



(10) **DE 10 2016 008 477 B4** 2020.12.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 008 477.4**
 (22) Anmeldetag: **13.07.2016**
 (43) Offenlegungstag: **18.01.2018**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **24.12.2020**

(51) Int Cl.: **B23G 1/16 (2006.01)**
B23B 51/08 (2006.01)
B23G 5/20 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
AUDI AG, 85045 Ingolstadt, DE

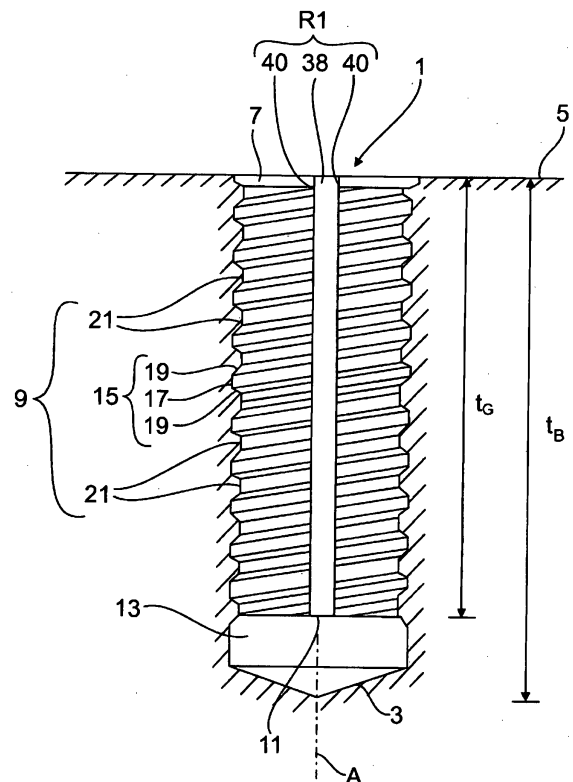
(72) Erfinder:
Kopton, Peter, 85092 Kösching, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	39 39 795	A1
DE	38 80 394	T2
DE	18 18 609	U
US	5 678 962	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erzeugung einer Gewindebohrung und Gewindewerkzeug zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Erzeugen einer Gewindebohrung (1) in einem Werkstück (5) mit einem Gewindebohr-Werkzeug (23), das an seiner Bohrspitze (25) eine Hauptschneide (27) und ein in einer Gewindebohr-Richtung (I) nacheilendes Gewindeprofil (29) mit zumindest einem Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) aufweist, wobei in einem Gewindebohr-Hub (G) die Hauptschneide (27) eine Kernlochbohrung erzeugt und gleichzeitig das Gewindeprofil (29) ein Innengewinde (9) an der Innenwandung der Kernlochbohrung bildet bis zum Erreichen einer Soll-Gewindetiefe (t_G), und zwar bei einem Gewindebohr-Vorschub (f_G) in der Gewindebohr-Richtung (I) und einer damit synchronisierten Gewindebohr-Drehzahl (n_G) des Gewindebohr-Werkzeugs (23), wobei nach dem Gewindebohr-Hub (G) ein gegenläufiger Reversier-Hub (R) erfolgt, bei dem das Gewindebohr-Werkzeug (23) in einer Reversier-Richtung (II) aus der Gewindebohrung herausgeführt wird, und zwar mit entgegengesetztem Reversier-Vorschub (f_R), dadurch gekennzeichnet, dass das Gewindeprofil (29) zumindest eine Räumschneide (46, 48, 50, 52) aufweist, und dass bei der Durchführung des Reversier-Hubs (H) mittels der Räumschneide (46, 48, 50, 52) eine Räumnut (R1 bis R4) erzeugt wird, durch die der Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) belastungsfrei aus der Gewindebohrung (1) herausgeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Gewindebohrung, insbesondere Gewindesackloch, nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein Gewindebohr-Werkzeug zur Durchführung eines solchen Verfahrens nach dem Patentanspruch 17.

[0002] Üblicherweise wird beim Gewindebohren in einem ersten Prozessschritt mittels eines Bohrers eine Kernlochbohrung im Werkstück erzeugt. Anschließend wird in einem zweiten Prozessschritt mittels eines separaten Gewindebohrers ein Innengewinde in die Kernlochbohrung eingeschnitten. Je nach Größe weist der Gewindebohrer zwei oder mehrere Schneiden auf. Die Schneiden haben Zähne, die von der Innenwandung der Kernlochbohrung je einen Materialspan abtragen und gegebenenfalls das Material im geringen Maße plastisch verformen. Die Zähne des Gewindebohrers sind verschieden ausgebildet, zum Beispiel verschieden stark abgeflacht. Dadurch nimmt beim Schneiden jeder Zahn in etwa gleich große Materialspäne mit.

[0003] In Abkehr zum obigen Gewindebohr-Prozess erfolgt das gattungsgemäße Verfahren mit einem Einschuss-Gewindebohr-Werkzeug, bei dem die Kernlochbohrung und das Innengewinde-Schneiden in einem gemeinsamen Werkzeughub durchgeführt werden. Das Einschuss-Gewindebohr-Werkzeug weist an seiner Bohrspitze eine Hauptschneide und ein in einer Gewindebohr-Richtung nacheilendes Gewindeprofil mit zumindest einem Gewinde-Schneidzahn auf. In dem Verfahren erfolgt ein Gewindebohr-Hub und anschließend ein gegenläufiger Reversier-Hub. Im Gewindebohr-Hub erzeugt einerseits die Hauptschneide die Kernlochbohrung und andererseits das Gewindeprofil das Innengewinde an der Innenwandung der Kernlochbohrung bis zum Erreichen einer nutzbaren Soll-Gewindetiefe. Der Gewindebohr-Hub wird bei einem Gewindebohr-Vorschub mit dazu synchronisierter Drehzahl des Gewindebohr-Werkzeugs durchgeführt. In einem nachfolgenden gegenläufigen Reversier-Hub wird das Gewindebohr-Werkzeug in einer Reversier-Richtung aus der Gewindebohrung herausgeführt, und zwar mit entgegengesetztem Reversier-Vorschub und damit synchronisierter Reversier-Drehzahl. Dadurch wird gewährleistet, dass das Gewindeprofil des Gewindebohr-Werkzeugs im Gewindegang des Innengewindes belastungsfrei bewegt wird.

[0004] Im obigen Verfahren wird zum Ende des Gewindebohr-Hubes der Gewindebohr-Prozess verlangsamt, das heißt der Gewindebohr-Vorschub mit damit synchronisierter Gewindebohr-Drehzahl bis auf 0 reduziert. Diese Verzögerung des Gewinde-schneid-Prozesses bis auf eine Gewindebohr-Drehzahl von Null führt jedoch im Stand der Technik zu ei-

ner übermäßig großen Schneidbelastung des Gewindeprofils, die zu einem Ausbruch der Schneidzähne oder zu einem Werkzeugbruch führen kann.

[0005] Aus der DE 38 80 394 T2 ist ein kombiniertes Werkzeug zum Bohren eines Loches und zum Gewindeschneiden bekannt. Mit dem Gewindebohr-Werkzeug wird zunächst eine Kernlochbohrung erzeugt. Anschließend wird das Gewindebohr-Werkzeug mit seiner Werkzeugachse in einer Kreisbahn um die Bohrungsachse bewegt, und zwar unter Rotation des Gewindebohr-Werkzeuges, wodurch das Gewindeprofil ein Innengewinde in der Kernlochbohrung erzeugt. Im Wesentlichen dasselbe Verfahren ist auch aus der DE 39 39 795 T2 und aus der US 5 678 962 bekannt. Aus der DE 1 818 609 U ist ein Bohrer bekannt, dessen wesentliches Merkmal darin besteht, dass ein Loch- und Gewindebohrer in einem Werkzeug unmittelbar aneinander anschließend vereinigt sind.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Erzeugung einer Gewindebohrung in einem Werkstück sowie ein Gewindebohr-Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen, bei dem die Werkzeug-Belastung reduziert ist.

[0007] Die Aufgabe ist durch die Merkmale des Patentanspruches 1 oder 17 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

[0008] Gemäß dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 weist das Gewindeprofil zumindest eine Räumschneide auf, mit der die folgende Prozessführung ermöglicht wird: So wird bei der Durchführung des Reversier-Hubs mittels der Räumschneide eine Räumnut in der Gewindebohrung erzeugt, durch die der Gewinde-Schneidzahn belastungsfrei aus der Gewindebohrung herausgeführt wird. Die Räumnut durchquert den Gewindegang des Innengewindes, wobei der radial äußere Nutboden der Räumnut radial außerhalb eines radial äußeren Innengewindes liegt. Bei der Durchführung des Reversier-Hubs ist die Drehzahl des Gewindebohr-Werkzeugs bevorzugt bei 0. Alternativ dazu kann das Gewindebohr-Werkzeug auch mit einer Reversier-Drehzahl angetrieben werden.

[0009] Um die mechanische Belastung des Gewinde-Bohrwerkzeugs zu reduzieren, ist es bevorzugt, wenn nach dem Gewindebohr-Hub nicht unmittelbar der Reversier-Hub, sondern vielmehr zunächst ein Nutformschritt folgt. Im Nutformschritt wird eine an das Innengewinde anschließende Umlaufnut gebildet, die keine Gewindesteigung aufweist. In der Umlaufnut kann das Gewindeprofil des Gewindebohr-Werkzeuges belastungsfrei drehen. Auf diese Weise kann die Gewindebohr-Drehzahl bis auf 0 reduziert werden, ohne dass es aufgrund von übermä-

ßig großer Schneidenbelastung zu einem Werkzeugbruch oder zu einem Ausbrechen des Gewindeprofils kommt.

[0010] Wie oben erwähnt, kann das Gewindeprofil des Gewindebohr-Werkzeugs in der im Nutformschritt erzeugten Umlaufnut ohne Gewindesteigung belastungsfrei drehen. Durch die Bereitstellung der Umlaufnut wird es außerdem ermöglicht, dass das Gewindebohr-Werkzeug mit einer Schneidkante eine umlaufende Gewindesenkung in der Bohrungsöffnung der Bohrung erzeugt. Die umlaufende Gewindesenkung kann also während des obigen Nutformschrittes erzeugt werden.

[0011] Das Gewindebohr-Werkzeug ist in einer ersten Ausführungsform als ein Vorbearbeitungswerkzeug einsetzbar. In diesem Fall muss die vorbearbeitete Gewindebohrung in einem Nachbearbeitungsschritt mit Hilfe eines Fertigbearbeitungswerkzeugs nachbearbeitet werden. Als Fertigbearbeitungswerkzeug ist ein Gewindeformer, ein Helikalgwindeformer oder ein Axialgwindeformer einsetzbar.

[0012] Alternativ dazu kann in einer zweiten Ausführungsform das Gewindebohr-Werkzeug selbst als ein Fertigbearbeitungswerkzeug ausgebildet sein. In diesem Fall kann der oben erwähnte zusätzliche Nachbearbeitungsschritt wegfallen.

[0013] In einer technischen Umsetzung kann der Gewindebohr-Hub in der Gewindebohr-Richtung unmittelbar mit einem Nutform-Hub verlängert werden. In diesem Fall wird das Gewindebohr-Werkzeug über die Soll-Gewindetiefe hinaus bis zum Erreichen einer Soll-Bohrungstiefe bewegt, und zwar mit einem Nutform-Vorschub sowie einer Nutform-Drehzahl, die zueinander nicht synchronisiert sind und/oder unterschiedlich zum Gewindebohr-Vorschub und zur Gewindebohr-Drehzahl sind.

[0014] Bevorzugt ist es, wenn am Ende des Nutformschrittes das Gewindeprofil vollständig in der Umlaufnut der Gewindebohrung belastungsfrei drehen kann. Die Umlaufnut wird während des Nutform-Hubes mit Hilfe der Hauptschneide sowie des Gewinde-Schneidzahns (oder allgemeiner Gewindezahn) des Gewindeprofils am Gewindebohr-Werkzeug erzeugt.

[0015] Bei Erreichen der Soll-Bohrungstiefe wird der Nutform-Vorschub auf 0 reduziert. Gleichzeitig wird auch die Nutform-Drehzahl auf 0 reduziert, um den erfindungsgemäßen Reversier-Hub zu ermöglichen.

[0016] Beim Start des Reversier-Hubes wird das Gewindebohr-Werkzeug so angesteuert, dass der Gewinde-Schneidzahn belastungsfrei in den Räumnut-Auslauf eingefahren werden kann, der in die Umlaufnut einmündet. Anschließend wird das Gewindebohr-Werkzeug in einer zur Gewindebohr-Richtung

gegenläufigen Reversier-Richtung aus der Gewindebohrung herausgeführt, und zwar mit einem Reversier-Vorschub sowie ggf. einer Reversier-Drehzahl, wodurch der Gewinde-Schneidzahn ohne Materialabtrag aus der Gewindebohrung herausgeführt werden kann.

[0017] Während der Durchführung des Gewindebohr-Hubes, des Nutform-Hubes und des Reversier-Hubes bleiben bevorzugt die Kernbohrungs-Längsachse und die Rotationsachse des Gewindebohr-Werkzeuges durchgängig koaxial zueinander ausgerichtet.

[0018] Ein Gewindebohr-Werkzeug zur Durchführung eines solchen Verfahrens weist einen Spannschaft und einen daran anschließenden Gewindebohr-Körper auf. Entlang dessen Längsachse kann zumindest eine Spannut bis zu einer stirnseitigen Hauptschneide an der Bohrer Spitze erstrecken. An der stirnseitigen Hauptschneide laufen eine die Spannut begrenzende Spanfläche und eine stirnseitige Freifläche der Böhrrspitze zusammen. In der Werkzeug-Umfangrichtung betrachtet kann die Spannut durch zumindest einen Bohrersteg begrenzt sein. Die Spanfläche der Spannut kann unter Bildung einer Nebenschneide in eine außenumfangsseitige Rückenfläche des Bohrerstegs übergehen. An der außenumfangsseitigen Rückenfläche des Bohrersteges kann das Gewindeprofil mit zumindest einem Gewinde-Schneidzahn und einer zugeordneten Räumschneide ausgebildet sein. Die Zahnhöhe des Gewinde-Schneidzahns ist in der Radialrichtung so bemessen, dass der Gewinde-Schneidzahn die Hauptschneide in der Radialrichtung nach außen um einen Radialversatz überragt. Gegebenenfalls kann der Gewinde-Schneidzahn in der Radialrichtung nach außen flächenbündig die Hauptschneide verlängern. Alternativ und/oder zusätzlich kann der Gewinde-Schneidzahn in der Axialrichtung betrachtet um einen Axialversatz hinter der Hauptschneide angeordnet sein. Zusätzlich weist das Gewindeprofil die zumindest eine Räumschneide auf.

[0019] Der Gewindeprofil-Schneidzahn ist mit einer radial äußeren Profilgrund-Schneidkante ausgebildet, die die Haupt-Schneidenecke radial nach außen um eine Schneidzahn-Höhe überragt. Entsprechend weist auch die Gewindeprofil-Räumschneide eine radial äußere Nutboden-Schneidkante auf, die die Haupt-Schneidenecke radial nach außen um eine Räumschneiden-Höhe überragt. Die radial äußere Nutboden-Schneidkante der Gewindeprofil-Räumschneide geht an seitlichen Nutflanken-Schneidkanten in die Bohrersteg-Rückenfläche über. Die Nutboden-Schneidkante der Räumschneide und die Profilgrund-Schneidkante des Gewindeprofil-Schneidzahns sind dabei in etwa rechtwinklig zueinander ausgerichtet.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsvariante kann das Gewindebohr-Werkzeug vier Bohrerstege aufweisen. Jeder dieser Bohrerstege ist zumindest mit einem Gewinde-Schneidzahn ausgebildet, die umfangsverteilt am Bohrer ausgebildet sind. Die Gewinde-Schneidzähne sind bevorzugt nicht mit gleicher Schneiden-Geometrie ausgebildet, sondern vielmehr unterschiedlich ausgeführt. Beispielfähig können in der Bohrer-Umfangsrichtung hintereinander ein Vorschneidzahn, zwei Mittelschneidzähne und ein Fertigbearbeitungszahn unterschiedlicher Schneidengeometrie am Bohrer ausgebildet sein. Die Schneidzähne sind in der Axialrichtung zueinander versetzt am Gewindebohr-Werkzeug ausgebildet. Deren Versatzmaße sind so mit der Gewindebohr-Drehzahl und mit dem Gewindebohr-Vorschub abgestimmt, dass ein einwandfreies Gewindeschneiden gewährleistet ist.

[0021] In der obigen Ausführungsvariante ist jedem der insgesamt vier umfangsverteilten Gewinde-Schneidzähne jeweils zumindest eine Räumschneide zugeordnet. Die Räumschneiden müssen keine identische Schneidegeometrie aufweisen. Vielmehr richtet sich die Schneidengeometrie der jeweiligen Räumschneide jeweils nach der Schneidengeometrie des in Axialrichtung vorgelagerten Gewinde-Schneidzahns. Bei unterschiedlich dimensionierten Gewinde-Schneidzähnen können daher die Räumschneiden unterschiedliche Schneidegeometrien aufweisen. Entsprechend müssen auch die im Innengewinde erzeugten Räumnuten nicht identisch sein, sondern können diese unterschiedlich dimensioniert sein.

[0022] Die Erfindung und ihre vorteilhaften Aus- und Weiterbildungen sowie deren Vorteile werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

Fig. 1a in einer Seitenschnittdarstellung ein in einem Werkstück ausgebildetes Gewindesackloch;

Fig. 1b eine Ansicht von oben auf das Gewindesackloch;

Fig. 2 in einer Ansicht von vorne ein Gewindebohr-Werkzeug;

Fig. 3 eine Seitenansicht des Gewindebohr-Werkzeugs;

Fig. 4 bis Fig. 7 jeweils Ansichten, die Verfahrensschritte zur Erzeugung des in der **Fig. 1** gezeigten Gewindesackloches veranschaulichen; und

Fig. 8 und Fig. 9 jeweils Ansichten entsprechend der **Fig. 1a** weiterer Ausführungsbeispiele.

[0024] In der **Fig. 1a** und **Fig. 1b** ist eine fertiggestellte Gewindesackloch-Bohrung **1** gezeigt. Die Bohrung **1** ist mit ihrem Bohrungsgrund **3** bis zu einer Soll-Bohrtiefe t_B in ein Werkstück **5** mittels einer sogenannten Einschuss-Bohrbearbeitung eingearbeitet, die später anhand der **Fig. 5 bis Fig. 8** erläutert wird. Die Bohrung **1** weist an ihrer Bohrungsöffnung eine umlaufende Gewindesenkung **7** auf, die im weiteren Verlauf nach unten in ein Innengewinde **9** übergeht. Das Innengewinde **9** erstreckt sich entlang der Bohrungsachse **A** bis zu einer nutzbaren Soll-Gewindetiefe t_G . Wie aus der **Fig. 1** weiter hervorgeht, mündet ein Gewindegang **15** des Innengewindes **9** in einer Umlaufnut **13**. Diese weist keine Gewindesteigung auf und ist, in der Axialrichtung betrachtet, zwischen dem Innengewinde **9** und dem Bohrungsgrund **3** ausgebildet. Der Gewindegang **15** weist einen radial äußeren Gewindegrund **17** sowie seitliche Gewindeflanken **19** auf, die radial innen in einen Gewinde-Innenscheitel **21** übergehen.

[0025] Zudem weist die Gewindesackloch-Bohrung **1** insgesamt vier in der Umfangsrichtung gleichmäßig verteilte Räumnuten **R1 bis R4** auf, die mit einem Räumnut-Auslauf **11** (**Fig. 1a**) in die Umlaufnut **13** einmünden und die in der Axialrichtung den Gewindegang **15** des Innengewindes **9** durchqueren. Der radial äußere Nutboden **38** der jeweiligen Räumnut **R1 bis R4** ist in der **Fig. 1b** radial außerhalb des radial äußeren Gewindegrunds **17** des Innengewindes **9** angeordnet. Die Räumnuten **R1 bis R4** werden während der später beschriebenen Erzeugung des Innengewindes **9** mit Hilfe von Räumschneiden **41, 42, 43, 44** des Gewindebohr-Werkzeugs **23** gebildet, d.h. bei der Durchführung eines Reversier-Hubs **R**.

[0026] Die in der **Fig. 1a** und **Fig. 1b** gezeigte Gewindesackloch-Bohrung **1** wird mit Hilfe des nachfolgend anhand der **Fig. 2** und **Fig. 3** beschriebenen Gewindebohr-Werkzeugs **23** durchgeführt. Demzufolge weist das Werkzeug **23** in der **Fig. 3** an seiner Bohrer Spitze **25** vier gleichmäßig umfangsverteilte, stirnseitige Hauptschneiden **27** sowie ein in der Gewindebohr-Richtung **I** (**Fig. 5**) nacheilendes Gewindeprofil **29** auf.

[0027] Das Werkzeug **23** ist mit einem Spannschaft **24** sowie einem daran anschließenden Gewindebohr-Körper **26** aufgebaut, entlang dessen Bohrungsachse **A** sich insgesamt vier umfangsseitig verteilte Spannuten **28** bis zu der jeweiligen stirnseitigen Hauptschneide **27** an der Bohrer Spitze **25** erstrecken.

[0028] An jeder Hauptschneide **27** läuft eine die Spannut **28** begrenzende Spanfläche **31** und eine stirnseitige Freifläche **33** der Bohrer Spitze **25** zusammen. In der Werkzeug-Umfangsrichtung ist die jeweilige Spannut **28** durch einen Bohrersteg **35** begrenzt. Insgesamt weist das in den **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigte Gewindebohr-Werkzeug **23** vier Bohrerstege **35** auf.

Die Spanfläche **31** der Spannute **28** geht dabei unter Bildung einer Nebenschneide **36** in eine außenumfangsseitige Rückenfläche **37** des jeweiligen Bohrerstegs **35** über. Die Nebenschneide **36** und die stirnseitige Hauptschneide **27** laufen an einer radial äußeren Haupt-Schneidenecke **39** zusammen.

[0029] An den außenumfangsseitigen Rückenflächen **37** der vier Bohrerstege **35** weist das Gewindeprofil **29** jeweils einen Vorschneidzahn **41**, einen ersten und einen zweiten Mittelschneidzahn **42**, **43** und einen Fertigschneidzahn **44** auf. Jeder der Schneidzähne **41**, **42**, **43**, **44** ist in der **Fig. 3** mit einer radial äußeren Profilgrund-Schneidkante **45** sowie Gewindeflanken-Schneidkanten **47** ausgebildet, um den anhand der **Fig. 1a** gezeigten Gewindegang **15** zu schneiden/zu formen. Die Schneidzähne **41** bis **44** sind dabei in unterschiedlichen Geometrien ausgeführt sowie mit unterschiedlichen Axialabständen Δa (nur in der **Fig. 4** angedeutet) von der Bohrer Spitze **25** beabstandet, um den in der **Fig. 1** gezeigten Gewindegang **15** des Innengewindes **9** zu schneiden. Beispielfhaft können die Vor-, Mittel- und Fertigschneidzähne **41**, **42**, **43**, **44** in der Axialrichtung unterschiedliche Axialmaße aufweisen und/oder in der Radialrichtung unterschiedliche Schneidzahn-Höhen Δr (**Fig. 2**) aufweisen. Exemplarisch können die Vor-, Mittel- und Fertigschneidzähne **41**, **42**, **43**, **44** in der Umfangsrichtung axial größer werden. Der Fertigschneidzahn **44** schneidet dann die gesamte Innengewinde-Kontur. Alternativ dazu kann der Fertigschneidzahn **44** auch als ein Formzahn ausgeführt sein, um ohne weitere Spanbearbeitung die Gewindefestigkeit zu steigern.

[0030] Das Gewindebohr-Werkzeug **23** weist zudem am Übergang zwischen dem Gewindebohr-Körper **26** und dem Spannschaft **24** eine Schneidkante **49** zur Bildung der in der **Fig. 1** gezeigten Gewindefestigkeit **7** auf.

[0031] In den Figuren ist den vier umfangsverteilten Gewinde-Schneidzähnen **41**, **42**, **43**, **44** jeweils zumindest eine Räumschneide **46**, **48**, **50**, **52** zugeordnet. Die Schneidengeometrie der Räumschneiden **46**, **48**, **50**, **52** richtet sich jeweils nach der Schneidengeometrie des in der Axialrichtung vorgelegerten Gewinde-Schneidzahns **41**, **42**, **43**, **44**. D.h. dass bei den unterschiedlich dimensionierten Gewinde-Schneidzähnen **41**, **42**, **43**, **44** auch die Räumschneiden **46**, **48**, **50**, **52** unterschiedliche Schneidengeometrien aufweisen kann. Zudem sind dem in der **Fig. 4** rechtsseitig gezeigten Gewinde-Schneidzahn **44** nicht nur eine Räumschneide, sondern insgesamt zwei in der Axialrichtung hintereinander angeordnete Räumschneiden **50**, **52** zugeordnet. Dadurch wird die Werkzeug-Belastung während des im Reversier-Hub H erfolgenden Materialabtrags reduziert. Aufgrund der unterschiedlichen Schneidengeometrien der Räumschneiden **46**, **48**, **50**, **52** sind die

in der **Fig. 1b** gezeigten Räumnuten **R1** bis **R4** im Innengewinde **9** unterschiedlich dimensioniert.

[0032] Wie aus der **Fig. 3** hervorgeht, weist jede der Gewindeprofil-Räumschneide **46**, **48**, **50**, **52** eine radial äußere Nutboden-Schneidkante **54** auf, die die Haupt-Schneidenecke **39** radial nach außen um eine Räumschneiden-Höhe überragt. Die Nutboden-Schneidkante **54** geht in seitliche Nutflanken-Schneidkanten **56** über. Die Nutboden-Schneidkante **54** erstreckt sich in der Bohrer-Umfangsrichtung und ist rechtwinklig zur Profilgrund-Schneidkante **45** des jeweiligen Gewindeprofil-Schneidzahns **41**, **42**, **43**, **44** ausgerichtet. Die Profilgrund-Schneidkante **45** erstreckt sich entlang der Bohrer-Längsachse B.

[0033] In der Bohrer-Längsachse B betrachtet überdeckt die Außenkontur der Gewindeprofil-Räumschneide **46**, **48**, **50**, **52** die Außenkontur des jeweiligen Gewindeprofil-Schneidzahns **41**, **42**, **43**, **44** vollständig, so dass die Gewindeprofil-Schneidzähne während des Reversier-Hubs H belastungsfrei durch die Räumnuten **R1** bis **R4** aus der Gewindebohrung herausgeführt werden.

[0034] Nachfolgend wird anhand der **Fig. 5** bis **Fig. 8** das Verfahren zur Erzeugung der in der **Fig. 1** gezeigten Gewindefestigkeit-Bohrung **1** beschrieben: Demzufolge wird in der **Fig. 1** das Gewindebohr-Werkzeug **23** in einer Gewindebohr-Richtung I auf das noch nicht vorgebohrte Werkzeug **5** geführt und eine Einschuss-Bohrung durchgeführt. Die Einschuss-Bohrung ist in einen Gewindebohr-Hub G, in einen Nutform-Hub N und in einen Reversier-Hub R aufgeteilt. Im Gewindebohr-Hub G erzeugen die Hauptschneiden **27** eine Kernlochbohrung und gleichzeitig das nachteilende Gewindeprofil **29** das Innengewinde **9** an der Innenwandung der Kernlochbohrung. Der Gewindebohr-Hub G erfolgt bei einem Gewindebohr-Vorschub f_G und bei damit synchronisierter Gewindebohr-Drehzahl n_G in einer Gewindebohr-Drehrichtung, und zwar bis die Soll-Gewindetiefe t_G erreicht ist. Die Räumschneiden **46**, **48**, **50**, **52** sind so dimensioniert, dass sie im Gewindebohr-Hub G weitgehend belastungsfrei durch den mittels der Gewinde-Schneidzähne **41**, **42**, **43**, **44** gebildeten Gewindegang **15** führbar sind.

[0035] Unmittelbar anschließend wird ein Nutformschritt (**Fig. 7**) durchgeführt, bei dem der Gewindebohr-Hub G in der Gewindebohr-Richtung I um einen Nutform-Hub N verlängert wird. Im Unterschied zum Gewindefest-Hub G sind im Nutform-Hub H der Nutform-Vorschub f_N und die Nutform-Drehzahl n_N des Gewindebohr-Werkzeugs **23** nicht zueinander synchronisiert sowie unterschiedlich zum vorangegangenen Gewindebohr-Vorschub f_G und zur Gewindebohr-Drehzahl n_G .

[0036] Auf diese Weise erzeugt das Gewindeprofil **29** (im Nutformschritt) mit seinen Vor-, Mittel- und Fertigschneidzähnen **41, 42, 43, 44** sowie mit seinen Räumschneiden **46, 48, 50, 52** die in der **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigte Umlaufnut **13**, in der das Gewindeprofil **29** belastungsfrei drehen kann. Der Nutform-Vorschub f_N sowie die Nutform-Drehzahl n_N sind so ausgelegt, dass eine übermäßig große Schneidenbelastung der Schneidzähne **41 bis 44** sowie der Räumschneiden **46, 48, 50, 52** verhindert ist.

[0037] Bei Erreichen der Soll-Bohrungstiefe t_B wird sowohl der Nutform-Vorschub f_N als auch die Nutform-Drehzahl n_N auf 0 reduziert. Anschließend erfolgt zur Vorbereitung eines Reversier-Hubes **R** (**Fig. 7**) eine Vorschubumkehr. Im Reversier-Hub **R** (**Fig. 7**) wird das Gewindebohr-Werkzeug **23** in einer Reversier-Richtung **II** (**Fig. 7**) aus der Gewindebohrung **1** herausgeführt, und zwar mit einem entgegengesetzten Reversier-Vorschub f_R sowie mit einer Drehzahl von 0. Dadurch werden mittels der Räumschneiden **46, 48, 50, 52** die Räumnuten **R1 bis R4** im Innengewinde **9** erzeugt, durch die die Gewinde-Schneidzähne **41, 42, 43, 44** belastungsfrei aus der Gewindebohrung **1** herausgeführt werden.

[0038] In der oben beschriebenen Prozessabfolge liegt die Reversier-Drehzahl n_R des Gewindebohr-Werkzeugs **23** während des Reversier-Hubs **H** (**Fig. 7**) bei 0, so dass die Räumnuten **R1 bis R4** geradlinig in Axialrichtung verlaufen. Alternativ dazu kann der Reversier-Hub **H** auch helikal, d.h. mit einer Reversier-Drehzahl n_R größer als 0, erfolgen, wie es in den **Fig. 8** und **Fig. 9** veranschaulicht ist: In der **Fig. 8** ist die Gewindebohr-Drehzahl n_G (im Gewindebohr-Hub **G**) auf die niedrigere Reversier-Drehzahl n_R (im Reversier-Hub **R**) reduziert, und zwar ohne Drehrichtungsumkehr.

[0039] In der **Fig. 9** ist dagegen die Gewindebohr-Drehzahl n_G bis auf 0 reduziert worden und wird der Reversier-Hub **R** mit einer Drehrichtungsumkehr eingeleitet. Die Gewindesteigung der in der **Fig. 9** gezeigten helikalen Räumnut **R1** ist daher gegenläufig zur Gewindesteigung des Innengewindes **9** ausgebildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Gewindebohrung (1) in einem Werkstück (5) mit einem Gewindebohr-Werkzeug (23), das an seiner Bohrspitze (25) eine Hauptschneide (27) und ein in einer Gewindebohr-Richtung (I) nacheilendes Gewindeprofil (29) mit zumindest einem Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) aufweist, wobei in einem Gewindebohr-Hub (G) die Hauptschneide (27) eine Kernlochbohrung erzeugt und gleichzeitig das Gewindeprofil (29) ein Innengewinde (9) an der Innenwandung der Kernlochbohrung bildet bis zum Erreichen einer Soll-Gewinde-

tiefe (t_G), und zwar bei einem Gewindebohr-Vorschub (f_G) in der Gewindebohr-Richtung (I) und einer damit synchronisierten Gewindebohr-Drehzahl (n_G) des Gewindebohr-Werkzeugs (23), wobei nach dem Gewindebohr-Hub (G) ein gegenläufiger Reversier-Hub (R) erfolgt, bei dem das Gewindebohr-Werkzeug (23) in einer Reversier-Richtung (II) aus der Gewindebohrung herausgeführt wird, und zwar mit entgegengesetztem Reversier-Vorschub (f_R), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gewindeprofil (29) zumindest eine Räumschneide (46, 48, 50, 52) aufweist, und dass bei der Durchführung des Reversier-Hubs (H) mittels der Räumschneide (46, 48, 50, 52) eine Räumnut (R1 bis R4) erzeugt wird, durch die der Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) belastungsfrei aus der Gewindebohrung (1) herausgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Durchführung des Reversier-Hubs (H) die Drehzahl (n_R) des Gewindebohr-Werkzeugs (23) 0 ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Durchführung des Reversier-Hubs (H) die Drehzahl (n_R) des Gewindebohr-Werkzeugs (23) größer als 0 ist, so dass die Räumnut (R1 bis R4) helikal ausgeführt wird, und dass für die Durchführung des Reversier-Hubs (H) eine Drehrichtungsumkehr erfolgt, so dass die Gewindesteigung der helikalen Räumnut (R1 bis R4) gegenläufig zur Gewindesteigung des Innengewindes (9) ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Räumnut (R1 bis R4) den Gewindegang (15) des Innengewindes (9) quert, und/oder dass der Räumnut-Boden (38) der Räumnut-Schneide (46, 48, 50, 52) radial außerhalb eines radial äußeren Gewindegrunds (17) des Innengewindes (9) liegt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gewindebohr-Werkzeug (23) mehrere, umfangsverteilte Gewinde-Schneidzähne (41, 42, 43, 44) aufweist, und dass jedem der Gewinde-Schneidzähne (41, 42, 43, 44) zumindest eine Räumschneide (46, 48, 50, 52) zugeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Räumschneide (46, 48, 50, 52) so dimensioniert ist, dass sie im Gewindebohr-Hub (G) belastungsfrei durch den mittels des Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) gebildeten Gewindegang führbar ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Gewindebohr-Hub (G) und dem Reversier-Hub (R) ein Nutformschritt erfolgt, bei dem der Gewindebohr-Hub (G) in der Gewindebohr-Richtung (I) um ei-

nen Nutform-Hub (N) verlängert wird, und zwar zur Bildung einer an das Innengewinde (9) anschließenden Umlaufnut (13) ohne Gewindesteigung, in der das Gewindeprofil (29) ohne Vorschub belastungsfrei drehen kann.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Nutformschritt das Gewindebohr-Werkzeug (23) über die Soll-Gewindetiefe (t_G) hinaus bis zum Erreichen einer Soll-Bohrungstiefe (t_B) in der Gewindebohr-Richtung (I) bewegt wird, und zwar mit einem Nutform-Vorschub (f_N) und einer Nutform-Drehzahl (n_N), die zueinander nicht synchronisiert sind und/oder unterschiedlich zum Gewindebohr-Vorschub (f_G) und zur Gewindebohr-Drehzahl (n_G) sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Nutformschritt das Gewindeprofil (29) des Gewindebohr-Werkzeugs (23) vollständig in der Umlaufnut (13) der Gewindebohrung (1) dreht.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umlaufnut (13) während des Nutform-Hubes (N) mittels der Hauptschneide (27) und des Gewinde-Schneidzahns (41, 42, 43, 44) des Gewindeprofils (29) sowie mittels der Räumschneide (46, 48, 50, 52) erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gewindebohr-Werkzeug (23) mit einer Schneidkante (49) ausgebildet ist, mit der eine umlaufende Gewindesenkung (7) in der Bohrungsöffnung der Bohrung (1) erzeugt wird, und dass die umlaufende Gewindesenkung (7) während des Nutformschrittes erzeugt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Erreichen der Soll-Bohrungstiefe (t_B) der Nutform-Vorschub (f_N) auf 0 reduziert wird und die Nutform-Drehzahl (n_N) auf 0 reduziert wird zur Vorbereitung des Reversier-Hubes (R).

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Start des Reversier-Hubs (R) das Gewindebohr-Werkzeug (23) so angesteuert wird, dass der Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) belastungsfrei, das heißt ohne Materialabtrag, in einen Räumnut-Auslauf (11), der in die Umlaufnut (13) mündet, eingefahren wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Gewindebohr-Hubes (G), des Nutform-Hubes (N) und des Reversier-Hubes (R) die Rotationsachse (B) des Gewindebohr-Werkzeugs (23) und die Bohrungs-Längsachse (A) zueinander coaxial ausgerichtet sind.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gewindebohr-Werkzeug als ein Vorbearbeitungswerkzeug eingesetzt wird, und dass die vorbereitete Gewindebohrung in einem Nachbearbeitungsschritt mit Hilfe eines Fertigbearbeitungswerkzeugs nachbearbeitet wird, wobei als Fertigbearbeitungswerkzeug ein Gewindeformer, ein Helikalgwindeformer oder ein Axialgwindeformer einsetzbar ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gewindebohr-Werkzeug selbst als ein Fertigbearbeitungswerkzeug eingesetzt wird.

17. Gewindebohr-Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Spannschaft (24) und einem daran anschließenden Gewindebohr-Körper (26), entlang dessen Längsachse (A) sich zumindest eine Spannute (28) bis zu einer stirnseitigen Hauptschneide (27) an der Bohrerspitze (25) erstreckt, an welcher Hauptschneide (27) eine die Spannute (28) begrenzende Spanfläche (31) und eine stirnseitige Freifläche (33) der Bohrerspitze (25) zusammenlaufen, wobei in der Werkzeug-Umfangsrichtung die Spannute (28) durch zumindest einen Bohrersteg (35) begrenzt ist und die Spanfläche (31) der Spannute (28) unter Bildung einer Nebenschneide (36) in eine außenumfangsseitige Rückenfläche (37) des Bohrerstegs (35) übergeht, und wobei die Nebenschneide (36) und die stirnseitige Hauptschneide (27) an einer radial, äußeren Haupt-Schneidenecke (39) zusammenlaufen, wobei an der außenumfangsseitigen Rückenfläche (37) des Bohrerstegs (35) ein Gewindeprofil (29) mit zumindest einen Gewindeprofil-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) ausgebildet ist, wobei der Gewindeprofil-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) eine radial äußere Profilgrund-Schneidkante (45) aufweist, die die Haupt-Schneidenecke (39) radial nach außen um eine Schneidzahn-Höhe überragt, und wobei die Profilgrund-Schneidkante (45) sich entlang der Bohrer-Längsachse (B) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gewindeprofil (29) zumindest eine Räumschneide (46, 48, 50, 52) aufweist, und dass bei der Durchführung des Reversier-Hubs (H) mittels der Räumschneide (46, 48, 50, 52) eine Räumnut (R1 bis R4) erzeugbar ist, durch die der Gewinde-Schneidzahn (41, 42, 43, 44) belastungsfrei aus der Gewindebohrung (1) herausführbar ist, dass die Gewindeprofil-Räumschneide (46, 48, 50, 52) eine radial äußere Nutboden-Schneidkante (54) aufweist, die die Haupt-Schneidenecke (39) radial nach außen um eine Räumschneiden-Höhe überragt, und dass die Nutboden-Schneidkante (54) an seitlichen Nutflanken-Schneidkanten (56) übergeht, und dass sich die Nutboden-Schneidkante (54) in der Bohrer-Umfangsrichtung erstreckt und rechtwinklig zur Profilgrund-Schneidkante (45) des Gewindeprofil-Schneidzahns (41, 42, 43, 44) ausgerichtet ist.

18. Gewindebohr-Werkzeug nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass, in der Bohrer-Längsachse (B) betrachtet, die Außenkontur der Gewindeprofil-Räumschneide (46, 48, 50, 52) die Außenkontur des Gewindeprofil-Schneidzahns (41, 42, 43, 44) vollständig überdeckt.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

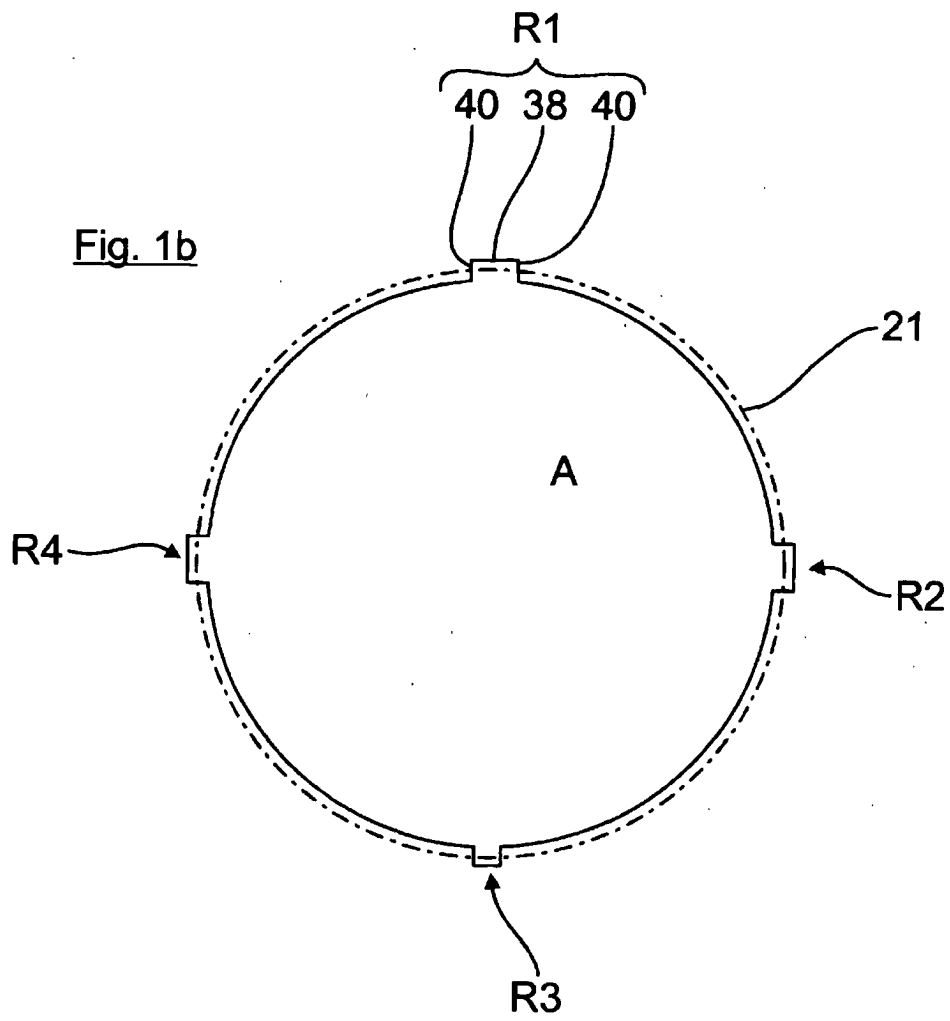


Fig. 2

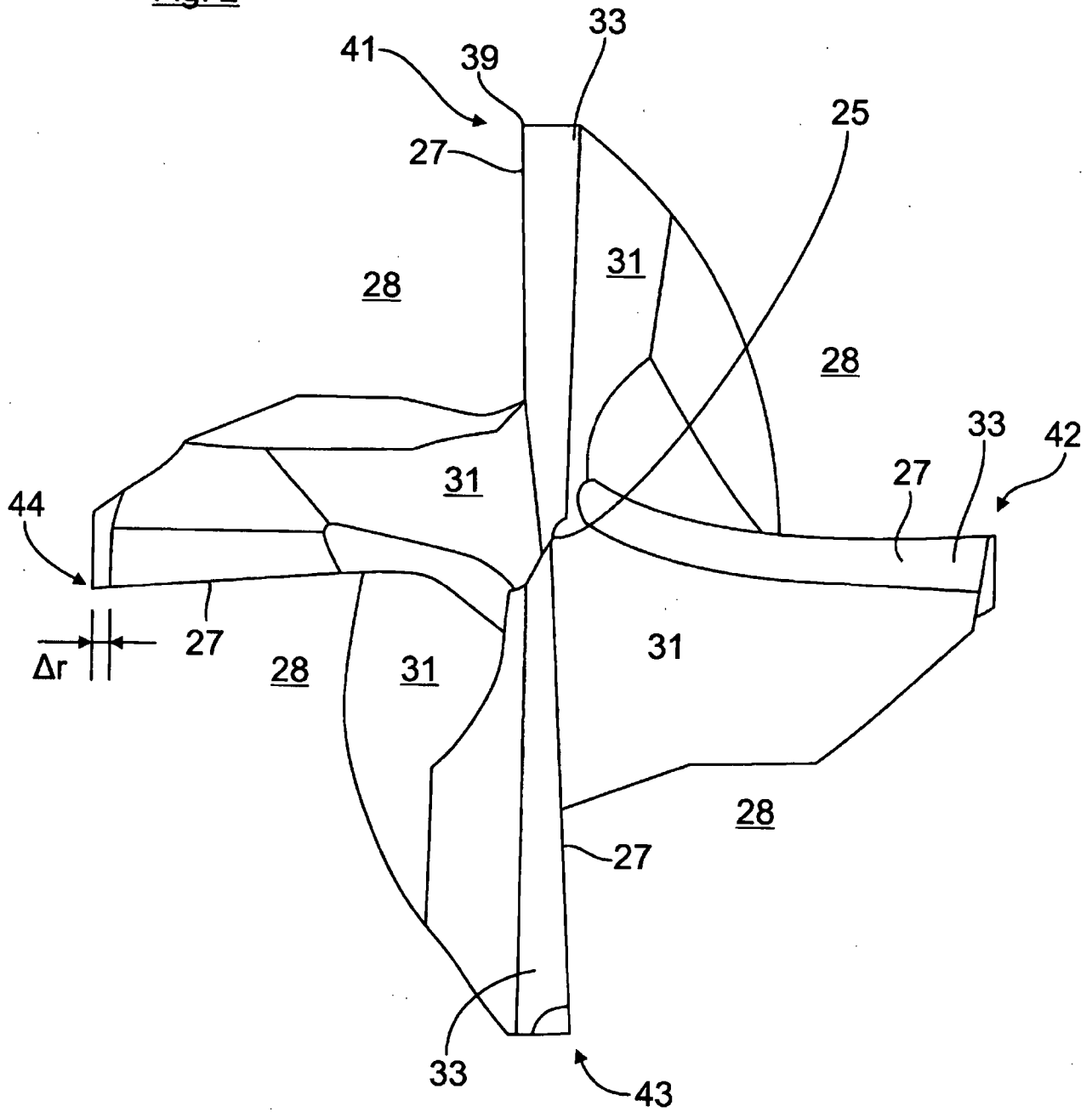


Fig. 3

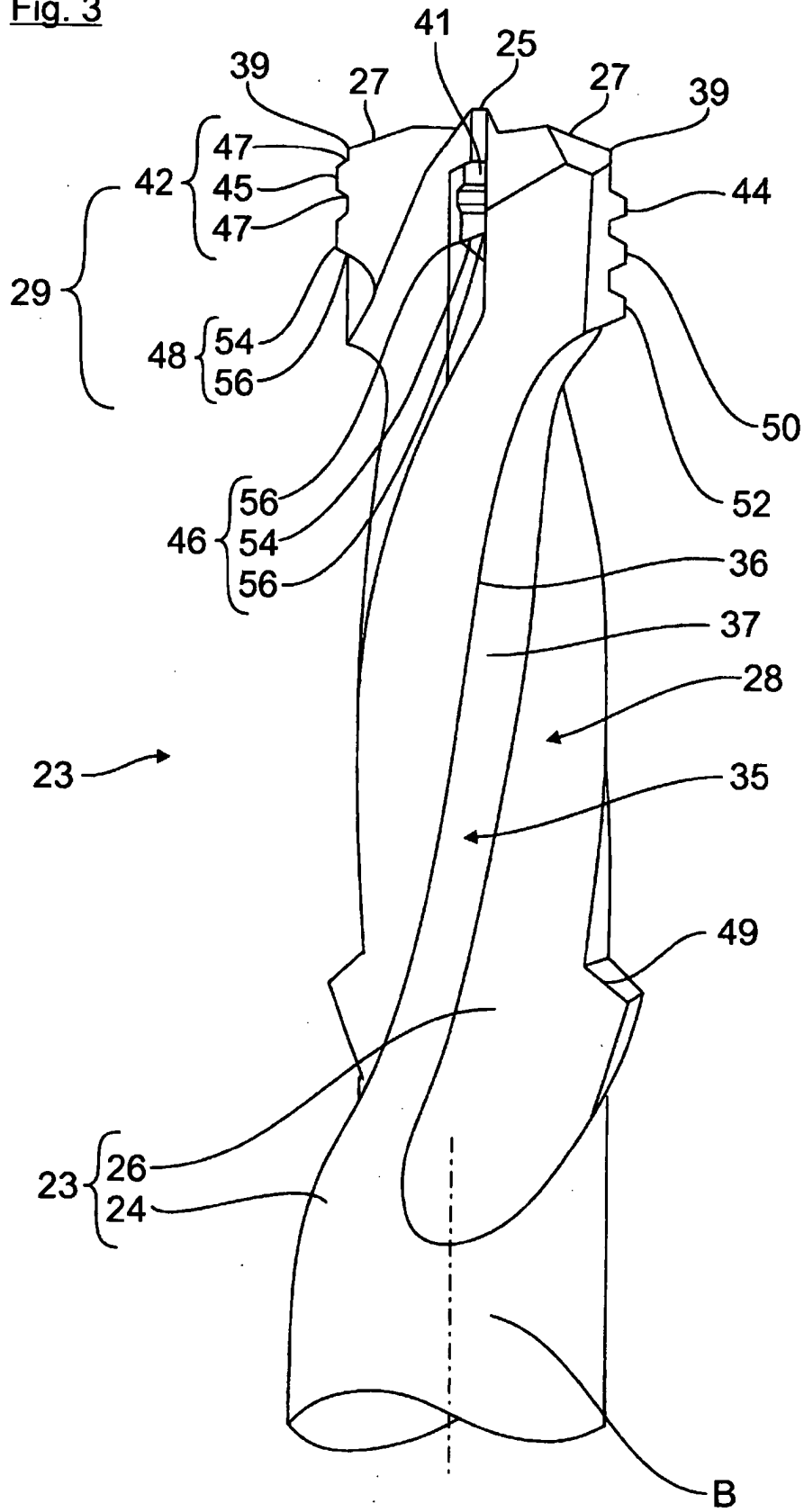


Fig. 4

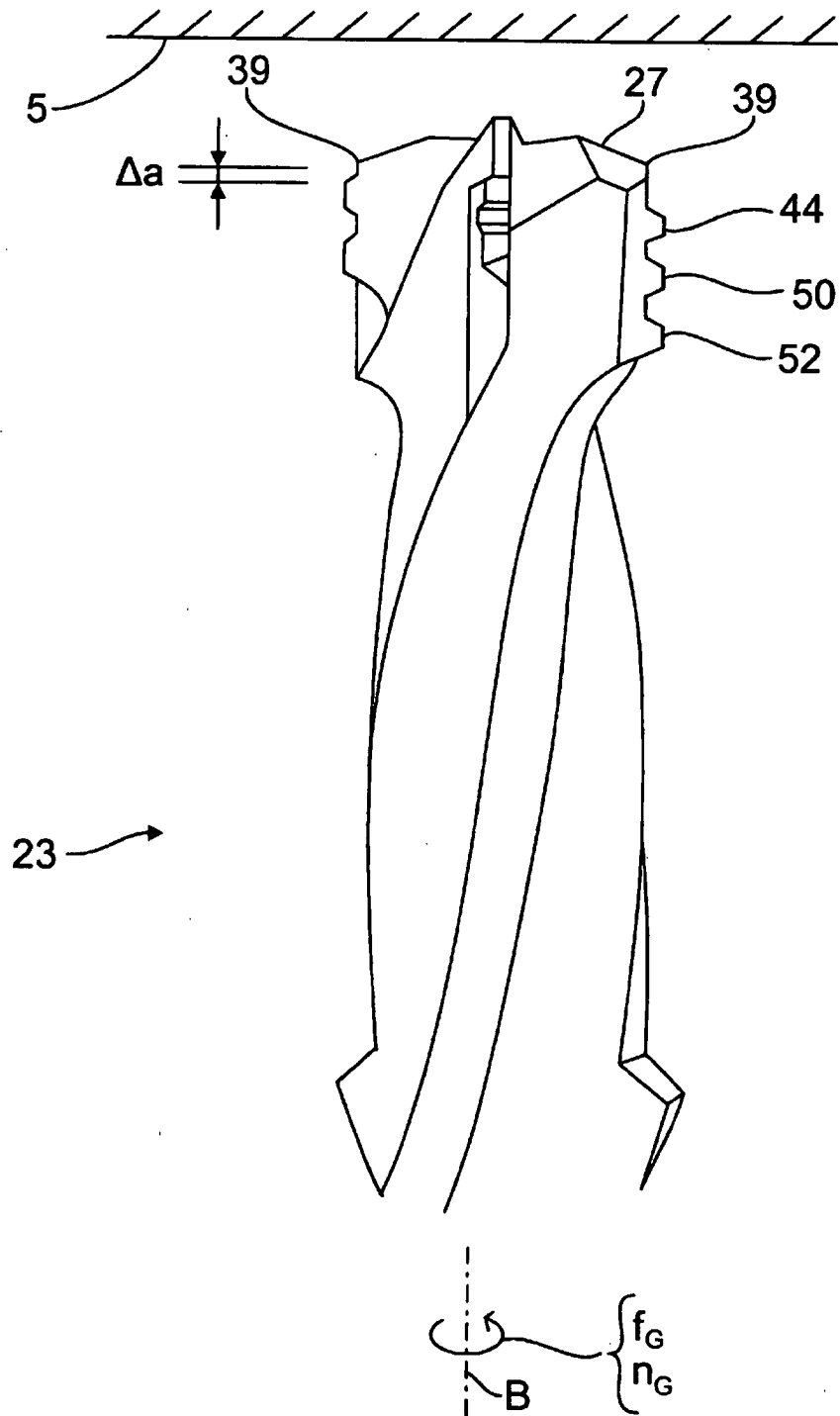


Fig. 5

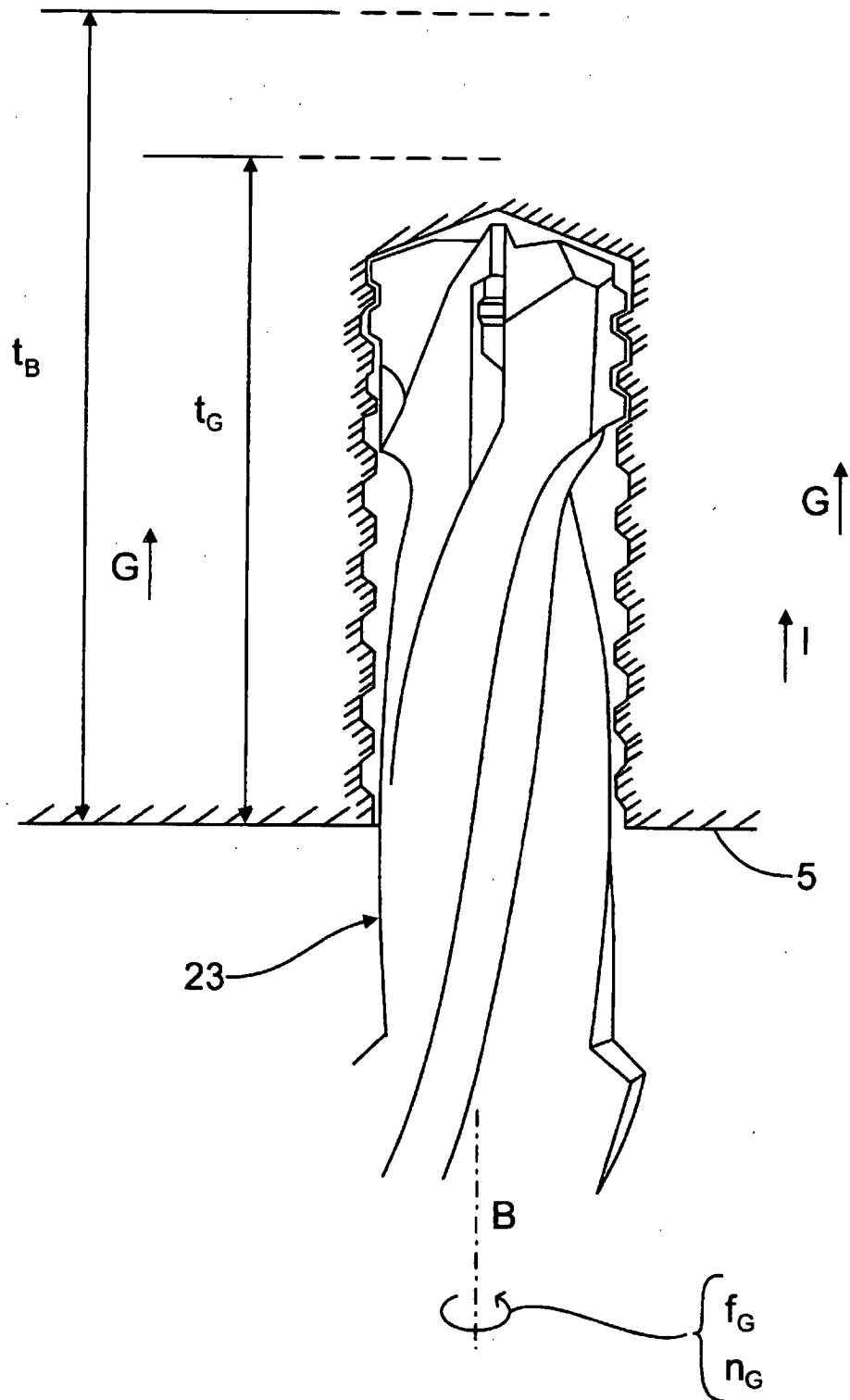


Fig. 6

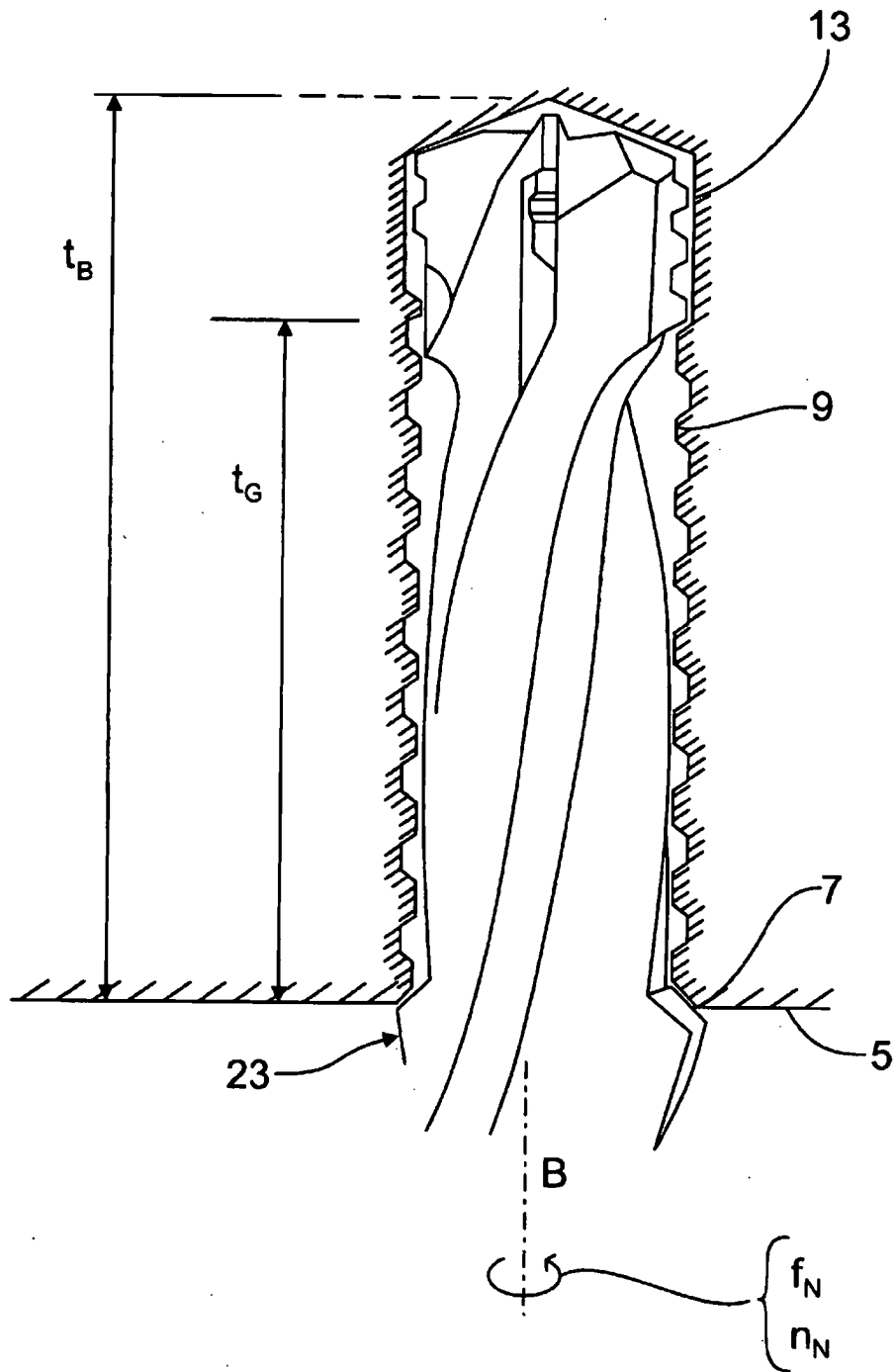


Fig. 7

