



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 649 345 A5

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>: E 21 B 10/16

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑲ Gesuchsnummer: 2845/84

⑥ Teilgesuch von: 2756/80

② Anmelddatum: 10.04.1980

③ Priorität(en): 29.05.1979 US 043533

④ Patent erteilt: 15.05.1985

④ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.05.1985

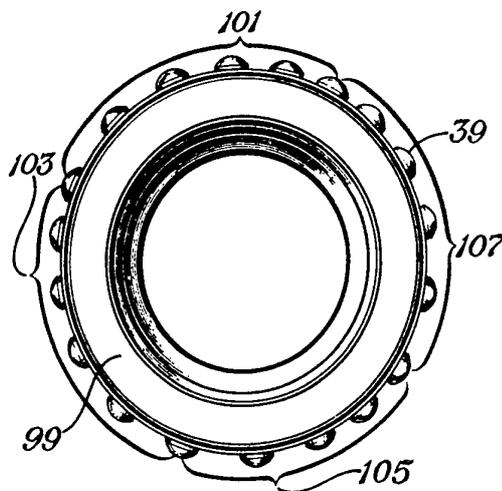
⑦ Inhaber:  
Hughes Tool Company, Houston/TX (US)

⑦ Erfinder:  
Pessier, Rudolf Carl Otto, Houston/TX (US)

⑦ Vertreter:  
Dr. Troesch AG Patentanwaltsbüro, Zürich

⑤ **Rotationsfräser für Erd- oder Gesteinsbohrer.**

⑦ Die Fräuserschale (99) hat mehrere Reihen von Hartmetalleinsätzen (39). Innerhalb jeder Reihe sind die Einsätze (39) in Gruppen (101, 103, 105, 107) angeordnet. In jeder Gruppe sind die Einsätze (39) in unterschiedlichem Abstand voneinander vorgesehen. Dadurch wird eine Spurbildung durch die Einsätze (39) vermieden.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Rotationsfräser für einen Erd- oder Gesteinsbohrer, mit mehreren Umfangsreihen von Metalleinsätzen (39), die in Löchern des Fräasers angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass im wesentlichen alle Einsätze (39) wenigstens einer Reihe in Gruppen mit zunehmender Teilung (101, 103; I) und Gruppen mit abnehmender Teilung (105, 107; D) angeordnet sind.

2. Rotationsfräser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Gruppe mit zunehmender Teilung (101, 103; I) die Teilung gleichförmig zunimmt von einer Minimalteilung bis zu einer Maximalteilung, und dass in einer Gruppe mit abnehmender Teilung (105, 107; D) die Teilung gleichförmig abnimmt, von einer Maximalteilung bis zu einer Minimalteilung.

3. Rotationsfräser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Minimalteilung und die Maximalteilung in jeder Gruppe (101, 103, 105, 107; D, I) im wesentlichen gleich sind.

4. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilung in etwa einer Hälfte der Gruppen (101, 103, 105, 107; D, I) zunimmt und in den übrigen Gruppen abnimmt.

5. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils auf wenigstens zwei Gruppen mit zunehmender Teilung (101, 103; I) zwei Gruppen mit abnehmender Teilung (105, 107; D) folgen.

6. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einsätze (39) in wenigstens vier Gruppen (101, 103, 105, 107; I, D) unterteilt sind.

7. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass jede Gruppe (101, 103, 105, 107; I, D) zwischen drei bis sieben Einsätze (39) aufweist.

8. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass jede Gruppe (101, 103, 105, 107; I, D) mindestens fünf Einsätze (39) aufweist.

9. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Einsätze (39) in jeder Gruppe (101, 103, 105, 107; I, D) im wesentlichen gleich ist.

10. Rotationsfräser nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen jeweils einem Einsatz (39) und einem benachbarten vorhergehenden Einsatz (39) in einer Gruppe mit zunehmender Teilung (101, 103; I) gleich ist dem Abstand zwischen dem einen Einsatz (39) und einem benachbarten folgenden Einsatz (39) zuzüglich eines konstanten Wertes und der Abstand zwischen jeweils einem Einsatz (39) und einem benachbarten vorhergehenden Einsatz (39) in einer Gruppe mit abnehmender Teilung (105, 107; D) gleich ist dem Abstand zwischen dem einen Einsatz (39) und einem benachbarten folgenden Einsatz (39), abzüglich eines konstanten Wertes.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Rotationsfräser für einen Erd- oder Gesteinsbohrer, mit mehreren Umfangsreihen von Metalleinsätzen, die in Löchern des Fräasers angeordnet sind.

Ein Nachteil der bekannten Erd- oder Gesteinsbohrer für Rohrbohrungen und Erdbohrungen im allgemeinen ist die Neigung zur «Spurbildung». Die «Spurbildung» ist eine Erscheinung, welche auftritt, falls ein Fräserzahn wiederholt in eine vorher eingeschnittene Vertiefung in dem Bohrlochgrund eingreift. Infolgedessen kann ein Gesteinsgrat an der Bohrfläche entstehen, welcher die Abnutzung der Fräserhülse oder vorzeitige Zerstörung der Fräserzähne bewirken

kann. Die in dieser Beschreibung erwähnten «Fräserzähne» sind Wolframkarbid – oder andere Hartmetalleinsätze, welche in Löchern der Fräserhülse sitzen. Es können auch Stahlzähne am Umfang des Fräasers vorgesehen sein. Wie in der US Patentschrift 3 726 350 beschrieben, ist die Spurbildung schwieriger in Fräsern zu vermeiden, welche an die echte rollende Berührung herankommen. Die echte rollende Berührung ist oft vorteilhaft für die Fräserlebensdauer bei Gesteinsbohrarbeiten, und zwar insbesondere bei Bohrern mit Hartmetalleinsätzen.

Eine bekannte Möglichkeit zur Verhinderung der Spurbildung beruht darin, den Fräser so zu bemessen, dass das Verhältnis des durch eine Fräserzahnreihe auf der Bohrlochfläche beschriebenen Umfangs zu dem Umfang dieser Fräserzahnreihe kein ganzzahliges Vielfaches ist. Es wurden auch schon besondere Anordnungen der Fräserzähne vorgeschlagen, um die Spurbildung zu vermeiden, wie z.B. in der oben erwähnten US Patentschrift beschrieben ist. Trotz diesen Anstrengungen bleibt das Problem der Spurbildung aber immer noch bestehen. So haben z.B. Laborversuche erkennen lassen, dass ein Fräser durch geringfügigen Schlupf in eine vorher eingeschnittene Vertiefung zurückkommen kann. Falls die Einsätze gleichförmig um den Umfang des Fräasers verteilt sind, so können durch diesen Schlupf an einer Stelle die anderen Einsätze wieder zurück in die alte Spur fallen. Verschiedene bekannte Fräser haben innerhalb einer Reihe Zahngruppen, welche von anderen Gruppen getrennt sind. Soweit der Anmelderin bekannt ist, ist jedoch bei den bekannten Ausführungen der Abstand zwischen den Mittellinien benachbarter Zähne in einer Umfangsreihe gleichförmig innerhalb sämtlicher Gruppen der Zahnreihe.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Rotationsfräser für einen Erd- oder Gesteinsbohrer zu schaffen mit einer verbesserten Fräserzahnordnung, um die Spurbildung in der Bohrlochfläche zu vermeiden.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass im wesentlichen alle Einsätze wenigstens einer Reihe in Gruppen mit zunehmender Teilung und Gruppen mit abnehmender Teilung angeordnet sind.

Ausführungsarten des Rotationsfräasers sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden ausführlicher beschrieben, es zeigen:

Figur 1 eine Draufsicht eines Erd- oder Gesteinsbohrers mit mehreren Rotationsfräsereinheiten.

Figur 2 eine Teilansicht im Vertikalschnitt des Bohrers nach Figur 1, wobei sämtliche Fräsereinheiten strichpunktirt in der Zeichenebene dargestellt sind, um die relative Lage der Fräsereinheiten in bezug aufeinander hervorzuheben.

Figur 3 eine Ansicht im Vertikalschnitt eines Fräasers nach Figur 1, wobei der benachbarte innenliegende Fräser teilweise mittels gestrichelten Linien und in die Zeichenebene der Figur 3 gedreht dargestellt ist.

Figur 4 ein schematischer Plan zur Darstellung der Anordnung der Einsätze des Fräasers nach Figur 1.

Figur 5 eine Seitenansicht des Fräasers zur Erklärung des Prinzips der Einsatzanordnung nach dem Plan der Figur 4.

Die Figur 2 zeigt einen Gesteinsbohrer 11 bei der Bohrung eines Schachtes 13 in Aufwärtsbohrweise, d.h. das Bohrwerkzeug wird nach oben durch eine vorher gebohrte Führungsböhrung 15 gezogen. Der Gesteinsbohrer 11 hat eine Fräsertragplatte 17, die an einem zylindrischen Schaft 19 befestigt ist und senkrecht zu demselben steht. Der Schaft 19 ist an einem Bohrstrang (nicht dargestellt) befestigt. Mehrere

Fräseereinheiten 21 sind an der Platte 17 in Trägern 23 gelagert. Jeder Fräserträger 23 hat zwei in Abstand voneinander angeordnete Arme 25, welche von der Fräsertragplatte 17 wegragen. Die Arme 25 bilden einen Sattel oder eine Gabel zur Aufnahme der Fräseereinheit 21. Jede Fräseereinheit 21 ist um seine Achse drehbar und jede Achse liegt im wesentlichen in einer radialen Vertikalebene, in welcher auch die Drehachse der Fräsertragplatte 17 liegt, wie aus Figur 1 ersichtlich ist. Bei Rotation der Fräsertragplatte 17 durch den Bohrschlag drehen die Fräseereinheiten 21 in ringförmigen Bahnen zum Abfräsen der Erdformationsfläche 27. Der Ausdruck «Bohrlochgrund» sowie auch der Ausdruck «Erdformationsfläche» werden benutzt zur Bezeichnung der von dem Bohrwerkzeug abzufräsenden Fläche, obschon bei dem Aufwärtsbohrverfahren die Fläche 27 eigentlich das obere Ende des Schachtes 13 ist.

Wie aus Figur 1 ersichtlich, sind ein innerer Fräser 29, sieben Zwischenfräser 31, bezeichnet als 31a bis 31g, und drei äussere oder Kaliberfräser 33 vorgesehen. Der innere Fräser 29 und die Kaliberfräser 33 haben etwa die halbe Breite der Zwischenfräser 31. Der innere Fräser 29 und die Kaliberfräser 33 haben Verstärkungen an der inneren und an der äusseren Einsatzreihe zum Abfräsen der Führungsbohrung 15 (Figur 2) sowie zum Fräsen des äusseren Durchmessers des Schachtes 13. Die strichpunktierten Linien 35 zeigen die Bahnen oder die ringförmigen Bereiche des Bohrlochgrundes, welche von den verschiedenen Fräsern abgefräst werden.

Der innere Fräser 29 ist in der Nähe des Schachtes 19 angeordnet zum Abfräsen des Randes der Führungsbohrung 15 (Figur 2). Der innerste Zwischenfräser 31a liegt mit seinem inneren Rand im gleichen Abstand von dem Schaft 19 als der innere Rand des inneren Fräasers 29. Eine Hälfte des Zwischenfräasers 31a überlappt die gesamte Bahn des inneren Fräasers 29. Der nächste Zwischenfräser 31b befindet sich mit seinem inneren Rand in dem gleichen Abstand von der Drehachse der Fräsertragplatte 17 als der Mittelpunkt 37 des innersten Zwischenfräasers 31a. Dementsprechend ist die äussere Hälfte des Zwischenfräasers 31a vollständig überlappt von der inneren Hälfte des Zwischenfräasers 31b. Der äussere Rand des Zwischenfräasers 31b befindet sich im gleichen Abstand von der Mittellinie der Fräsertragplatte 17 als die Mitte 37 des Zwischenfräasers 31c. Wie in Figur 3 dargestellt ist, bezieht sich der Ausdruck «äussere Rand» auf den äusseren Rand der seitlichen Reihe der Einsätze 39. Die äussere Hälfte oder der äussere Teil des Zwischenfräasers 31c überlappt sich vollständig mit dem inneren Teil oder der inneren Hälfte des Zwischenfräasers 31d. Der äussere Teil des Zwischenfräasers 31d überlappt sich vollständig mit dem inneren Teil des Zwischenfräasers 31e. Der äussere Teil des Zwischenfräasers 31e überlappt sich vollständig mit dem inneren Teil des Zwischenfräasers 31f. Der äussere Teil des Zwischenfräasers 31f überlappt sich vollständig mit dem inneren Teil des Zwischenfräasers 31g. Der äussere Teil des Zwischenfräasers 31g überlappt sich vollständig mit den Bahnen der drei Kaliberfräser 33.

Wie aus Figur 3 ersichtlich, ist die Mitte 37 ebenfalls die Stelle eines Winkelknickes zwischen der inneren und der äusseren Hälfte einer jeden Fräseereinheit 21. Sowohl der äussere Teil als auch der innere Teil haben kegelstumpfförmige Flächen, welche sich nach innen verjüngen. Die Fläche des äusseren Teiles bildet einen Winkel  $\alpha$  mit der Drehachse der Fräseerschale 59 und der innere Teil bildet einen grösseren Winkel  $\beta$  mit der Drehachse der Fräseerschale 59. Vorzugsweise beträgt der Winkel  $\alpha$   $7\frac{1}{2}$  Grad und der Winkel  $\beta$   $12\frac{1}{2}$  Grad. Jeder Teil dient zum Fräsen einer ebenen Fläche. Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, sind die Arme 25 sämtlicher Fräserträger 23 angeordnet, um den Bohrlochgrund von der Füh-

rungsbohrung 15 bis zur Wand des Schachtes 13 abzufräsen. Jede Bahn ist eine kegelstumpfförmige Fläche, welche einen anderen Winkel in bezug auf die Platte 17 aufweist als die benachbarten Bahnen, um die Form des Bohrlochgrundes zu bilden. Wie desweiteren aus Figur 3 ersichtlich ist, ist jeder Zwischenfräser durch den zugeordneten Fräserträger derart angeordnet, dass der Neigungswinkel seines äusseren Teiles etwa der gleiche ist als der Neigungswinkel des benachbarten äusseren Fräasers, in bezug auf die Fräsertragplatte 17.

Die Figur 3 zeigt, dass jede Fräseereinheit 21 mehrere Reihen von Wolframkarbideinsätzen 39 aufweist, die in zugeordnete Löcher in der äusseren Fläche des Fräasers eingepresst sind. Die Zwischenfräser 31 haben drei Umfangsreihen in dem äusseren Teil und auch drei Umfangsreihen in dem inneren Teil. Wie noch später beschrieben wird, ist die Anordnung der Einsätze in dem inneren Teil vorzugsweise unterschiedlich von der Anordnung der Einsätze in dem äusseren Teil. Des weiteren sind, wie in Figur 3 durch die strichpunktierten Linien dargestellt ist, die Fräserträger 23 (Fig. 1, 2) seitlich um die halbe Einsatzbreite gegeneinander versetzt. Dadurch erreicht man, dass die Einsatzreihen eines überlappenden Fräasers den Bohrlochgrund in den Abständen zwischen den Einsatzreihen des überlappenden Fräasers berühren. Diese Anordnung der Fräser in bezug aufeinander, damit ihre Einsätze verschiedene Bereiche der Erdformationsfläche berühren, führt zu einem gleichförmigen Abfräsen des Bohrlochgrundes.

In Figur 5 ist eine Seitenansicht einer Fräseerschale 99 mit einer einzigen Reihe von Einsätzen 39 dargestellt. Die Fräseerschale 99 kann z.B. in einer Fräseereinheit für ein Bohrwerkzeug entsprechend den anderen Figuren benutzt werden, oder sie kann auch in einem Bohrwerkzeug mit drei Fräserkronen entsprechend der US Patentschrift 3 727 705 benutzt werden. Die Einsätze 39 sind in vier getrennte Gruppen aufgeteilt wie z.B. die Gruppen 101, 103, 105 und 107. Innerhalb jeder Gruppe ändert die Teilung zwischen den Einsätzen. Die Teilung ist das Mass zwischen den Mittellinien benachbarter Einsätze in einer Umfangsreihe, die Teilung wird dabei im wesentlichen an den Schnittstellen der Mittellinien mit der Oberfläche der Fräseerschale gemessen. Innerhalb der Gruppe 101 nimmt die Teilung Stufenweise im Gegenuhrzeigersinn zu. Die Gruppe 103 ist identisch mit der Gruppe 101, d.h. die Teilung nimmt stufenweise im Gegenuhrzeigersinn zu. Die Gruppe 105, welche unmittelbar an die Gruppe 103 anschliesst hat eine im Gegenuhrzeigersinn abnehmende Teilung. Die an die Gruppe 105 anschliessende Gruppe 107 hat ebenfalls eine im Gegenuhrzeigersinn abnehmende Teilung. Das Mass der Teilungszunahme, der Teilungsabnahme sowie die Anzahl der Einsätze innerhalb jeder Gruppe wird nach verschiedenen Gesichtspunkten bestimmt. Zuerst wird eine minimale Teilung festgelegt, welche bestimmt ist durch den erforderlichen Metallquerschnitt zum Festhalten der Einsätze. Anschliessend wird die maximale Teilung gewählt, welche abhängig ist von der möglichen Abfräsung der Erdformation durch einen einzigen Einsatz. Die Abfräsung der Erdformation durch einen einzigen Einsatz ist üblicherweise etwas grösser als der Durchmesser des Einsatzes 39 und hängt ebenfalls ab von dem Fräserumfang sowie auch von dem Mass, um welches der Einsatz aus der Fräseerschale hervorsteht.

Die Anzahl der Einsätze innerhalb jeder Gruppe hängt ab von dem gewünschten Teilungsunterschied von Einsatz zu Einsatz. Um einem zufriedenstellenden Unterschied zwischen der Teilung von einem Einsatz zu den benachbarten Einsätzen zu erreichen werden üblicherweise Gruppen von etwa 3 bis 7 Einsätzen vorgesehen. Zur Berechnung der genauen Teilung wird die Anzahl der Abstände zwischen Einsätzen einer Gruppe, weniger 1, in die gesamte Teilungs-

zunahme dividiert. Diese konstante Zahl wird jedem Abstand zwischen den Einsätzen einer Gruppe zugeteilt. Dementsprechend ist in einer Gruppe mit zunehmender Teilung der Abstand zwischen Einsatzmittellinien der gleiche als der vorhergehende Abstand in der Gruppe plus die erwähnte konstante Zahl. In einer Gruppe mit abnehmender Teilung ist jeder Abstand zwischen Einsatzmittellinien der gleiche als der vorhergehende Abstand minus die erwähnte konstante Zahl. Vorzugsweise wird für jede Gruppe einer einzigen Reihe die gleiche maximale und minimale Teilung benutzt.

Die Figur 4 z.B. zeigt die Teilung zwischen den Einsätzen für einen Fräser nach Figur 3 mit 6 Einsatzreihen. In der Figur 4 ist als Teilung das Winkelmass zwischen den Einsätzen zu verstehen. Sämtliche Einsätze einer einzigen Reihe befinden sich in gleichem Abstand vom Rand des Fräasers. Die Reihe mit kleinstem Durchmesser, in Figur 4, ist die innerste Reihe, welche sich in Figur 3 auf der linken Seite befindet. Die Reihe mit grösstem Durchmesser in Figur 6 ist die äusserste Reihe oder die Reihe, welche sich in Figur 3 auf der rechten Seite befindet. Der Durchmesser der Fräferschale 59 ändert weniger als die relativen Durchmesser zwischen der innersten Reihe und der äussersten Reihe in dem Teilungsplan nach Figur 4. Die jeweilige Winkellage der Einsätze in dem Teilungsplan nach Fig. 4 entspricht jedoch der wirklichen Anordnung der Einsätze in der Fräferschale 59. Für die innerste Reihe befindet sich z.B. der erste Einsatz 111 bei 0 Grad. Der Einsatz 113 der äussersten Reihe befindet sich bei etwa 5 Grad. Dementsprechend ist auf der Fräferschale 59 der Einsatz 113 von dem Einsatz 111 in Umfangsrichtung um etwa 5 Grad versetzt.

Wie durch die Klammern in Figur 4 angedeutet ist hat jede Reihe 8 oder mehr Gruppen, wobei die Gruppen zunehmender Teilung durch (I) und die Gruppen abnehmender Teilung durch (D) bezeichnet sind, im Gegenuhrzeigersinn betrachtet. Die durch ein Sternchen gekennzeichneten Einsätze sind Einsätze zum Füllen des Abstandes zwischen der ersten Gruppe und der letzten vollständigen Gruppe einer Reihe. Die Teilung unvollständiger Gruppen ändert ebenfalls und zwar nimmt die Teilung in einer solchen Gruppe entweder zu oder ab entsprechend der normalen Reihenfolge in einer Reihe.

Jede Gruppe, mit Ausnahme der unvollständigen Gruppe, umfasst 6 Einsätze mit unterschiedlicher Teilung zwischen den Einsätzen. Falls z.B. für die innerste Reihe die minimale Teilung mit 22,22 mm und die maximale Teilung mit 33,96 mm festgelegt werden, so ist der Unterschied zwischen diesen beiden Teilungen 11,74 mm. Geteilt durch 4 Abstände ergibt dies eine konstante Zahl von etwa 2,93 für jeden Abstand zwischen den Einsatzmittellinien. Der Abstand zwischen den Mittellinien der Einsätze 111 und 115 an der Schnittstelle mit der Fräferschale beträgt etwa 22,22 mm, was einen Winkel von etwa 7 Grad mit der Bezugslinie 109 entspricht. Zwischen den Mittellinien der Einsätze 115 und 117 ist die Teilung gleich der Summe von 22,22 mm plus 2,93 mm, d.h. 25,15 mm. Bei einer solchen Teilung liegt der Einsatz 117 etwas mehr als 15

Grad von der Bezugslinie 109 entfernt. Zwischen den Mittellinien der Einsätze 117 und 119 beträgt die Teilung 25,15 mm plus 2,93 mm, d.h. 28,08 mm. Der Einsatz 119 befindet sich in einem Winkel von 23 Grad. Zwischen den Mittellinien der Einsätze 119 und 112 beträgt die Teilung 28,08 mm plus 2,93 mm, d.h. 31,01 mm. Der Einsatz 121 liegt damit in einem Winkel von 33 Grad. Zwischen den Mittellinien der Einsätze 121 und 123 beträgt die Teilung 31,01 mm plus 2,93 mm oder 33,94 mm und der Einsatz 123 liegt in einem Winkel von etwa 44 Grad. Die anderen Gruppen mit zunehmender Teilung werden in gleicher Weise berechnet.

Der Einsatz 123 ist der erste Einsatz der zweiten Gruppe und gleichzeitig der letzte Einsatz der ersten Gruppe. Der erste Einsatz 125 der ersten Gruppe mit abnehmender Teilung ist gleichzeitig der fünfte Einsatz der zweiten Gruppe mit zunehmender Teilung. Der Abstand von der Mittellinie des vorhergehenden Einsatzes 127 beträgt 31,01 mm und der Abstand bis zur Mittellinie des nächstfolgenden Einsatzes 129 beträgt 33,94 mm. Die Teilung zwischen der Mittellinie des Einsatzes 129 und der Mittellinie des nächsten Einsatzes 131 beträgt 33,94 minus 2,94 mm oder 31,01 mm. Die Gruppen mit abnehmender Teilung werden in umgekehrter Weise als die Gruppen mit zunehmender Teilung berechnet. Falls sich eine Gruppe abnehmender Teilung an eine Gruppe zunehmender Teilung anschliesst, so überlappt die Gruppe abnehmender Teilung um einen Einsatz die Gruppe zunehmender Teilung. Hierdurch wird vermieden, dass zwei maximale Teilungen aufeinander folgen. Bei dem Wechsel von der zweiten Gruppe abnehmender Teilung auf die erste Gruppe zunehmender Teilung ist eine Überlappung nicht erforderlich, da die Teilung an dieser Stelle minimal ist. Der Abstand zwischen den Mittellinien der Einsätze 133 und 135 ist die kleinste Teilung von 22,22 mm für den letzten Einsatz der abnehmenden Gruppe. Der Abstand zwischen den Mittellinien der Einsätze 135 und 137 beträgt ebenfalls 22,22 mm für den ersten Einsatz der zunehmenden Gruppe. Der Einsatz 135 ist der einzige Einsatz der Reihe 1 der auf seinen beiden Seiten die gleiche Teilung aufweist.

Die anderen Reihen werden in gleicher Weise berechnet, mit der Ausnahme, dass, wegen dem grösseren Umfang der Fräferschale, die maximale und minimale Teilung unterschiedlich sein können. Ausserdem beginnen die Gruppen nicht an der gleichen Stelle. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel beginnt die zweite Reihe von Innen mit dem gleichen Muster als die innerste Reihe bei 82 Grad, die dritte Reihe von Innen beginnt mit dem gleichen Muster wie die innerste Reihe bei 29 Grad, die vierte Reihe von Innen beginnt mit dem gleichen Muster wie die innerste Reihe bei 312 Grad, die fünfte Reihe von Innen beginnt mit dem gleichen Muster wie die innerste Reihe bei 174 Grad und die äusserste Reihe beginnt mit dem gleichen Muster wie die innerste Reihe bei 200 Grad, jeweils mit Bezug auf die Linie 109. Dementsprechend sind die Muster der drei inneren Einsatzreihen der Fräseereinheit 21 unterschiedlich von den drei Reihen auf dem äusseren Teil der Fräseereinheit 21.

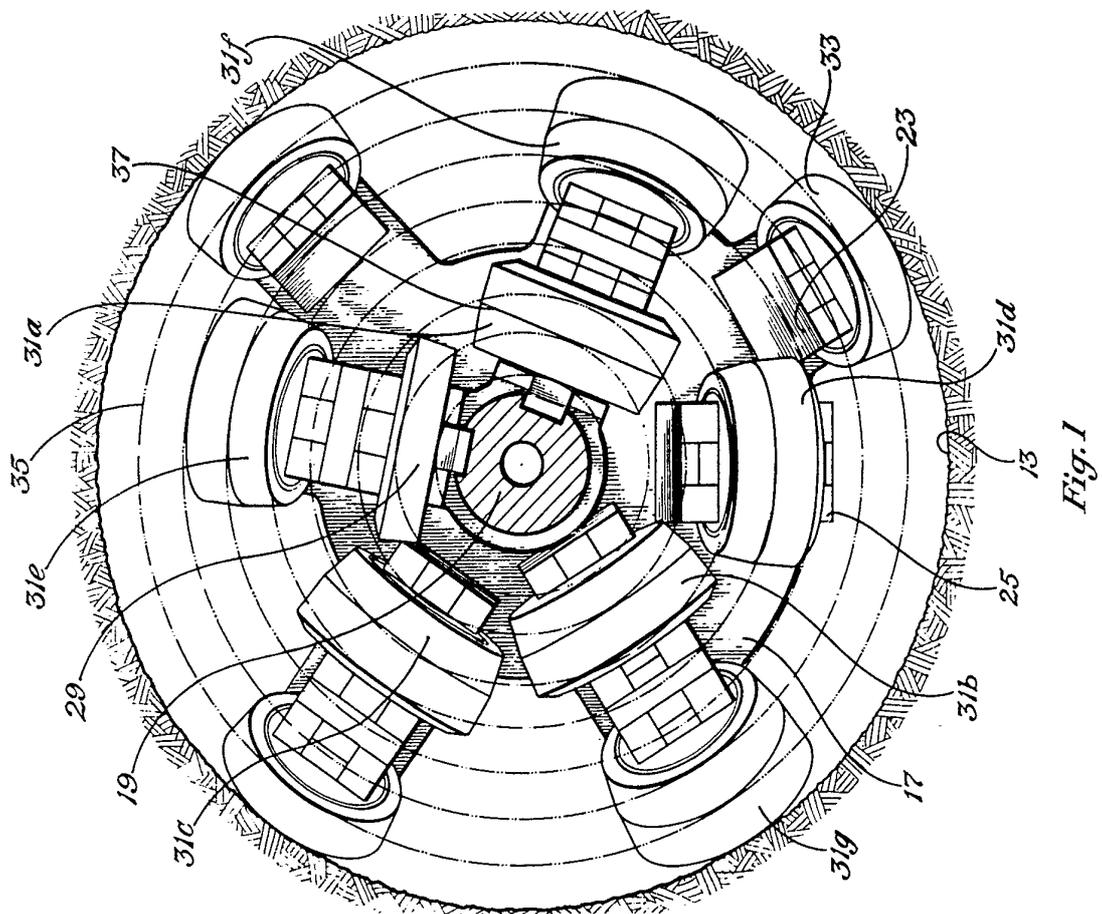


Fig. 1

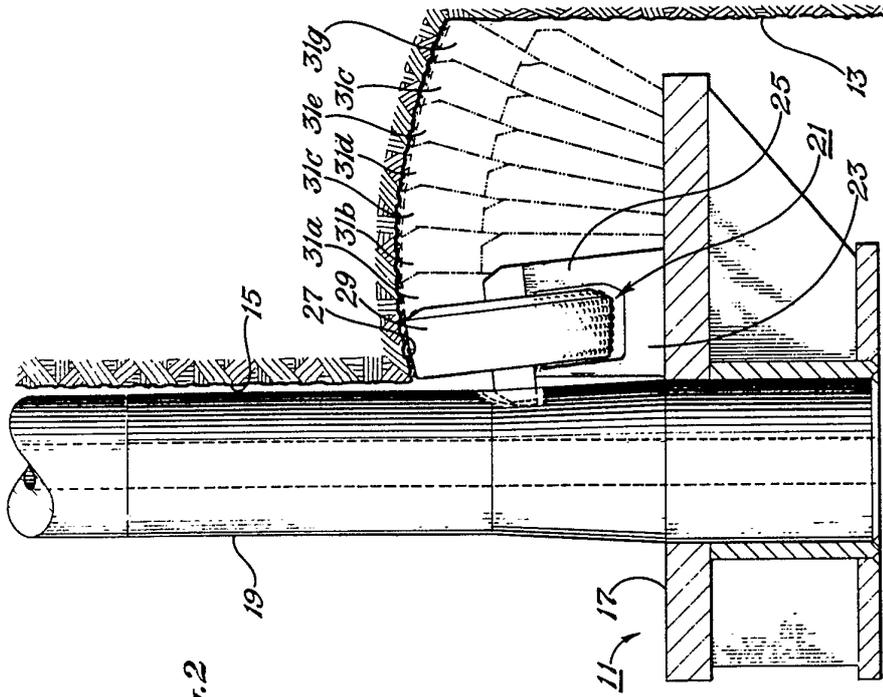


Fig. 2

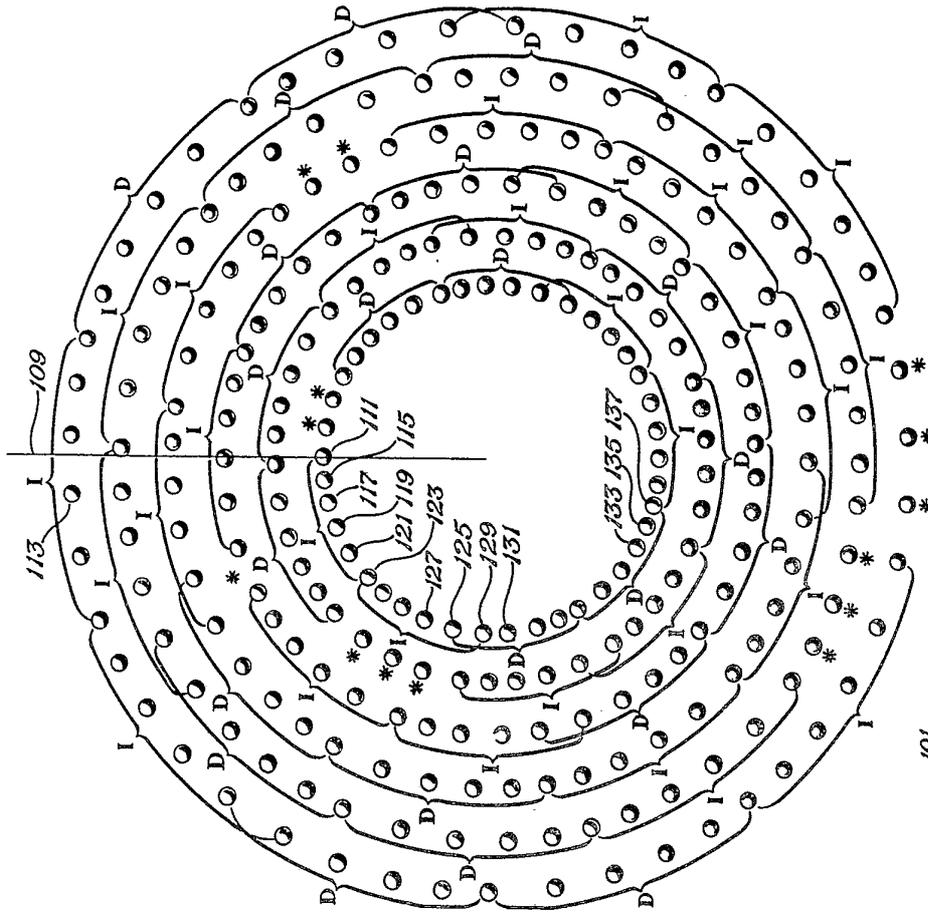


Fig. 4

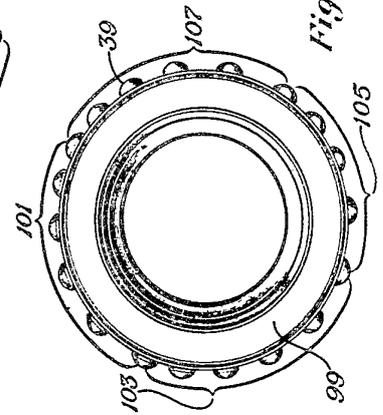


Fig. 5

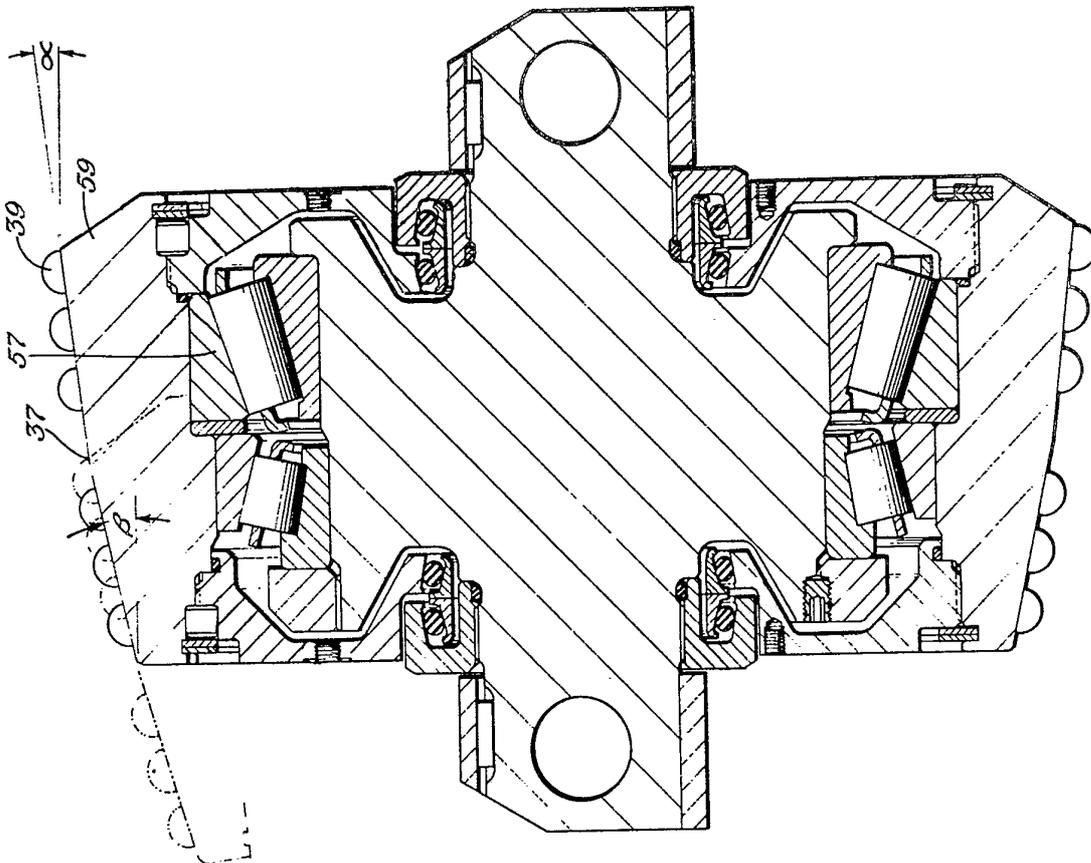


Fig. 3