens das fünffache größer, ist als bei der axialen Vorwärtsbewegung (VB).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

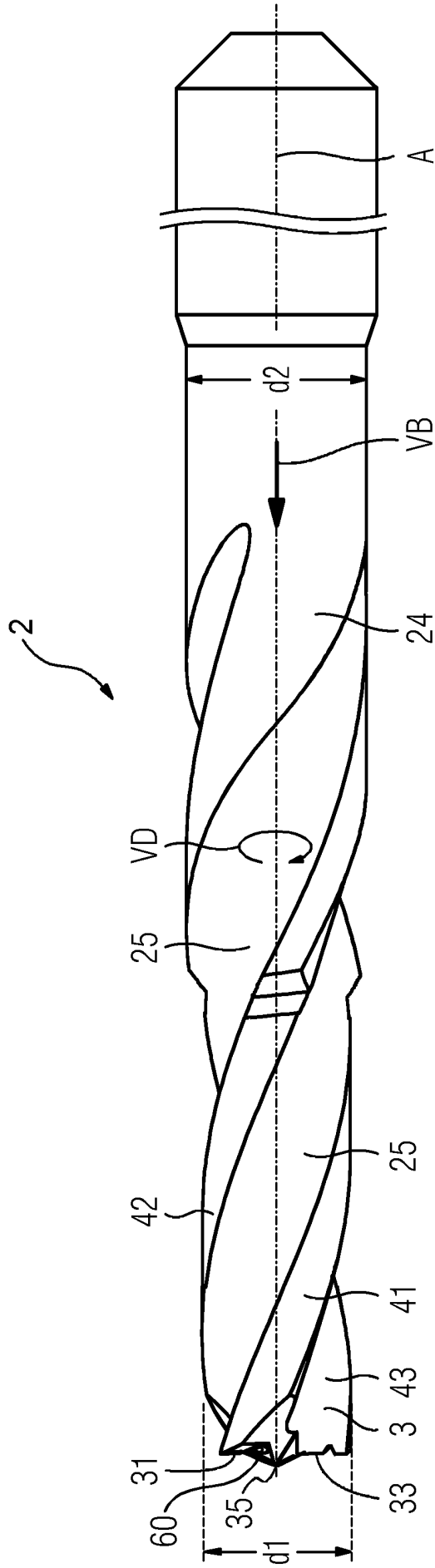


FIG 2

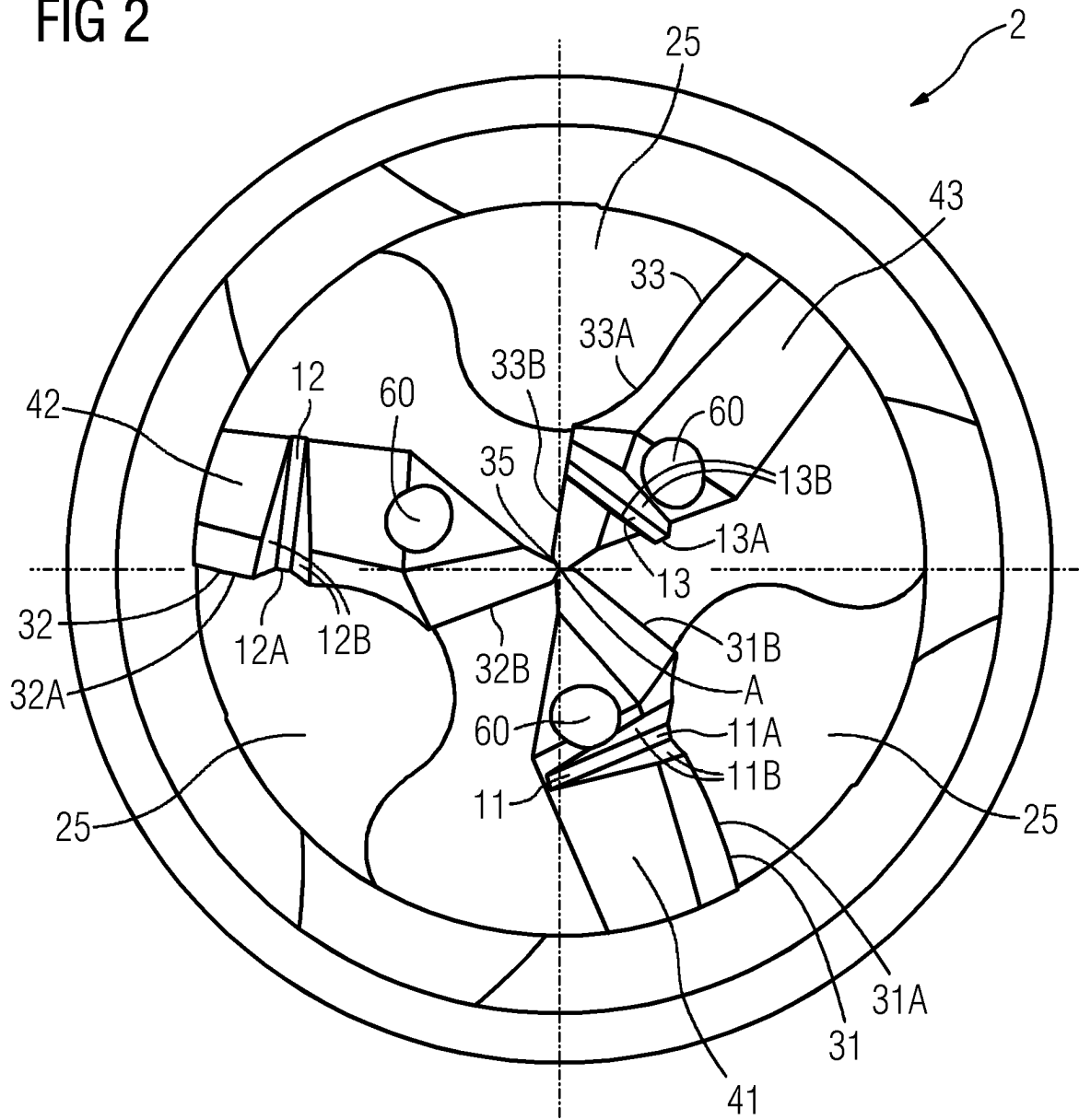


FIG 3

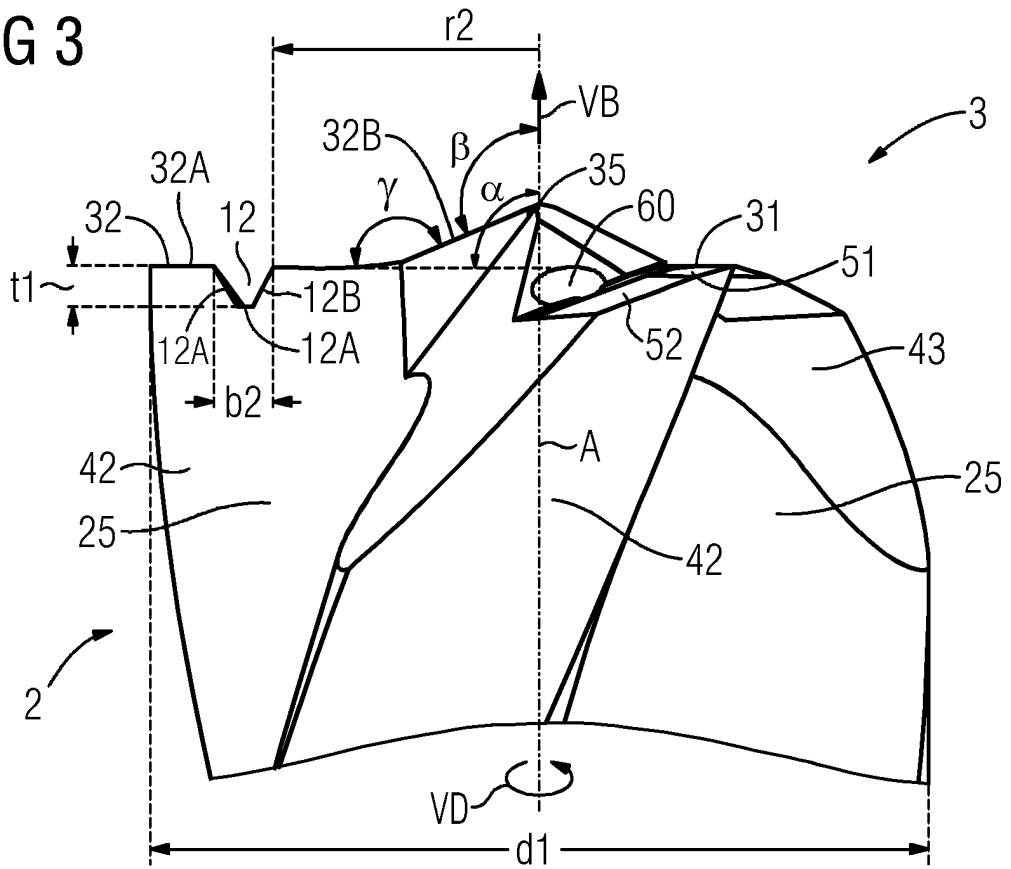


FIG 4

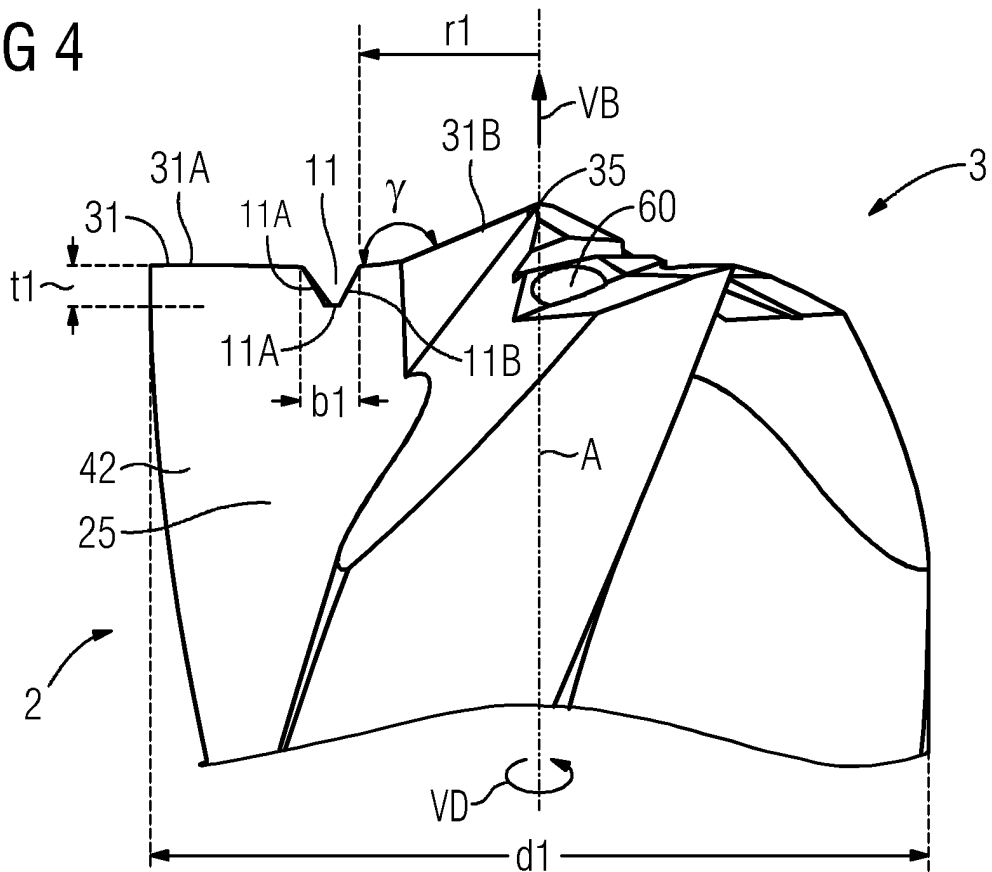


FIG 5

