



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 18 712 T2 2006.03.16**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 148 825 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 17/16 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 18 712.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/CH00/00051**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 901 024.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/45714**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.02.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **10.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **16.03.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.03.2006**

(30) Unionspriorität:
118485 P 03.02.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Synthes AG Chur, Chur, Graubünden, CH

(72) Erfinder:
**GREEN, M., James, Portland, US; PERRIER, N.,
Alexandre, CH-4053 Basel, CH; KMIEC, J., Stanley,
Coopersburg, US**

(74) Vertreter:
Sparing · Röhl · Henseler, 40237 Düsseldorf

(54) Bezeichnung: **CHIRURGISCHER BOHRER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Entfernen von Knochengewebe, insbesondere zum beschleunigten Aufreiben eines Markkanals gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Eine grosse Vielfalt von Vorrichtungen zum Herausschneiden und Entfernen von Knochengewebe ist nach dem Stand der Technik bekannt. Beispiele dafür sind unter anderem in dem U.S.-Patent Nr. 5.269.785, Bonutti, dem U.S.-Patent Nr. 4.830.000, Shutt, und in dem U.S.-Patent Nr. 5.190.548, Davis, beschrieben. Im allgemeinen kommt bei diesen und ähnlichen Vorrichtungen eine rotierende, bohrerähnliche und am distalen Ende der Antriebswelle angeordnete Schneidspitze zum Einsatz. Knochenschneidvorrichtungen zur Verwendung beim Aufreiben des Markkanals verwenden typischerweise eine biegsame Antriebswelle, da die Markkanäle von Knochen selten gerade verlaufen und üblicherweise stets eine gewisse Krümmung aufweisen. Die meisten Reibahlen weisen auch eine durch die Reibahle und die Antriebswelle hindurch verlaufende Zentralbohrung auf. Die Zentralbohrung ist dazu bestimmt, einen langen Führungsstift bzw. -draht von geringem Durchmesser aufzunehmen, welcher zu Beginn in den Markkanal eingeführt wird und der als Spurführung beim Voranbewegen der Reibahle dient.

[0003] Reibahlen werden in der orthopädischen Chirurgie dazu verwendet, um Markkanäle von Knochen für eine grosse Vielfalt von Operationsverfahren vorzubereiten. Solche Verfahren beinhalten einen totalen Hüftgelenkersatz, einen totalen Kniegelenkersatz, die Nageleinführung zur Stabilisierung einer Röhrenknochenfraktur, eine intramedulläre Osteotomie, sowie die Gewinnung von Knochenspänen zu Transplantationszwecken.

[0004] Vom mechanischen und vom biologischen Standpunkt aus gesehen ist das Aufreiben des Markraums von besonderem Nutzen für die Leistungsverbesserung von Implantaten. Im speziellen wird durch das Aufreiben der Markkanal erweitert, so dass Implantate mit einem grösseren Durchmesser eingesetzt werden können. Diese Implantate mit grösserem Durchmesser sind weniger gebrechenanfällig. Gewisse Frakturen machen nämlich ein verstärktes Aufreiben nötig, so dass grössere Implantate verwendet werden können. Bei einem Verzicht auf das Aufreiben ist der Chirurg bei der Auswahl des Implantatdurchmessers auf eine Schätzung "über den Dauen" angewiesen. In der medizinischen Fachliteratur finden sich zahlreiche Fallstudien, in denen die nachteiligen Folgen einer ungenauen Schätzung aufgezeigt werden.

[0005] Das Aufreiben schafft eine direkte Messung des Durchmessers des Markkanals und ermöglicht

somit die Auswahl eines Implantats, welches den Kanal genau ausfüllt. Als Folge daraus wird durch die Erzielung eines endostalen Kontakts die Stabilität der Frakturstelle erhöht. Wenn Implantate den Markkanal nicht ausfüllen, kommt es zu einer verminderten Lastaufteilung zwischen dem Implantat und dem Knochen. Dadurch wird die Belastung, die auf das Implantat übertragen wird, erhöht, und es kommt leichter zu einem Implantatbruch und auch zu einer Beanspruchungsabschirmung des Knochens.

[0006] Trotz dieser Vorteile sind auch negative Auswirkungen des Markkanalaufreibens bekannt geworden, wobei insbesondere die derzeit verwendeten Verfahren zum Aufreiben des Markraums zu einer Temperatur- und Druckerhöhung führen können. Wie bei jedem Verfahren, bei dem Material entfernt wird, kommt es auch beim Aufreiben zu einer Wärmebildung. Ausserdem wird während des Aufreibvorgangs im Markraum ein hydraulischer Druck aufgebaut, der den blutdruckbedingten Normaldruck bei weitem übersteigt. Die Reibahle wirkt wie ein Hydraulikkolben in der Knochenmarkhöhle, und wenn der Inhalt des Markkanals, der aus einer Mischung aus gelbem Knochenmark, Blut, Blutgerinnsel und Knochendebris besteht, in den Blutstrom gelangt, kann es zu einer Embolie kommen. Es konnte eine Verbindung festgestellt werden zwischen übermässiger Erwärmung und einem erhöhten Auftreten von aseptischer Nekrose der Kortikalis sowie zwischen erhöhtem Druck und einem erhöhten Risiko des Auftretens von Fettemboli. Zu diesen Komplikationen kann es bei Patienten leichter kommen, wenn schwächende Faktoren, wie z.B. eine Lungenkontusion, Mehrfachtraumata oder eine pulmonale Störung vorliegen. In solchen Situationen würde üblicherweise das bevorzugte Aufreibverfahren aufgrund der damit verbundenen, erhöhten Risiken nicht zum Einsatz kommen.

[0007] Es existieren verschiedene Vorrichtungen und Verfahren zur Verringerung des sich während des Aufreibvorgangs aufbauenden Markraumdrucks. Beispielsweise konnte im Fall eines prothetischen Gelenkersatzes gezeigt werden, dass durch ein distales Lüftungsloch, eine breite Einführöffnung und eine modifizierte Technik zur Zementeinbringung jeweils der Druck und damit die Wahrscheinlichkeit einer Fettembolie mehr oder weniger erfolgreich vermindert werden konnte. Lüftungslöcher im Knochen zeigen nur wenig Wirkung, da ihr Durchmesser typischerweise zu gering ist und beim Vortreiben der Reibahle örtliche Spitzenwerte aufgenommen werden müssen. Auch wird durch ein geringeres Aufreiben des Markkanals eine Druckerhöhung nicht vermieden. Auch bei Reibahlen mit kleinem Durchmesser kann es nämlich zu einem hohen Druck kommen.

[0008] Eine weitere Technik, die Verwendung gefunden hat, um die Temperatur und den Druck zu vermindern, besteht darin, den Aufreibvorgang in meh-

renen Schritten durchzuführen und bei jedem Schritt eine grössere Reibahlengrösse zu verwenden. Dies hat zur Folge, dass die Aufreibverfahren langsam, unter Aufwendung von sanftem Druck und in mehreren Arbeitsgängen vor sich gehen. Gewöhnlich wird das Aufreiben bis zum Erreichen der Knochen-Kortikalis in Inkrementen von 1 mm Durchmesser durchgeführt und anschliessend in 0,5 mm-Inkrementen. In dieser Hinsicht erfolgt der Aufreibvorgang mit geringerer Druckkraft und der Markraumdruck kann unter Verwendung dieses langsamen Verfahrens mit den meisten Aufreibvorrichtungen auf einfache Weise verringert werden. Ein rascherer Aufreibvorgang mit weniger Arbeitsgängen wäre wünschenswert, um die Operationszeit und die Kosten der medizinischen Behandlung zu senken.

[0009] Ein weiterer mit diesen aktuellen Vorrichtungen und Verfahren verbundener Nachteil besteht in der Wiederverwendung der Reibahlen. Da die derzeit verwendeten Methoden den Gebrauch von mehreren Reibahlen mit unterschiedlicher Grösse erfordern, um eine einzige, grosse Öffnung in dem Markkanal zu schaffen, werden die Reibahlen für gewöhnlich bei hintereinander erfolgenden Aufreibverfahren wiederverwendet. Daraus ergibt sich, dass die Reibahlen mit der Zeit stumpf werden können und deren weitere Verwendung somit zu grösserem Markraumdruck und zu einer grösseren Zunahme der Kortikalistemperatur führen kann. Folglich ist die Sorgfalt und Umsicht der Chirurgen und des Operationssaalpersonals im Sinne einer schonenden Behandlung und eines gegebenenfalls erforderlichen Auswechslens der Reibahlen anstrengend und kostspielig. Eine Einweg-Vorrichtung ist wünschenswert, um die Probleme zu vermeiden, welche mit der im Lauf der Zeit erfolgenden Abstumpfung der Reibahlen verbundenen sind.

[0010] Ein weiterer Nachteil der derzeit in Gebrauch befindlichen Vorrichtungen besteht in der Verwendung von Reibahlausführungen mit flachen Nuten und breiten Schäften. Es konnte gezeigt werden, dass Reibahlen mit kleinen Schäften und tiefen Nuten vorteilhafter für die Reduzierung des Drucks und der Temperatur in dem Markraum sind.

[0011] Es besteht somit ein Bedarf an einer Vorrichtung und einem Verfahren zum Aufreiben des Markkanals mit erhöhter Geschwindigkeit, ohne dass sich dabei das Risiko der Bildung von Fettemboli und einer wärmebedingten Nekrose beim Herausschneiden und Entfernen von Knochengewebe erhöht.

[0012] Die Erfindung löst dieses Problem mit einer Vorrichtung zum Entfernen von Knochengewebe, insbesondere zum beschleunigten Aufreiben eines Markkanals, das durch die Merkmale des Anspruchs 1 gekennzeichnet ist.

[0013] Vorzugsweise sind zumindest fünf Schneidmesser vorhanden und jedes Schneidmesser weist zumindest drei planare Oberflächen auf.

[0014] In einer Ausführungsform weist jedes Schneidmesser eine vordere Schneidkante auf, welche durch die Schnittlinie zwischen der inneren Schneidmesserwand und einer der planaren Oberflächen gebildet wird. Diese vordere Schneidkante kann in einem Winkel von ungefähr 30° bis 45° in Bezug auf die Längsachse des röhrenförmigen Schafts ausgerichtet sein. In einer anderen Ausführungsform beinhaltet der spiralförmige seitliche Schneidabschnitt weiterhin eine seitliche Schneidkante, welche durch die Schnittlinie zwischen der inneren Schneidmesserwand und der äusseren Schneidmesserwand gebildet wird.

[0015] Die Antriebswelle und der Reibahlenkopf können jeweils mit einer Kannulierung versehen sein. Diese beiden Kannulierungen sind miteinander fluchtend ausgerichtet und bilden einen Mittelkanal, wenn der röhrenförmige Schaft mit der Antriebswelle in Eingriff steht. Dieser Kanal hat unter anderem dem Zweck, einen Führungsdraht aufzunehmen, der dazu dient, die Vorrichtung in dem Markkanal zu führen.

[0016] Die bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung beinhaltet ein Absaugrohr zum Entfernen von abgetragenem Material, das von dem Reibahlenkopf gebildet wird. Das Absaugrohr hat eine Sammelleitungsanordnung an einem proximalen Ende, ein Reibahlenkopf-Befestigungsteil an einem distalen Ende und ein Lumen, das entsprechend ausgelegt und dimensioniert ist, um die Antriebswelle aufzunehmen. Vorzugsweise steht der Mittelkanal in Fluidverbindung mit einer Irrigationsquelle, um eine Irrigation des Schneidkopfes zu ermöglichen. Die Sammelleitungsanordnung kann einen mit der Irrigationsquelle verbundenen Irrigationsanschluss und eine mit dem Irrigationsanschluss in Fluidverbindung stehende Irrigationskammer beinhalten. Das Irrigationsfluid strömt von der Irrigationskammer durch eine in der Antriebswelle ausgebildete Öffnung in den Mittelkanal. In einer Ausführungsform, bei welcher der Reibahlenkopf grösser ist als das Absaugrohr, hat das Reibahlenkopf-Befestigungsteil ein im wesentlichen kugelförmiges Aussenprofil.

[0017] Das distale Ende des Lumens des Absaugrohrs steht in Fluidverbindung mit den Nuten des Reibahlenkopfs und das proximale Ende des Lumens steht in Fluidverbindung mit einer Absaugquelle. Vorzugsweise beinhaltet die Sammelleitungsanordnung einen mit der Absaugquelle verbundenen Absauganschluss, der bei der Entfernung des abgetragenen Materials behilflich ist.

[0018] Bevorzugte Merkmale der vorliegenden Erfindung werden in den beiliegenden Zeichnungen of-

fengelegt, in denen ähnliche Bezugszeichen in den verschiedenen Ansichten jeweils auf ähnliche Elemente verweisen, und in denen:

[0019] [Fig. 1A](#) eine von der linken Seite aus gezeigte Perspektivansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemässen Reibahlenvorrichtung darstellt;

[0020] [Fig. 1B](#) eine von der rechten Seite aus gezeigte Perspektivansicht der Vorrichtung aus [Fig. 1A](#) darstellt;

[0021] [Fig. 2](#) eine Draufsicht auf die Reibahlenvorrichtung aus den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) darstellt;

[0022] [Fig. 3](#) eine Querschnittsansicht der Vorrichtung entlang der Linie A-A aus [Fig. 2](#) darstellt;

[0023] [Fig. 4](#) eine Perspektivansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemässen Antriebswellenanordnung darstellt;

[0024] [Fig. 5](#) eine Seitenansicht einer Ausführungsform eines erfindungsgemässen Reibahlenkopfes darstellt;

[0025] [Fig. 6](#) eine Vorderansicht des Reibahlenkopfes aus [Fig. 5](#) darstellt;

[0026] [Fig. 7](#) eine Rückansicht des Reibahlenkopfes aus [Fig. 5](#) darstellt;

[0027] [Fig. 8](#) eine perspektivische Vorderansicht des Reibahlenkopfes aus [Fig. 5](#) darstellt;

[0028] [Fig. 9](#) eine perspektivische Rückansicht des Reibahlenkopfes aus [Fig. 5](#) darstellt;

[0029] [Fig. 10](#) eine vergrösserte Ansicht der Seitenansicht aus [Fig. 5](#) darstellt;

[0030] [Fig. 11](#) eine vergrösserte und teilweise fragmentierte Perspektiv- und Querschnittsansicht der in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Reibahle darstellt;

[0031] [Fig. 12](#) ein exemplarisches Beispiel eines Graphen darstellt, der eine Druck-Zeit-Kurve eines Systems ausdrückt, in welchem die Reibahle aus [Fig. 1](#), der Reibahlenkopf aus [Fig. 5](#) und die Antriebswellenanordnung aus [Fig. 4](#) zum Einsatz kommen;

[0032] [Fig. 13](#) eine Perspektivansicht eines Abschnittes der Antriebswellenanordnung aus [Fig. 4](#) mit einem in die Kannulierung der Antriebswelle eingeführten Führungsdraht darstellt;

[0033] [Fig. 14](#) eine Querschnittsansicht der Antriebswellenanordnung entlang der Linie A-A aus

[Fig. 13](#) darstellt;

[0034] [Fig. 15](#) eine Draufsicht auf eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemässen Reibahlenvorrichtung darstellt;

[0035] [Fig. 16](#) eine perspektivische Vorderansicht einer anderen Ausführungsform eines erfindungsgemässen Reibahlenkopfes darstellt; und

[0036] [Fig. 17](#) eine vergrösserte Ansicht der Seitenansicht des Reibahlenkopfes aus [Fig. 16](#) darstellt.

[0037] Gleiche oder ähnliche Elemente wurden angemessenerweise in den verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung, welche in den Zeichnungen dargestellt sind, mit denselben Bezugszeichen versehen. Weiterhin sind jegliche in der nachfolgenden Beschreibung vorkommenden Bezugnahmen auf eine Ausrichtung oder eine Richtung in erster Linie zur anschaulicheren Darstellung gedacht und es ist keineswegs beabsichtigt, den Umfang der Erfindung dadurch in irgendeiner Art einzuschränken.

[0038] In den [Fig. 1–Fig. 3](#), auf welche nun Bezug genommen wird, umfasst eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemässen Reibahle **10** einen an einem distalen Ende der Reibahle **10** angeordneten und zum Aufreiben eines Markkanals bestimmten Reibahlenkopf **20**, ein Absaugrohr **13** zur Absaugung und Entfernung des von dem Reibahlenkopf **20** gebildeten, emulgierten Knochen- und sonstigen Materials, ein Reibahlenkopf-Befestigungsteil **14** zum Festhalten des Reibahlenkopfes **20** auf dem Absaugrohr **13** bei gleichzeitiger Rotationsmöglichkeit des Reibahlenkopfes **20** in Bezug auf das Absaugrohr **13**, und eine an einem proximalen Ende der Reibahle **10** befindliche Sammelleitungsanordnung **12**. Der Begriff 'distal' bezeichnet gemäss seiner in dieser Anmeldung gewählten Verwendung somit das in der Nähe des Reibahlenkopfes **20** gelegene Ende bzw. die zu dem vorderen Bereich der Reibahle **10** hinweisende Richtung und der Begriff 'proximal' bezeichnet das in der Nähe der Sammelleitungsanordnung **12** gelegene Ende bzw. die zu dem hinteren Bereich der Reibahle **10** hinweisende Richtung. Der Begriff 'longitudinal' bezeichnet eine zentral zu dem Absaugrohr **13** verlaufende Achse.

[0039] Das Absaugrohr **13** ist flexibel, so dass es sich entsprechend der Krümmung des Knochens biegen lässt und ist vorzugsweise aus einem halbdurchsichtigen Material gefertigt, so dass das abgesaugte Material überwacht werden kann. Die Sammelleitungsanordnung **12** weist einen Irrigationsanschluss **15** und einen Absauganschluss **16** auf, welche jeweils zum Anschluss an eine Irrigationsquelle bzw. an ein Absaugmittel dienen. Am proximalen Ende der Sammelleitungsanordnung **12** befindet sich eine Antriebswellenkupplung **17**. Die Antriebswellenkupp-

lung **17** kann auf einfache Weise an einer Antriebswelle oder einem anderen Mittel zum In-Rotation-Versetzen des Reibahlenkopfes **20** befestigt bzw. wieder davon gelöst werden.

[0040] [Fig. 4](#) zeigt eine Antriebswellenanordnung **100**, welche gemeinsam mit der Reibahle **10** dazu verwendet werden kann, den Reibahlenkopf **20** in Rotation zu versetzen, und zwar mit einer zum Aufreiben des Markkanals ausreichenden Drehzahl. Durch die Verwendung einer Antriebswellenanordnung **100** gemeinsam mit der Reibahle **10** (oder eines beliebigen modularen Systems, bei welchem das Antriebsmittel in einer von der Reibahle unabhängigen Baueinheit enthalten ist) wird es möglich, die Antriebswellenanordnung **100** mit zahlreichen verschiedenen Reibahlen zu benutzen. Diese Modularität ist insofern vorteilhaft, als verschiedene Patienten und verschiedene klinische Bedingungen die Verwendung unterschiedlich dimensionierter Reibahlenköpfe erforderlich machen. Ausserdem wirken sich die durch das Knochenaufreiben bedingten Verschleiss- und Abnutzungserscheinungen auf den Reibahlenkopf und nicht auf das Antriebsmittel aus. Somit kann es sich bei der Reibahle **10** um einen einmalig zu benutzenden Wegwerfartikel handeln, wohingegen die Antriebswellenanordnung **100** über eine längere Zeitdauer hinweg verwendet werden kann.

[0041] Die Antriebswellenanordnung **100** beinhaltet eine flexible Antriebswelle **102** mit einem an dem distalen Ende angeordneten Reibahlenkopf-Anschlusssteil **104**, um den Reibahlenkopf **20** lösbar in Eingriff zu bringen, so dass der Reibahlenkopf **20** sich dreht, wenn die flexible Antriebswelle **102** sich dreht, einen Energiequellen-Anschluss **106** zum Anschluss an eine Energiequelle, um die Antriebswelle **102** in Rotation zu versetzen, und eine Sammelleitungskupplung **108**, welche zwischen dem Reibahlenkopf-Anschlusssteil **104** und dem zur Aufnahme der Antriebswellenkupplung **17** dienenden Energiequellen-Anschluss **106** angeordnet ist. Die Antriebswelle **102** ist entsprechend dimensioniert, um in das Lumen des Absaugrohrs **13** zu passen. Es ist jedoch, wie später noch im Detail beschrieben werden wird, ausreichend Raum zwischen der Aussenwand der Antriebswelle **102** und der Innenwand des Absaugrohrs **13** vorhanden, um einen Transport des angesaugten Materials von dem Reibahlenkopf **20** durch das Absaugrohr **13** zu dem Absauganschluss **16** zu ermöglichen. Wie weiter oben für das Absaugrohr **13** beschrieben, ist auch die Antriebswelle **102** flexibel, um sich einer beliebigen Krümmung des aufzureibenden Knochens anzupassen. Die Antriebswelle **102** weist eine Kannulierung **110** zur Aufnahme eines Führungsdrahtes **120** auf.

[0042] Wie am besten aus den [Fig. 11](#), [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) ersichtlich, ist zwischen der Aussenwand des Führungsdrahtes **120** und der Innenwand der Kannu-

lierung **110** genügend Raum vorhanden, um den Transport eines Irrigationsfluids von dem Irrigationsanschluss **15** über die Kannulierung **110** zu dem Reibahlenkopf **20** zu ermöglichen. Die Antriebswelle **102** weist eine Öffnung **126** auf, die sich von der Aussenfläche der Antriebswelle **102** bis zu der Kannulierung **110** hin erstreckt. Die Öffnung **126** ist so auf der Antriebswelle **102** angeordnet, dass wenn die Antriebswellenanordnung **100** mit der Reibahlenvorrichtung **10** verkuppelt ist, die Öffnung **126** in Fluidverbindung mit dem Irrigationsanschluss **15** steht, damit das Irrigationsfluid durch die Kannulierung **110** hindurchströmen kann. Die Öffnung **126** weist gekrümmte Wände **128**, **130** auf. Die gekrümmte Wand **128** krümmt sich nach aussen und weist ein konvexes Profil auf, während die gekrümmte Wand **130** sich nach innen krümmt und ein konkaves Profil aufweist. Die jeweilige Krümmung der gekrümmten Wände **128**, **130** trägt dazu bei, Wasser in die Kannulierung **110** zu befördern, während die Antriebswelle **102** rotiert (wobei die Rotation bezugnehmend auf [Fig. 14](#) im Gegenuhrzeigersinn erfolgt).

[0043] Jedes geeignete Mittel zum lösbar Verbinden der Sammelleitungskupplung **108** mit der Antriebswellenkupplung **17** kann verwendet werden. Vorzugsweise kommt ein Schnellanschlussmechanismus zum raschen Kuppeln und Entkuppeln zum Einsatz. Beispielsweise kann die Sammelleitungskupplung **108** einen federbelasteten Verriegelungsmechanismus aufweisen, etwa in Form eines Kugellagers, das in einen in der Antriebswellenkupplung **17** ausgebildeten Schlitz eingreift.

[0044] In ähnlicher Weise kann jede beliebige Energiequelle und jedes beliebige Mittel zur Befestigung der Antriebswellenanordnung **100** an der Energiequelle verwendet werden. Da Druckluftwerkzeuge in der orthopädischen Chirurgie weit verbreitet sind, handelt es sich bei der Energiequelle vorzugsweise um einen Druckluftantrieb, wie zum Beispiel um den von der Firma Synthes aus Paoli, Pennsylvania, unter dem Namen Compact Air Drive vertriebenen Druckluftantrieb.

[0045] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, auf welche nun erneut Bezug genommen wird, sind in der Sammelleitungsanordnung **12** ein Dichtungselement **34** und ein einfaches Gleitlager **31** angebracht. Das Dichtungsmittel **34** und das einfache Gleitlager **31** bilden eine Irrigationskammer **35** und gewährleisten eine hermetische Abdichtung, durch welche verhindert wird, dass während der Operation Irrigationsfluid aus der Irrigationskammer **35** entweicht und in den Absauganschluss **16** oder in einen anderen Bereich ausserhalb des proximalen Endes der Reibahlenvorrichtung **10** gelangt. Ausserdem verhindert das einfache Gleitlager **31**, dass abgesaugtes, emulgiertes Material in die Irrigationskammer **35** gelangt.

[0046] Der Reibahlenkopf **20** ist koaxial in dem Reibahlenkopf-Befestigungsteil **14** am distalen Ende des Absaugrohrs **13** angeordnet. [Fig. 15](#) zeigt eine Reibahle **210**, die ein Reibahlenkopf-Befestigungsteil **14'** mit einem Aussenprofil von im wesentlichen sphärischer Gestalt aufweist. Da das Reibahlenkopf-Befestigungsteil **14'** dem Reibahlenkopf **20** nachfolgt, ermöglicht es die Gestalt des Reibahlenkopf-Befestigungsteils **14'**, dass der Reibahlenkopf-Befestigungsteils **14'** von den Markkanalwänden abgleitet, falls es zu einer Biegung des Absaugrohrs **13** in Bezug auf die Antriebswelle **102** kommen sollte. Somit wird beim Werkzeugvorschub durch den Markkanal, bei dem auf das Aufreiben folgende Zurückziehen und beim Passieren der Frakturstelle, eine ruhige Bewegung des Reibahlenkopf-Befestigungsteils **14'** ermöglicht.

[0047] Der Reibahlenkopf **20** ist vorzugsweise aus einem rostfreien Stahl gefertigt, es können jedoch auch beliebige andere metallische, polymerische, keramische Materialien bzw. Verbundmaterialien verwendet werden, welche sich zum Schneiden von Knochenmaterial eignen. Eine Reibahlen-Kannulierung **22** erstreckt sich von der distalen Spitze bis zu dem proximalen Ende des Reibahlenkopfes **20** ([Fig. 7](#) und [Fig. 8](#)). Die Reibahlen-Kannulierung **22** ist fluchtend mit der Kannulierung **110** der Antriebswelle **102** ausgerichtet, so dass ein Führungsdraht sich von dem proximalen Ende der Antriebswelle **102** bis zu dem distalen Ende des Reibahlenkopfes **20** hin erstrecken kann.

[0048] Obwohl zahlreiche verschiedene Reibahlenköpfe mit der Reibahle **10**, **210** verwendet werden können, ist in den [Fig. 5–Fig. 10](#) nur eine Ausführungsform dargestellt. Wie in diesen Figuren gezeigt, besteht der Reibahlenkopf **20** aus einem Schneidkopf **40**, welcher in einem Stück mit einem röhrenförmigen Schaft **25** ausgebildet ist. Der Umfang des röhrenförmigen Schafts **25** ist zylindrisch und weist eine um den Umfang herum vertieft ausgeführte Befestigungsgrille **26** auf, welche einen über die Innenseite des Reibahlenkopf-Befestigungsteils **14** vorstehenden Vorsprung aufnimmt, und welche eine Rotation des Reibahlenkopfes **20** unter Beibehaltung einer in longitudinaler Hinsicht festen Position am distalen Ende des Absaugrohrs **13** erlaubt. Der röhrenförmige Schaft **25** verfügt am proximalen Ende über ein Antriebswellen-Aufnahmeteil **23**, welches entsprechend ausgelegt ist, um das Reibahlenkopf-Anschlusssteil **104** der Antriebswelle **102** aufzunehmen, so dass der Reibahlenkopf **20** rotieren muss, wenn die Antriebswelle **102** rotiert. Obwohl das Antriebswellen-Aufnahmeteil **23** jede beliebige Form aufweisen kann, die sich an das Aussenprofil des Reibahlenkopf-Anschlusssteils **104** anpasst, handelt es sich bei dem Merkmal vorzugsweise um einen Innensechskant.

[0049] Der Schneidkopf **40** des Reibahlenkopfes **20**

weist eine Mehrzahl von Schneidmessern **41** auf, vorzugsweise zumindest fünf an der Zahl, die sich von der Reibahlen-Kannulierung **22** ausgehend unter Ausbildung eines im wesentlichen spiralförmigen Musters radial nach aussen erstrecken. Eine Korrelation der Anzahl der Schneidmesser mit deren spezifischer Messergeometrie und Rotationsgeschwindigkeit ist vorteilhaft, damit eine angemessene Menge von Knochenmaterial entfernt wird und gleichzeitig eine effiziente Schneidleistung erzielt wird. Bei Verwendung einer zu grossen Anzahl von Schneidmessern in Verbindung mit einer gegebenen Schneidmesserform werden die Nuten sehr seicht und es kann folglich weniger Knochenmaterial entfernt werden. Bei Verwendung einer zu geringen Anzahl von Schneidmessern ist der Reibahlenkopf beim Herausschneiden von Knochengewebe nicht effizient. Der Reibahlenkopf kann dann nämlich während des Herausschneidens von Knochenmaterial steckenbleiben bzw. sich verstopfen.

[0050] Jedes Schneidmesser **41** verfügt über ein mehrflächiges, kantiges distales Ende mit einer geraden, vorderen Schneidkante **42**, an welche eine spiralförmige seitliche Schneidkante **44** anschliesst. Die vordere Schneidkante **42** wird durch die Schnittlinie zwischen einer inneren Schneidmesserwand **45** und einer planaren, ersten Schneidlippenfläche **51** gebildet. Der Winkel zwischen der inneren Schneidmesserwand **45** und der ersten Schneidlippenfläche **51** ist spitz. Eine planare, zweite Schneidlippenfläche **52** schneidet die erste Schneidlippenfläche **51** in einem stumpfen Winkel und bildet mit dieser eine erste Schneidlippenkante **56**. Eine planare, dritte Schneidlippenfläche **53** schneidet die zweite Schneidlippenfläche **52** in einem stumpfen Winkel und bildet mit dieser eine hintere Schneidlippenkante **58**. Die seitliche Schneidkante **44** wird durch die Schnittlinie zwischen der inneren Schneidmesserwand **45** und der äusseren Schneidmesserfläche **46** gebildet, verläuft in einem konstanten radialen Abstand von der Längsachse und erstreckt sich longitudinal in spiralförmiger Weise. Die äussere Schneidmesserfläche **46** quirlt von der seitlichen Schneidkante **44** entlang einem Bogen radial nach innen zu einer inneren Schneidmesserwand eines benachbarten Schneidmessers. Der Raum zwischen solchen benachbarten Schneidmessern bildet eine Nut **43**, welche während des Betriebs die Funktion hat, das herausgeschnittene Markkanalmaterial zu dem proximalen Ende des Reibahlenkopfes **20** zu schleusen, von wo aus es über das unter Vakuum stehende Absaugrohr **13** aus dem Knocheninnenraum entfernt wird. Die innere Schneidmesserwand **45** und die äussere Schneidmesserfläche **46** erstrecken sich longitudinal über den Schneidkopf **40** und münden am proximalen Ende in eine Schulterfläche **48**. Die Schulterfläche **48** grenzt an den röhrenförmigen Schaft **25** an.

[0051] Die [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) zeigen eine andere

Ausführungsform eines erfindungsgemässen Reibahlenkopfes **20'**. Der Reibahlenkopf **20'** weist keine seitlichen Schneidkanten auf, wodurch das Risiko einer Durchbohrung der Knochen-Kortikalis durch seitliches Aufreiben im wesentlichen minimiert wird. Jedes Schneidmesser **41** verfügt über ein mehrflächiges, kantiges distales Ende mit einer geraden, vorderen Schneidkante **42**. Die vordere Schneidkante **42** wird durch die Schnittlinie zwischen einer inneren Schneidmessennrand **45** und einer planaren, ersten Schneidlippenfläche **51** gebildet. Der Winkel zwischen der inneren Schneidmesserwand **45** und der ersten Schneidlippenfläche **51** ist spitz. Eine planare, zweite Schneidlippenfläche **52** schneidet die erste Schneidlippenfläche **51** in einem stumpfen Winkel und bildet mit dieser eine erste Schneidlippenkante **56**. Die äussere Schneidmesserfläche **46** quirlt entlang einem Bogen radial nach innen zu einer inneren Schneidmesserwand eines benachbarten Schneidmessers. Der Raum zwischen solchen benachbarten Schneidmessern bildet eine Nut **43**, welche während des Betriebs die Funktion hat, das herausgeschnittene Markkanalmaterial zu dem proximalen Ende des Reibahlenkopfes **20'** zu schleusen, von wo aus es über das unter Vakuum stehende Absaugrohr **13** aus dem Knocheninnenraum entfernt wird.

[0052] Die Verwendung der Reibahle **10**, welche im Zuge eines offenen chirurgischen, perkutanen oder anderweitig minimal invasiven Verfahrens erfolgen kann, wird nun unter hauptsächlichlicher Bezugnahme auf [Fig. 11](#) beschrieben. Es sei hier darauf hingewiesen, dass die Verwendung der Reibahle **210** analog zur Verwendung der Reibahle **10** erfolgt, wobei der Hauptunterschied zwischen der Reibahle **10** und der Reibahle **210** in der unterschiedlichen Geometrie des in [Fig. 2](#) gezeigten Reibahlenkopf-Befestigungsteils **14** und des in [Fig. 15](#) gezeigten Reibahlenkopf-Befestigungsteils **14'** besteht. Nachdem der aufzureibende Knochen zugänglich gemacht worden ist, wird der Führungsdraht **120** in den Markkanal **122** des Knochens **124** eingeführt. Das Einsetzen des Führungsdrahtes **120** erfolgt typischerweise unter Verwendung der Fluoroskopie, um eine fachgerechte Positionierung des Führungsdrahtes **120** sicherzustellen. Die Reibahle **10** wird dann gemeinsam mit einem geeigneten Schneidwerkzeug (wie etwa dem Reibahlenkopf **20** bzw. **20'**), das mit der Antriebswelle **100** verbunden und verkuppelt wird, über den Führungsdraht **120** geschoben, so dass der Führungsdraht **120** zur Gänze durch das Absaugrohr **13** hindurch verläuft und als Spurführung dient, welcher die Reibahle **10** beim Aufreiben des Kanals **122** folgt. Vorzugsweise ist die mit der Antriebswelle **100** verkuppelte Reibahle **10** vor dem Einsetzen in den Markkanal **122** mit einem Antriebsmittel verbunden worden. Somit verläuft der Führungsdraht **120** nun also durch die Kannulierung **110** der Antriebswelle **102** und durch die Kannulierung **22** des Reibahlenkopfes **20**.

[0053] Während des Aufreibens des Markkanals **122** erfolgt gleichzeitig eine Irrigation und eine Absaugung. Die Irrigation sorgt im wesentlichen für eine Kühlung des Reibahlenkopfes **20**, des Markkanals **122** und des Knochens **124**.

[0054] Eine bevorzugte Irrigationsquelle, welche das Irrigationsfluid mit ausreichender Geschwindigkeit und ausreichendem Druck abgibt, besteht in einem gewöhnlichen Beutel mit Salzlösung, der einen Meter oberhalb des Irrigationsanschlusses **15** aufgehängt wird. Es sei hier auch darauf hingewiesen, dass zusätzlich zu einem Beutel mit Salzlösung jede beliebige, biologisch kompatible Lösung und jedes beliebige Abgabesystem als Irrigationsquelle verwendet werden kann. Das Irrigationsfluid strömt von der Irrigationsquelle zu dem Irrigationsanschluss **15** und gelangt über diesen in die Irrigationskammer **35**. Das Irrigationsfluid durchströmt die Kannulierung **110** entlang dem von den Pfeilen I angezeigten Pfad in dem Zwischenraum zwischen der Innenwand der Kannulierung und dem Führungsdraht **120** und verlässt diese über den Reibahlenkopf **20**.

[0055] Die Absaugung vermindert den intramedullären Druck und trägt dazu bei, emulgiertes Material aus dem Reibahlenkopf **20** zu entfernen. Die Materialentfernung verbessert nicht nur den Aufreibvorgang, sondern schafft auch eine Möglichkeit zur Gewinnung von emulgiertem Material für Transplantationszwecke. Der von einer Absaugquelle erzeugte Saugstrom fliesst entlang dem von den Pfeilen A angezeigten Pfad. Im speziellen trägt das Irrigationsfluid dazu bei, das von dem Reibahlenkopf **20** gebildete, emulgierte Material durch die Nuten **43** in den Raum zwischen der Aussenwand der Antriebswelle **102** und der Innenwand des Absaugrohrs **13** zu leiten, und das emulgierte Material sodann von dem Reibahlenkopf **20** über das Reibahlenkopf-Befestigungsteil **14**, das Absaugrohr **13** und den Absauganschluss **16** in einen geeigneten Behälter zu befördern.

[0056] Ein signifikanter Vorteil des Systems, welches die Reibahle **10**, **210**, den Reibahlenkopf **20** und die Antriebswellenanordnung **100** beinhaltet, liegt in der Fähigkeit, das Aufreiben des Markkanals auf den gewünschten Durchmesser in einem Arbeitsgang durchzuführen, wobei sich die Notwendigkeit erübrigt, mehrere Reibahlenköpfe von zunehmend grösserem Durchmesser zu verwenden, bis die gewünschte Aufreibgrösse erreicht ist. In diesem Sinn wird durch die Irrigation des Reibahlenkopfes **20** bei gleichzeitig erfolgter Absaugung, sowie durch die Verwendung eines Reibahlenkopfes mit einer effizienten vorderen Schneidengeometrie (und wahlweise einer geeigneten seitlichen Schneidengeometrie) weniger Druck und Wärme erzeugt, als dies bei Reibahlenvorrichtungen nach dem Stand der Technik der Fall ist.

[0057] **Fig. 12** zeigt ein exemplarisches Beispiel eines Graphen, welcher eine Druck-Zeit-Kurve des erfindungsgemässen Systems bei einem Modellversuch mit einem Tier ausdrückt. Region I zeigt, dass kein Druckanstieg herbeigeführt wird, wenn eine Zugangsöffnung zu dem Markkanal angebracht wird. Der Druckanstieg in Region II rührt von Standardtechniken zum Zugänglichmachen des Markkanals her. Region III zeigt, dass kein Druckanstieg herbeigeführt wird, wenn der Führungsdraht eingesetzt wird. Im Gegensatz zu Standard-Aufreibprozessen reduziert bzw. eliminiert die vorliegende Erfindung den intramedullären Druck. Im speziellen bewirkt das in Kombination erfolgende Aufreiben, Irrigieren und Absaugen eine Absenkung des intramedullären Drucks auf unter 0,1333 Bar (100 mm Hg). Mit dem erfindungsgemässen System kann nämlich, wie in Region IV gezeigt, sogar ein negativer intramedullärer Druck erzeugt werden. Da der biologische Schwellwert in dem Markkanal für die Ausbildung von Fettemboli und Lungenemboli bekannterweise grösser oder gleich 0,2666 Bar (200 mm Hg) ist, wird das Vorkommen von Fett- oder Lungenemboli verringert. Zusätzlich kommt es durch die während des Betriebs erfolgende, fluidstromverursachte Kühlung auch zu keiner wärmebedingten Nekrose der Kortikalis.

[0058] **Fig. 12** zeigt einen weiteren wichtigen Vorteil des erfindungsgemässen Systems. Spezifischerweise nimmt das Markkanalaufreiben (Region IV) ungefähr 50 Sekunden in Anspruch. Im Gegensatz dazu erfordert das herkömmliche Aufreiben bei demselben tierischen Modellversuch ungefähr 500 Sekunden. Diese Verringerung der Aufreibzeit um einen Faktor zehn bedeutet, dass das Knochenaufreiben in klinischen Situationen von 30 Minuten auf 3 Minuten reduziert werden kann. Dadurch können Operationszeiten (und Operationskosten) ohne jegliches erhöhtes Risiko signifikant reduziert werden.

[0059] Es wurden weiter oben zwar verschiedene Beschreibungen der vorliegenden Erfindung gegeben, es versteht sich jedoch, dass die verschiedenen darin beschriebenen Merkmale entweder allein oder in beliebiger Kombination miteinander verwendet werden können.

[0060] Die Erfindung ist daher nicht lediglich auf die hier beschriebenen, spezifischen Ausführungsformen beschränkt zu verstehen.

[0061] Weiterhin versteht es sich, dass Fachleuten mit Kenntnissen in dem Gebiet, welchem die Erfindung zuzurechnen ist, innerhalb des Umfangs der Erfindung gelegene Variationen und Modifikationen einfallen können. Demgemäss sind sämtliche zweckmässige und für den einschlägig versierten Fachmann auf einfache Weise erzielbare Modifikationen der hier dargelegten Offenlegung, welche innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung gelegen

sind, als weitere Ausführungsformen in die vorliegende Erfindung mit einzuschliessen. Der Umfang der vorliegenden Erfindung wird demnach wie in den beigefügten Patentansprüchen dargelegt definiert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Aufreiben eines Markkanals eines Knochens, welche folgendes umfasst:

A) eine drehbare Antriebswelle (102) mit einem proximalen und einem distalen Ende, welche an einem proximalen Ende mit einem Drehantriebsselement verbunden ist, durch welches die Antriebswelle (102) in Rotation versetzt werden kann; und
B) einen Reibahlenkopf (20; 20'), welcher drehbar an das distale Ende der Antriebswelle (102) gekuppelt ist, wobei der Reibahlenkopf (20; 20') folgendes umfasst:

C) einen röhrenförmigen Schaft (25) mit einer Längsachse, welcher mit dem distalen Ende der Antriebswelle (102) in Eingriff steht; und
D) einen einstückig mit dem Schaft (25) ausgeführten Schneidkopf (40) mit einer Mehrzahl von Schneidmessern (41) und dazwischen angeordneten Nuten zum Herausschneiden und Aufreiben von Knochen, **dadurch gekennzeichnet**, dass

E) die Vorrichtung weiterhin ein Absaugrohr (13) zum Entfernen von ausgeschnittenem, durch den Reibahlenkopf (20) gebildetem Material umfasst, wobei das Absaugrohr (13) an einem proximalen Ende eine Sammelleitungsanordnung (12), an einem distalen Ende ein Reibahlenkopf-Befestigungsteil (14; 14'), sowie ein Lumen umfasst, das entsprechend ausgelegt und dimensioniert ist, um die Antriebswelle (102) aufzunehmen;
F) die Antriebswelle (102) und der Reibahlenkopf (20) jeweils eine Kannulierung (22; 110) aufweisen, wobei die Antriebswellen-Kannulierung (110) fluchtend mit der Reibahlenkopf-Kannulierung (22) ausgerichtet ist, wenn der röhrenförmige Schaft (25) mit der Antriebswelle (102) in Eingriff steht, und somit einen sich durch die Vorrichtung hindurch erstreckenden Mittelkanal bildet;

G) der Mittelkanal mit einer Irrigationsquelle in Fluidverbindung steht, um eine Irrigation des Schneidkopfes (40) zu schaffen, und wobei die Absaugung einen negativen Markkanaldruck schafft; und
H) zumindest manche der Schneidmesser (41) einen vorderen Schneidabschnitt und einen spiralförmigen, seitlichen Schneidabschnitt aufweisen, wobei der vordere Schneidabschnitt zumindest zwei planare Oberflächen beinhaltet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Schneidmesser (41) eine innere und eine äussere Schneidmesserwand (45; 46), einen vorderen Schneidabschnitt und einen spiralförmigen, seitlichen Schneidabschnitt aufweist, und wobei der vordere Schneidabschnitt weiterhin eine vordere Schneidkante (42) umfasst, welche

durch eine Schnittlinie zwischen der inneren Schneidmesserwand (45) und einer der planaren Oberflächen (51; 52; 53) gebildet wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die vordere Schneidkante (42) in einem Winkel von ungefähr 30° bis ungefähr 45° in Bezug auf die Längsachse des röhrenförmigen Schafts (25) ausgerichtet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der spiralförmige, seitliche Schneidabschnitt weiterhin eine seitliche Schneidkante (44) umfasst, welche durch eine Schnittlinie zwischen der inneren Schneidmesserwand (45) und der äusseren Schneidmesserwand (46) gebildet wird.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der vordere Schneidabschnitt zumindest drei planare Oberflächen (51; 52; 53) beinhaltet.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass
A) die Sammelleitungsanordnung (12) einen mit der Irrigationsquelle verbindbaren Irrigationsanschluss (15) und eine mit dem Irrigationsanschluss (15) in Fluidverbindung stehende Irrigationskammer (35) beinhaltet; und
B) die Antriebswelle (102) eine Öffnung (126) aufweist, welche sich von einer Aussenfläche der Antriebswelle (102) bis zu der Antriebswellen-Kannulierung (110) hin erstreckt und innerhalb der Irrigationskammer (35) gelegen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebswellen-Öffnung (126) gekrümmte Wände (128) aufweist, um Irrigationsfluid von der Irrigationskammer (35) in den Mittelkanal zu befördern, während die Antriebswelle 102 rotiert.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Lumen des Absaugrohrs (13) am distalen Ende mit der Mehrzahl von Nuten in Fluidverbindung steht und am proximalen Ende mit einer Absaugquelle in Fluidverbindung steht.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammelleitungsanordnung (12) einen mit der Absaugquelle verbindbaren Absauganschluss (16) beinhaltet.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Reibahlenkopf-Befestigungsteil (14') ein im wesentlichen sphärisches Aussenprofil aufweist.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

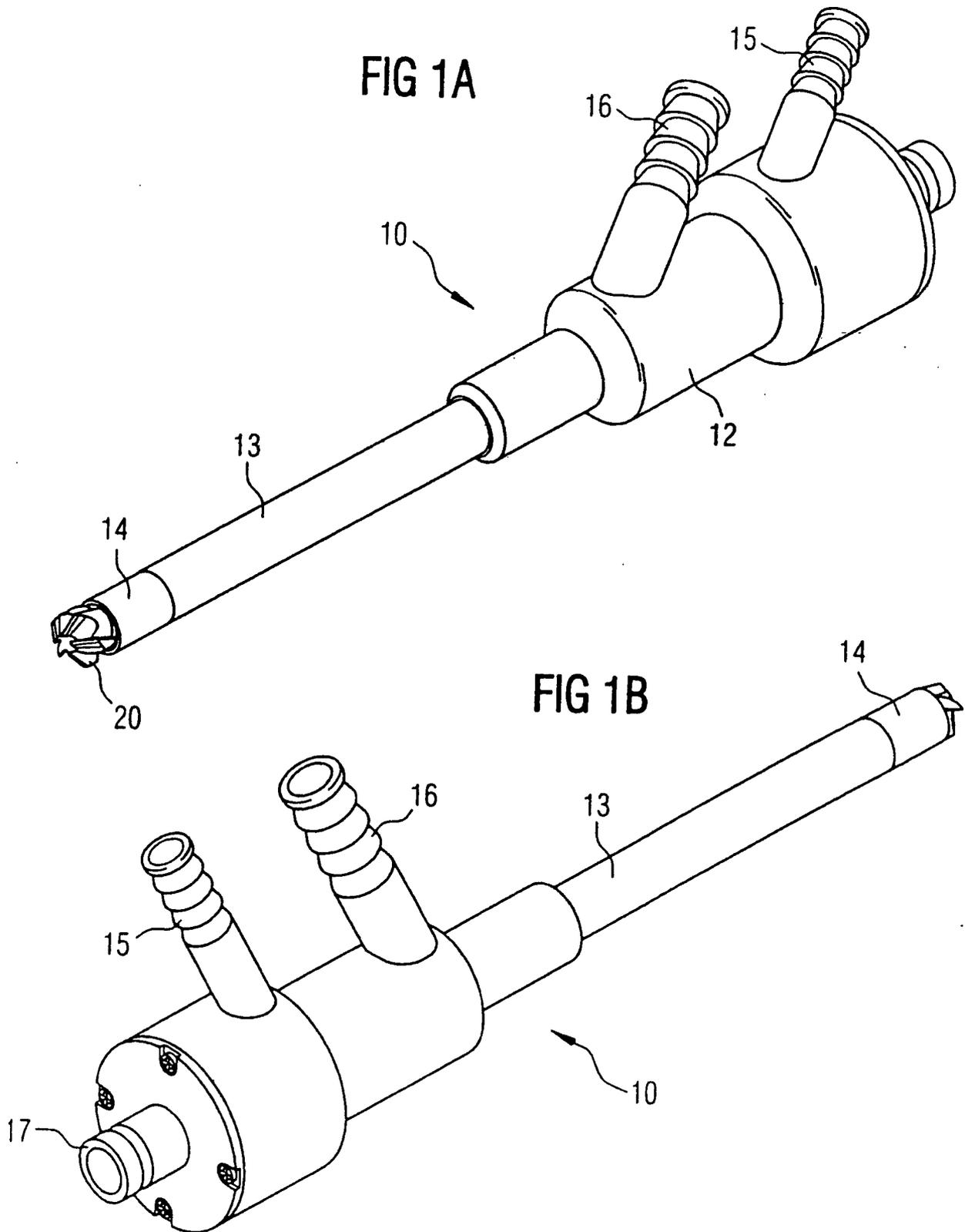


FIG 2

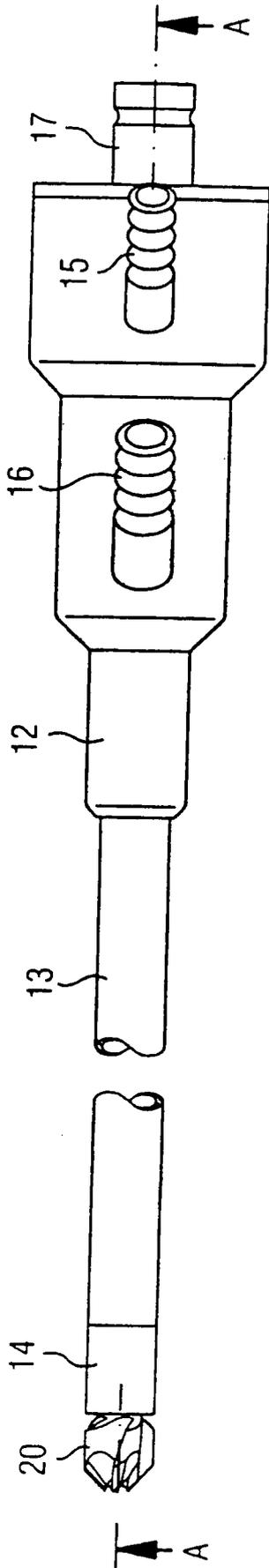
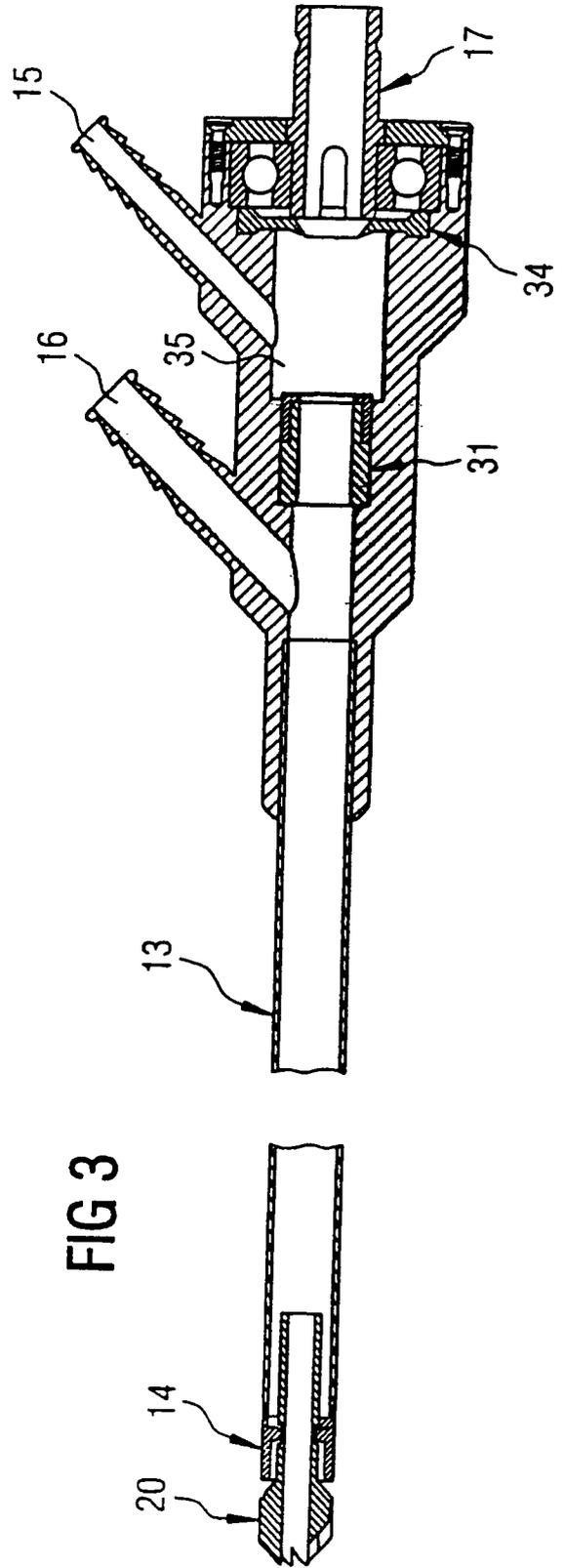


FIG 3



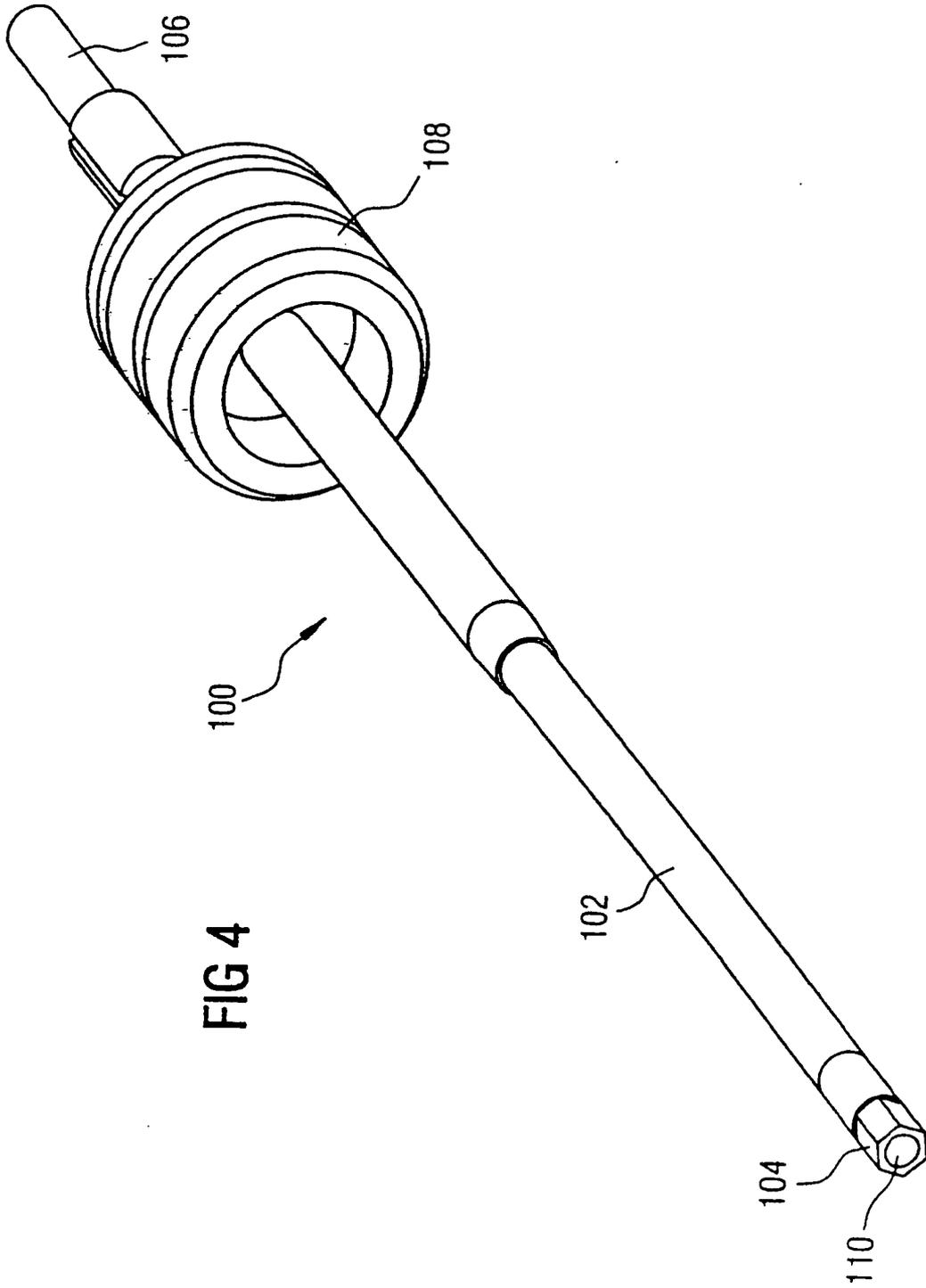


FIG 4

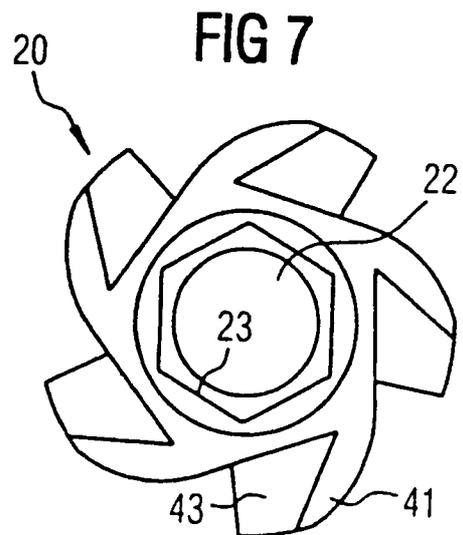
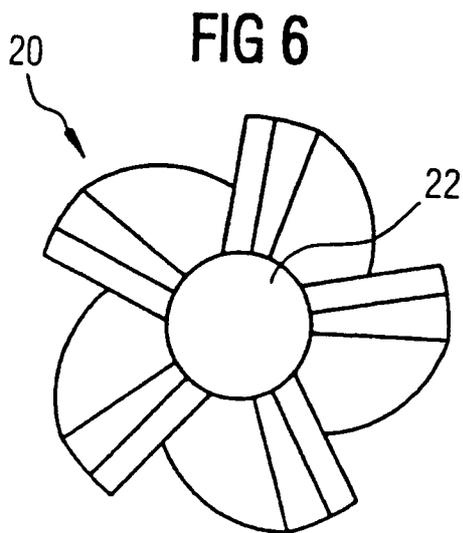
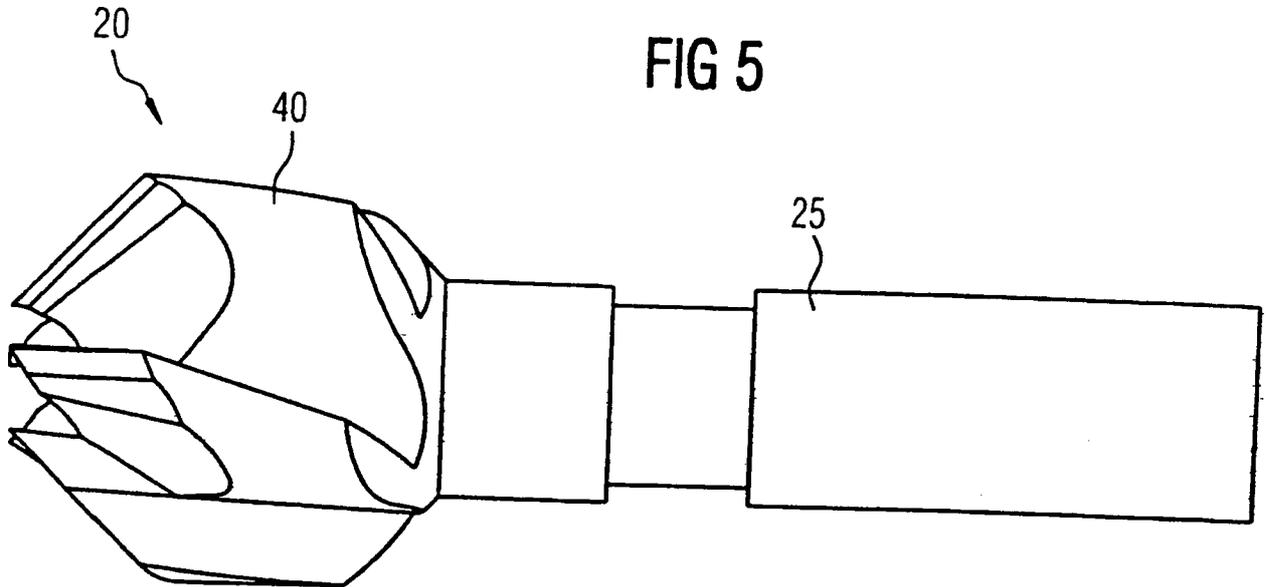


FIG 8

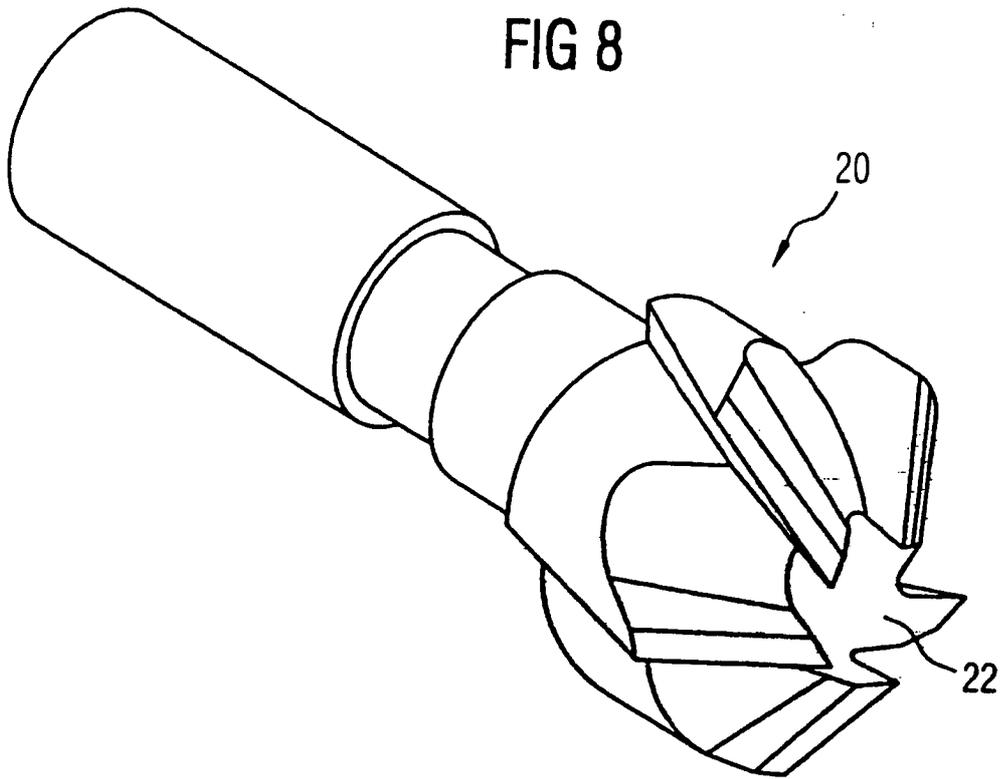


FIG 9

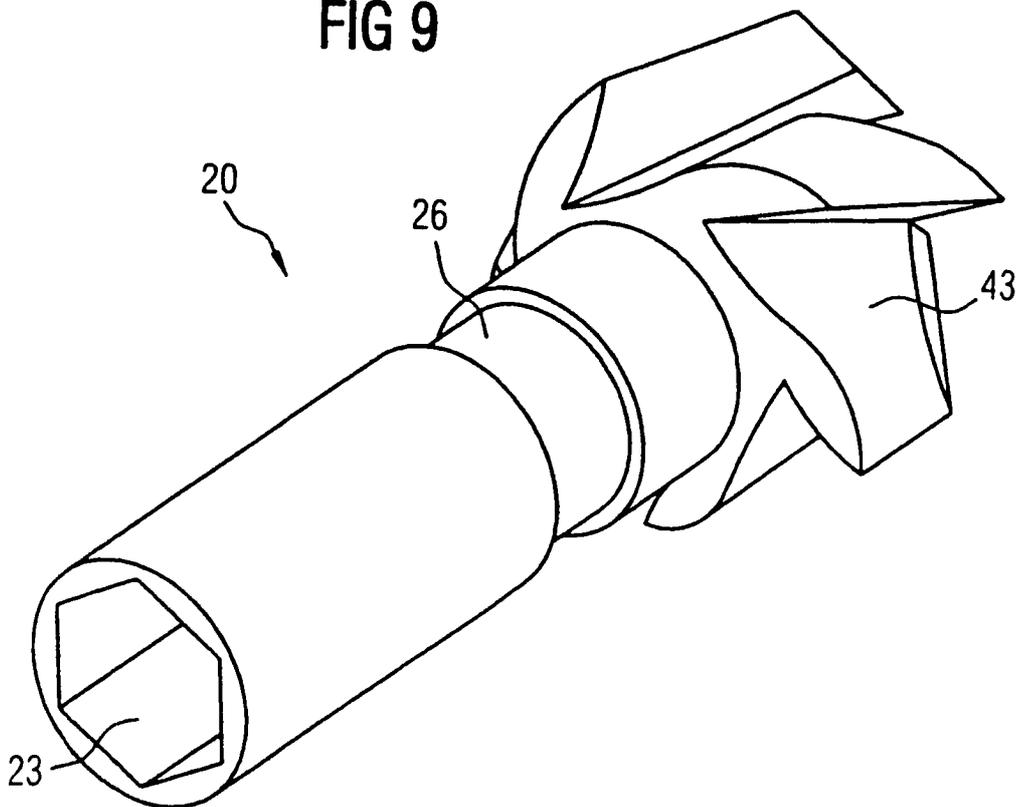
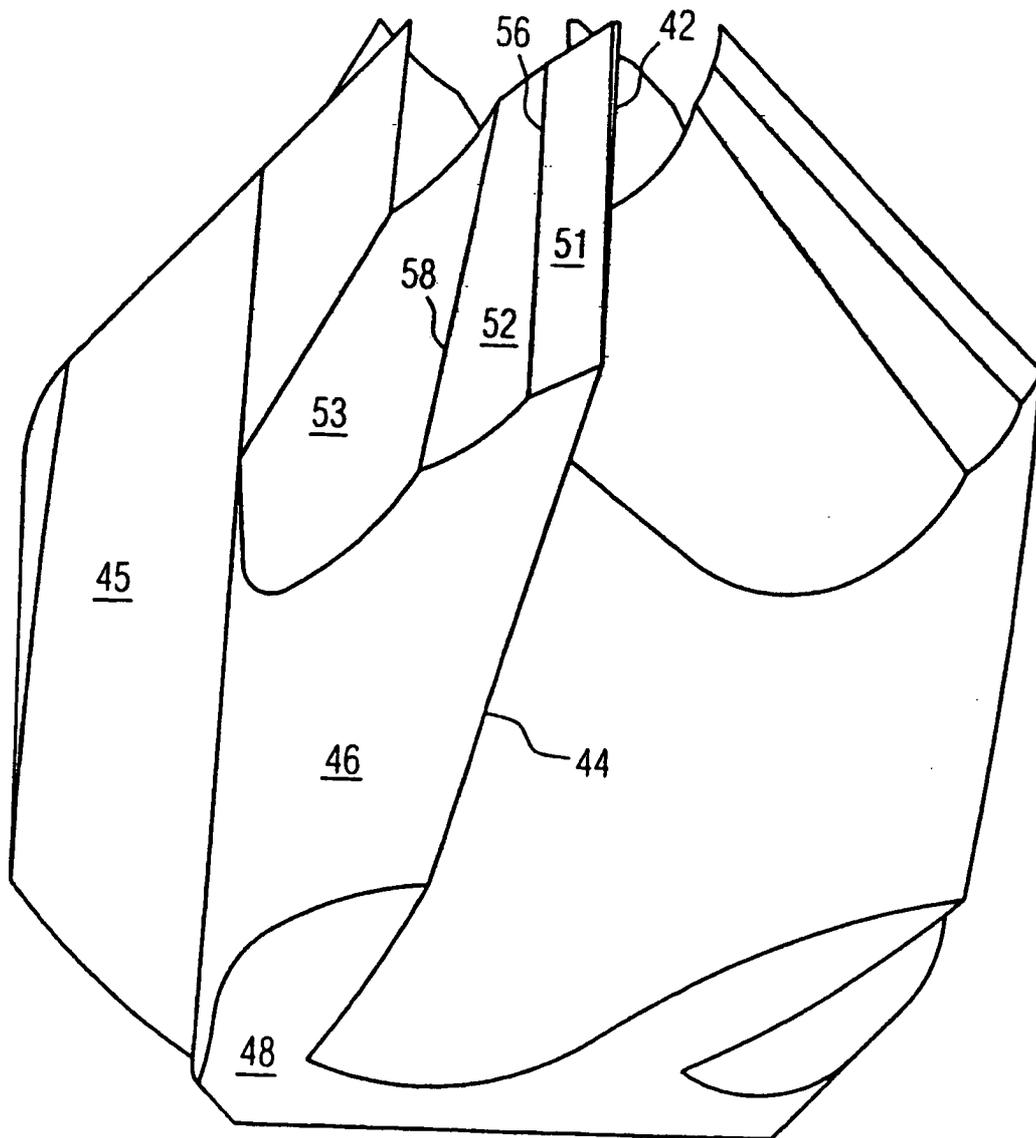


FIG 10



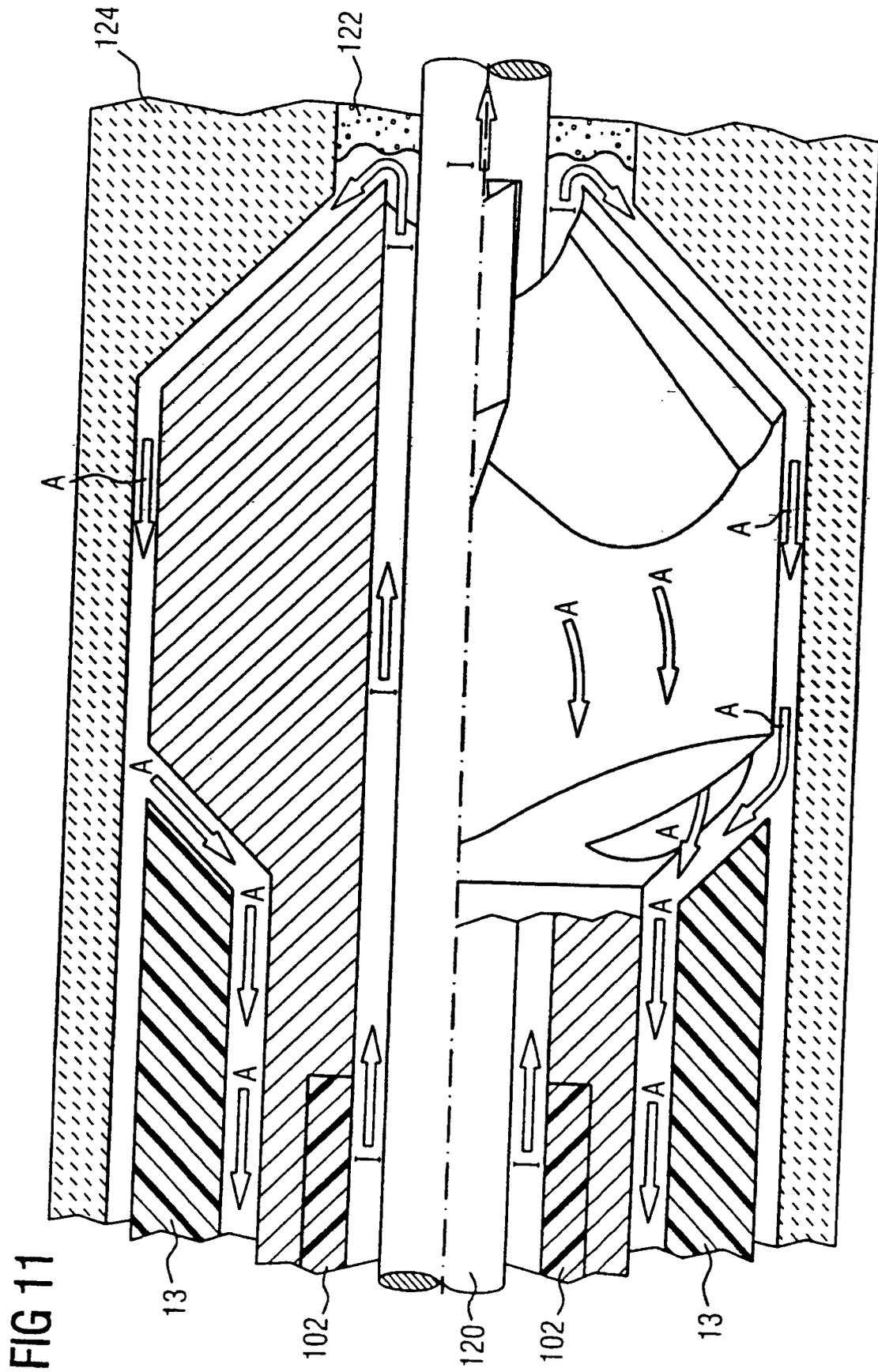


FIG 12

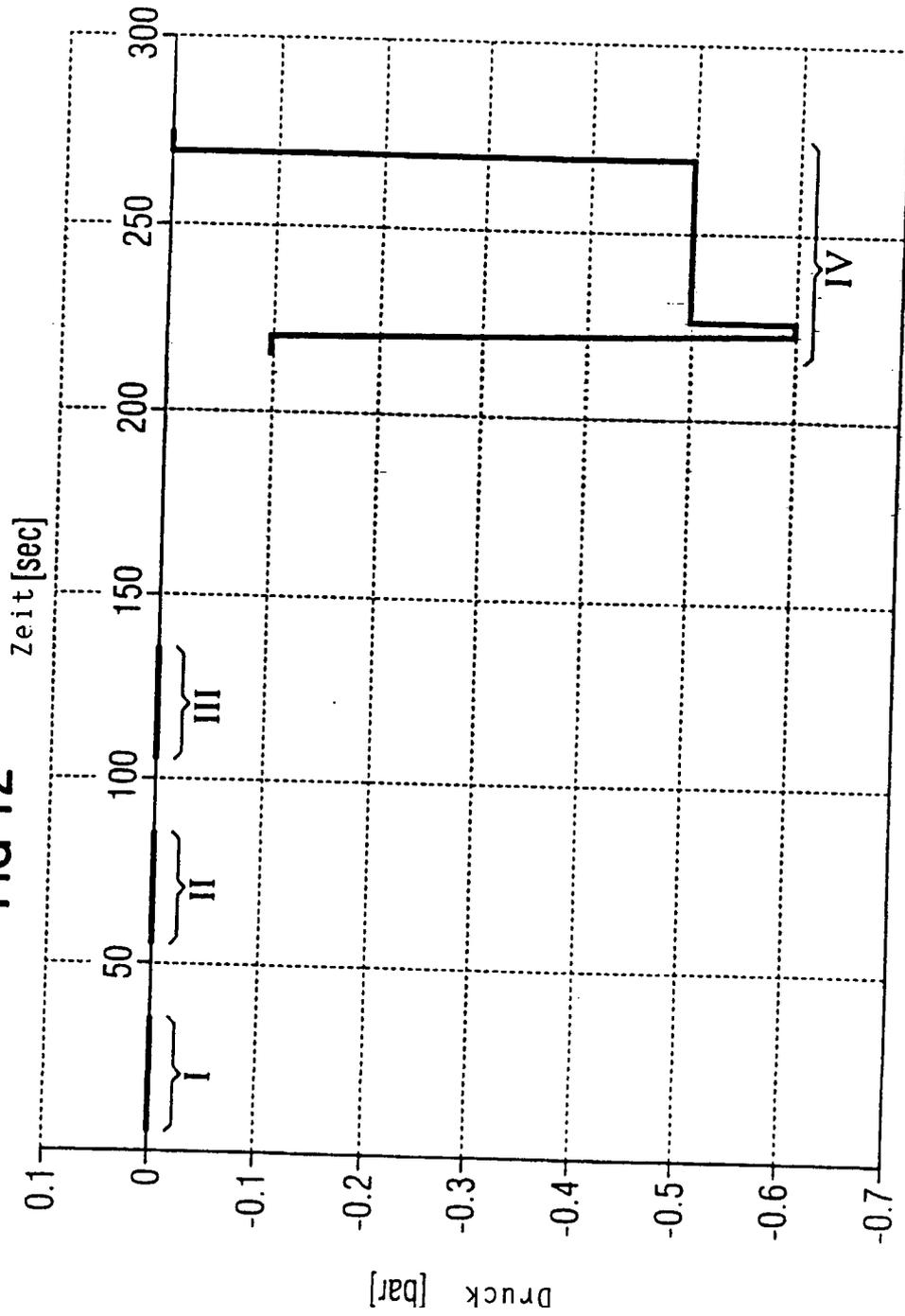


FIG 13

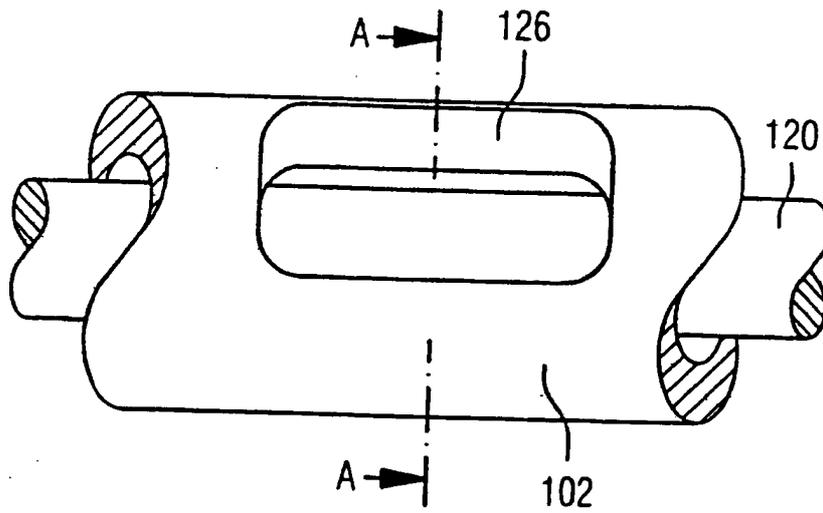
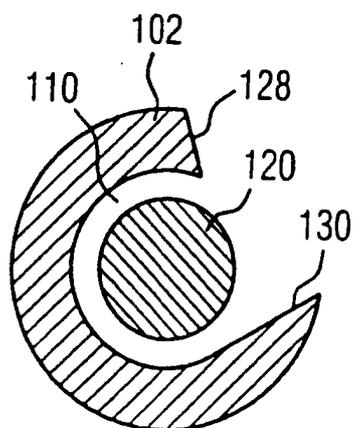


FIG 14



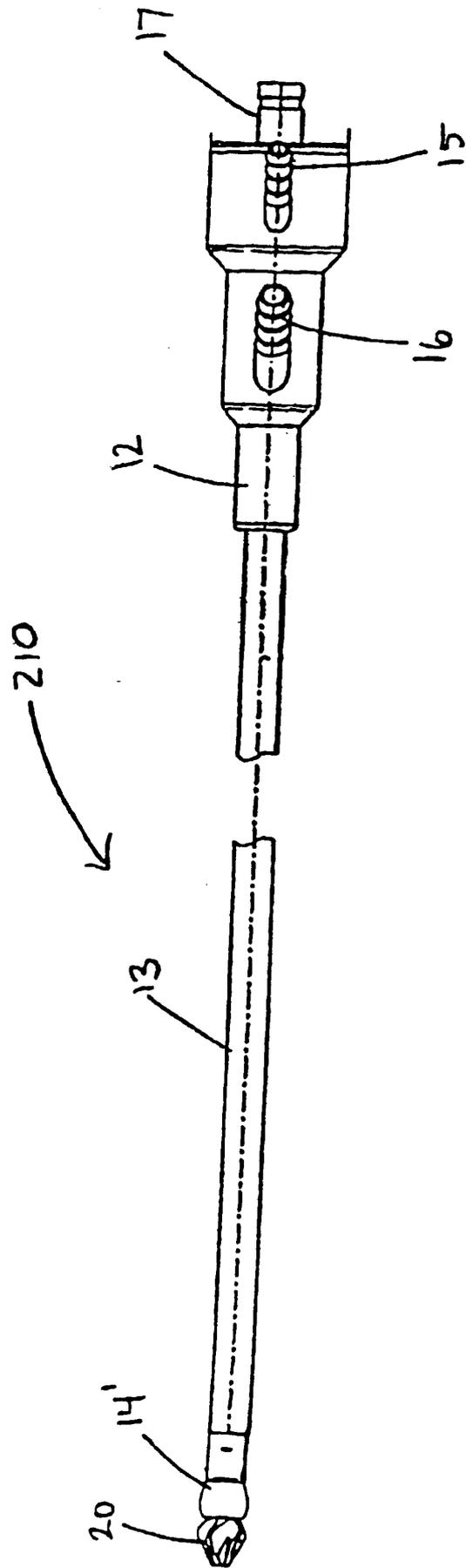


Fig. 15

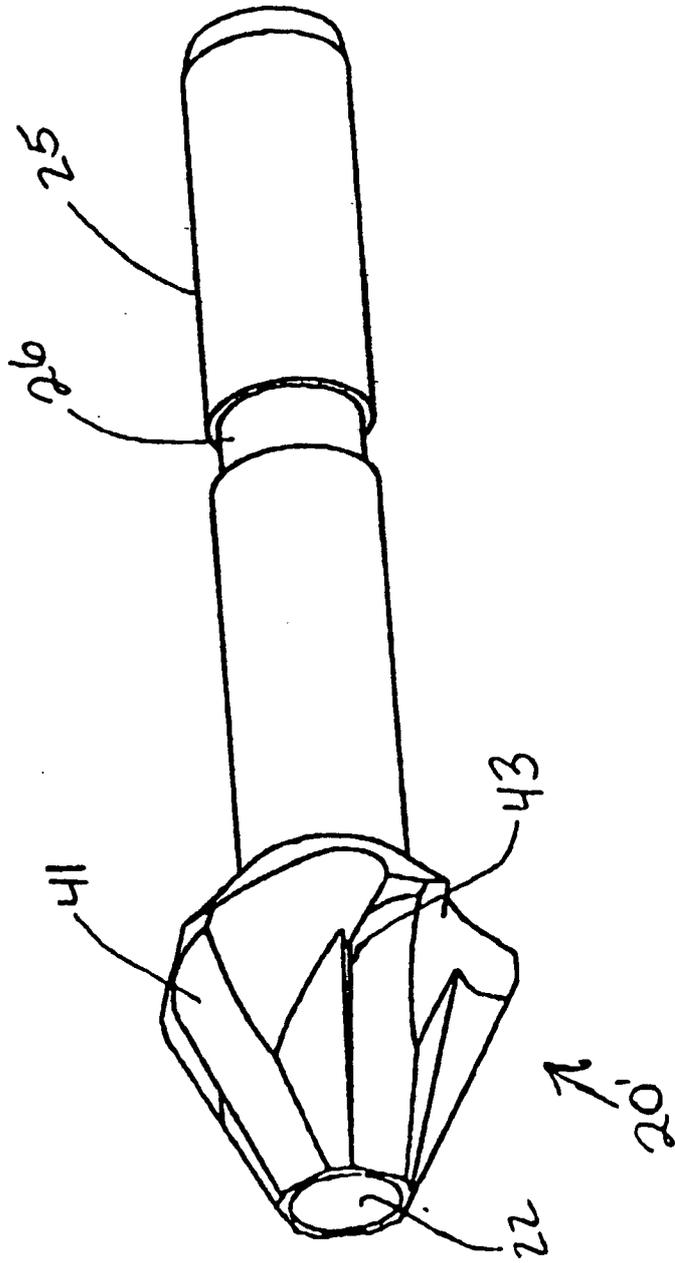


FIG. 16

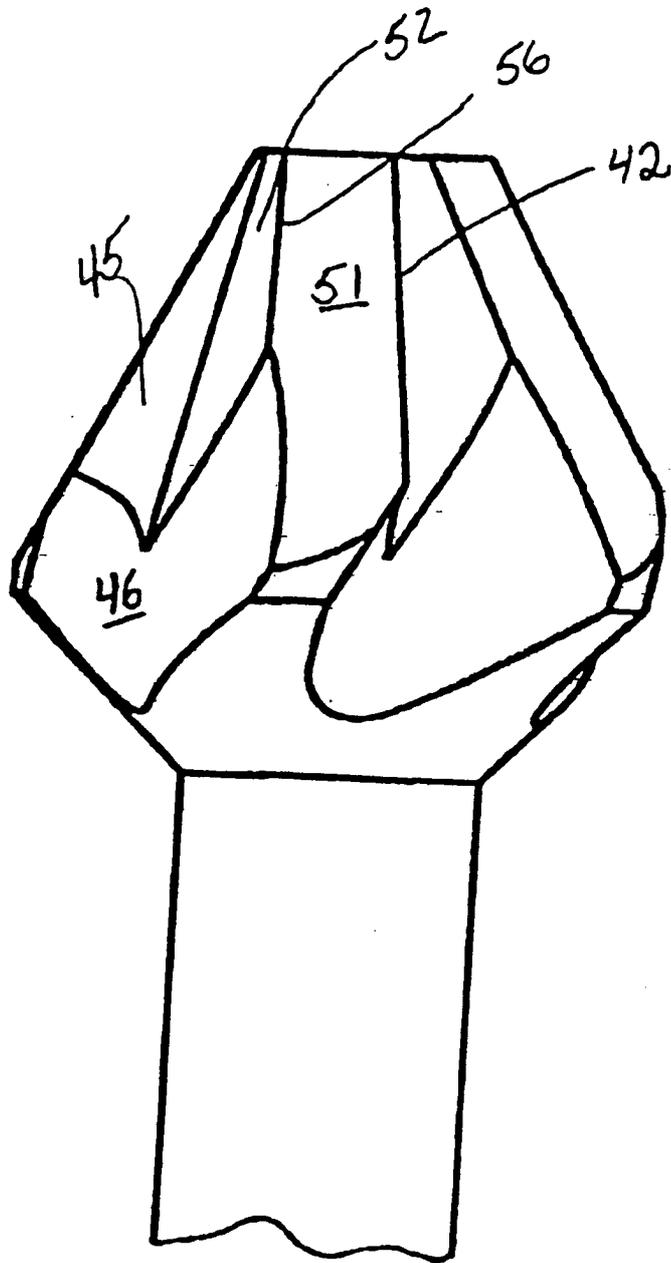


FIG 17