



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 890 814 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.01.1999 Patentblatt 1999/02

(51) Int. Cl.⁶: **F41A 21/18**

(21) Anmeldenummer: **98109071.5**

(22) Anmeldetag: **19.05.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **09.07.1997 DE 19729294**

(71) Anmelder:
**Rheinmetall Industrie Aktiengesellschaft
40880 Ratingen (DE)**

(72) Erfinder:
• **von Seidlitz, Henning
41462 Neuss (DE)**
• **Herrmann, Ralf-Joachim, Dr.
15754 Senzig (DE)**
• **Sabranski, Udo
29331 Lachendorf (DE)**

(54) **Waffenrohr**

(57) Die Erfindung betrifft ein gezogenes Waffenrohr (1), aus dem drallstabilisierte Geschosse (8) mit Führungsbändern (9) verschossen werden.

Zur Reduzierung von Verschleißerscheinungen an einem Führungsband (9) ist es bekannt, einen beim Verschuß auftretenden Drallwinkel (δ) zu stabilisieren oder in das Waffenrohr (1) tiefere Züge (3) in eine Rohrinnenwand (2) einzuarbeiten. Beide Möglichkeiten sind nur begrenzt umsetzbar, da die Kompatibilität zwischen Waffenrohr (1) und Geschos (8) gewährleistet sein muß.

Eine andere Möglichkeit der Verschleißreduzierung am Führungsband (9) sieht die vorgeschlagene Lösung vor. Durch eine Erhöhung der Anzahl der Züge (3) in der Rohrinnenwand (2) reduziert sich die auftretende Reibungsbelastung am Führungsband (9). Die neuartige Gestaltung von Zugflanken (5), die zwischen einem Zuggrund (7) des Zuges (3) und einem Feld (4) zwischen den Zügen (3) gebildet sind, reduziert das Gesamtverschleißvolumen des Führungsbandes (9). Dabei verlaufen die Zugflanken (5) fast senkrecht stehend zum Zuggrund (7).

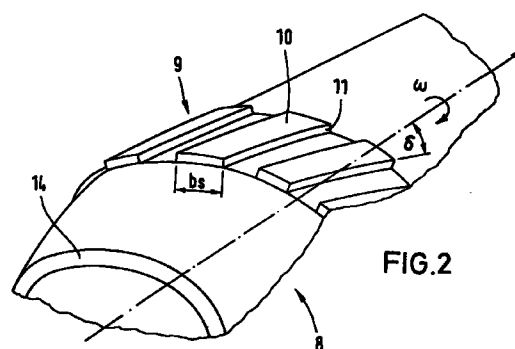


FIG. 2

EP 0 890 814 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Waffenrohr mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1. Bei derartigen gezogenen Waffenrohren besitzen die Geschosse zur Übertragung des Dralls ein oder teilweise auch mehrere hintereinander angeordnete Führungsbänder, die während der Abschußbeschleunigung im Rohr einer hohen Belastung ausgesetzt sind und mehr oder weniger starkem Verschleiß unterliegen.

Zur Erhöhung der Mündungsgeschwindigkeit zur Reichweitensteigerung bei einer Artilleriewaffe wird häufig das Waffenrohr verlängert, beispielsweise von 39 Kaliberlängen auf 52 Kaliberlängen. Die Führungsbänder der Geschosse werden hierdurch bis an ihre Grenzen belastet und verschleifen stärker. Dieser Führungsbandverschleiß ist durch eine Verringerung der Flächenpressung an den Zugflanken reduzierbar, wobei entweder der Drallwinkel verringert oder die Zugzahl, Zugtiefe oder Führungsbandbreite vergrößert werden oder durch eine Kombination genannter Möglichkeiten. Die Flächenpressung wird durch eine Leistenkraft R während der Drallbeschleunigung verursacht. Bei der Dimensionierung der Züge und Führungsbänder ist dementsprechend von der größten auftretenden Leistenkraft auszugehen.

Die DE-40 01 130 A1 beschreibt ein Waffenrohr, dessen Drallverlauf optimiert wurde, um die Innen- und Außenballistik der daraus verschossenen Geschosse zu verbessern und Führungsbandverschleiß zu vermindern. Die Optimierung des Dralls erfolgt unter Berücksichtigung eines Leistenkraftverlaufes $R(x)$, wobei der Drallwinkel in eine Fourier-Reihe zerlegt wird.

Aus der DE-42 00 171 A1 ist es weiterhin bekannt, den Leistenkraftverlauf $R(x)$ zu normieren und damit den Drallwinkelverlauf zu bestimmen, um gleichfalls den Führungsbandverschleiß zu vermindern. Mit Hilfe dieses normierten Leistenkraftverlaufes und einem vorgegeben Enddrallwinkel ist es möglich, alle relevanten Parameter des Waffenrohres schon bei der Herstellung vorzugeben.

Die Veränderung des Drallwinkels ist nur in geringem Maße oder gar nicht möglich. Eine Veränderung stellt die Kompatibilität einiger eingeführter Geschosse in Frage, bei einer Veränderung der Zugtiefe, die eine spiralförmig in der Rohrrinnenwand eingearbeitete Nuttiefe ist, ist die Kompatibilität aller eingeführten Geschosse in Frage gestellt. Eine Veränderung der Führungsbandbreite ist bei eingeführten Geschossen nicht möglich. Der Einsatz widerstandsfähigerer Führungsbandwerkstoffe (z.B. Weicheisen statt Messing) führt zwar zur Verschleißminderung, ist aber zumindest bei eingeführten scharfen Geschossen (Gefechtsmunition) äußerst problematisch und aufwendig. Darüber hinaus ist zu erwarten daß die Verschleißlebensdauer des Waffenrohres negativ beeinflusst wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Waffenrohr anzugeben, bei dem der Führungsbandverschleiß am

Geschoß reduziert wird, ohne daß die Geschossgeschwindigkeit im Mündungsbereich negativ beeinflusst wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Dieser Lösung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß bei einer Erhöhung der Zugzahl in einem Waffenrohr die Reibungsbelastung (Reibungsarbeit) eines Führungsbandes eines Geschosses je Zugflanke reduziert wird. Um bei der Erhöhung der Zugzahl und der dadurch zwischen den Zügen kleiner werdenden Feldflächen Gravuren auf der Geschosshülle zu vermeiden, wird das Zugprofil erfindungsgemäß derart gestaltet, daß das gesamte Zugvolumen bzw. das verquetschte Führungsbandvolumen gleich dem einer kleineren Zugzahl ist. Die Zugtiefe und der Drallwinkel werden gegenüber dem Profil mit kleiner Zugzahl nicht verändert. Die Innen- und Außenballistik bei einer erhöhten Zugzahl ist gleich der einer kleineren Zugzahl. Durch die Schaffung steiler Zugflanken ergibt sich eine große Gesamtfeldfläche, wodurch sich die Flächenpressung zwischen Geschosshülle und Feldflächen im Vergleich zum Zugprofil mit kleinerer Zugzahl und somit die Reibungsarbeit nicht verschlechtert.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Artillerierohres vom Kaliber 155 mm und einer Waffenrohlänge von 52 Kaliber näher erläutert und beschrieben.

Es zeigen:

- | | |
|----------|---|
| Figur 1 | Eine Querschnittsdarstellung des gezogenen Waffenrohres; |
| Figur 2 | Eine perspektivische Bruchdarstellung eines Führungsbandes mit Geschosß. |
| Figur 3a | Ein im Querschnitt dargestelltes Zusammenwirken eines gezogenen Waffenrohres mit dem Führungsband des Geschosses ohne Führungsbandverschleiß am Beginn der Abschußbeschleunigung; |
| Figur 3b | Ein im Querschnitt dargestelltes Zusammenwirken eines gezogenen Waffenrohres mit dem Führungsband des Geschosses mit Führungsbandverschleiß; |

In Figur 1 ist im Ausschnitt ein Querschnitt eines Waffenrohres 1 dargestellt, bei dem über den gesamten Umfang in einer Rohrrinnenwand 2 Züge 3 spiralförmig als Nuten eingearbeitet sind. Zwischen den Zügen 3 befinden sich verbleibende Leisten 4, die auch Felder 4 genannt werden. Die Züge 3 und Felder 4 bestimmen den konstruktiven Aufbau eines Zugprofils im Waffenrohr 1. Die Züge 3 werden durch eine Zugbreite b_z und zwei Zugflanken 5 gebildet. Eine Zugtiefe 6 der Züge 3

bestimmt sich aus der eingearbeiteten Nuttiefe und stellt eine Höhendifferenz zwischen dem Feld 4 und einem Zuggrund 7 der Züge 3 dar. Die zwischen den Zügen 3 verbleibenden Felder 4, schneiden sich beim Abschuß eines Geschosses 8 spiralförmig in ein Führungsband 9, das an dem Geschöß 8 angebracht ist, in herkömmlicher Art und Weise ein (Figur 2). Dieses Führungsband 9 erhält bei der Verquetschung beim Abschuß einen Negativabdruck des Zugprofils des Rohres 1, wobei die Vertiefungen des Rohres 1, die Züge 3, auf dem Führungsband 9 erhaben erscheinen. Diese erhabenen Stellen werden Stege 10 genannt, die eine Stegbreite b_s und zwei Stegflanken 11 aufweisen. Beim Beginn der Abschußbeschleunigung ist die Stegbreite b_s am Führungsband 9 gleich der Zugbreite b_z des Zuges 3 (Figur 3a). Beim Geschößdurchgang durch das Rohr 1 tritt an den Stegflanken 11 Verschleiß, d.h. Führungsbandverschleiß auf, wobei sich Spalte 12 bilden. Beim Verlassen des Geschosses 8 aus dem Rohr 1 sind am Führungsband 9 Reststege 13 vorhanden, deren Breite b_{rs} erheblich kleiner als die Zugbreite b_z sein kann (Figur 3b).

Zur Erhöhung der Mündungsgeschwindigkeit eines Geschosses 8 ohne eine Steigerung des Maximalgasdrucks kann der Beschleunigungsweg des Geschosses 8 verlängert und/ oder die Treibladungsmasse vergrößert werden.

Bekannt ist, daß der Gesamtführungsbandverschleiß proportional einer Reibarbeit am Führungsband 9 ist, welche ihrerseits dem Integral der Flankenpressung, d.h. der Flächenpressung an den Zugflanken 5 über dem Beschleunigungsweg des Geschosses 8 proportional ist. Die Flankenpressung setzt sich additiv aus einem Anteil infolge der Drehbeschleunigung des Geschosses 8 und dem Gasdruck im, durch den Verschleißabtrag entstehenden, Spalt 12 zusammen. Der Gasdruck ist umso größer, je größer der Spalt 12 und damit der Verschleißabtrag ist und kann maximal gleich dem Gasdruck am Geschößboden 14 sein. Ein großer Spalt 12 führt neben der Bildung von tangentialen Kräften, bedingt durch den Gasdruck, auch zur Bildung von radialen Kräften, wodurch die Geschößbeschleunigung negativ beeinflußt wird.

Der Gesamtmaterialabtrag, den das Führungsband 9 aufgrund der Drehbeschleunigung des Geschosses 8 während der Geschößbewegung bis zur Mündung des Rohres 1 erfährt, ist proportional dem Quadrat der Mündungsgeschwindigkeit.

Durch eine Erhöhung der Zugzahl Z wird dieses Gesamtverschleißvolumen auf eine größere Fläche verteilt, was zu einer Verringerung des sich bildenden Spaltes 12 führt. Der Gasdruck im Spalt 12 und der daraus resultierende zusätzliche Führungsbandverschleiß wird reduziert.

Durch eine Verringerung des Spaltes 12 wird darüberhinaus die Dichtwirkung des Führungsbandes 9 erhöht, was zu einer Reduzierung bzw. Vermeidung von Zug-, Feld-Gravuren auf Geschossen 8 und dem damit

verbundenen Feldflächenverschleiß im Mündungsreich des Waffenrohres 1 führt.

Mit einem Rohr 1 von 39 Kaliberlängen wird eine Mündungsgeschwindigkeit von 827 m/s erreicht. Es ist bekannt, daß 48 Züge hier zu wenig Führungsbandverschleiß führen, so daß der Spalt 12 annähernd Null ist. Mit 52 Kaliberlängen wird die Mündungsgeschwindigkeit auf 945 m/s erhöht. Bei 48 Zügen ist jetzt starker Führungsbandverschleiß zu beobachten. Um bei 827 m/s und bei 945 m/s den Führungsbandverschleiß aufgrund des Gasdrucks im Spalt 12 etwa gleich zu halten, wird die Zugzahl von 48 auf 60 erhöht, so daß der Führungsbandverschleiß infolge der Drehbeschleunigung des Geschosses je Zug sich nicht ändert. Es muß gelten:

$$\frac{60}{48} = \left(\frac{945}{827} \right)^2$$

Das Umformverhalten des Führungsbandes 9 beim Einpressen in die Züge 3 soll bei 48 und 60 Zügen gleich sein. Deshalb wird für 60 Züge das gleiche gesamte Zugvolumen (Zugzahl Z x Zugbreite b_z x Zugtiefe (6) wie für 48 Züge realisiert. Da die Zugtiefe 6 bei 48 Zügen und bei 60 Zügen gleich ist, ergibt sich die Zugbreite b_z des 60-Zugprofils zu:

$$b_{z60} = \frac{48}{60} \cdot b_{z48}$$

Das Verschleißvolumen je Zug 3 ist gleich der Zugflankenfläche der Zugflanken 5 mal dem senkrechten auf der Zugflankenfläche stehendem Abtrag, welcher proportional der Flankenpressung ist.

Um den Spalt 12 in idealer Weise klein zu halten, wird bei einer Erhöhung der Zugzahl Z_{60} auf 60 Züge nun erfindungsgemäß ein gleiches Führungsbandvolumen des Führungsbandes 9 verquetscht, wie bei der kleineren Zugzahl Z_{48} . Dazu wird ein steilerer Zugflankenwinkel α von ca. 9° zwischen der Zugflanke 5 und dem Zuggrund 7 geschaffen, wodurch das Auftreten von unerwünschten radialen Kräften im Waffenrohr 1 vermieden wird. Die Zugtiefe 6 und der Drallwinkel δ werden gegenüber dem Waffenrohr 1 mit 48 Zügen nicht verändert.

Das Zugprofil selbst weist am unteren Zuggrund 11 vorzugsweise einen Innenradius r_z von 0,5 mm zur jeweiligen Zugflanke 5 und das Feld 4 einen oberen Feldradius r_f zur Zugflanke 5 von vorzugsweise 0,3 mm auf, wodurch scharfkantige Fasen an der Zugfläche, die sich bei der Verquetschung in das Führungsband 9 einkerben würden, vermieden werden. Durch Veränderung des Zugflankenwinkels α zwischen Zugflanke 5 und der Senkrechten auf dem dazugehörigen Zuggrund 7 kann die Zugflankenfläche variiert werden, so daß durch die Schaffung steilerer Zugflanken 5 die Fläche der Felder

4 konstruktiv vergrößert wird, die Fläche der Zugflanken 5 sich verringert, ohne daß die Flächenpressung an diesen Zugflanken 5 sich ändert.

Die Reduzierung des Zugflankenwinkels von den bekannten 30° auf ca. 90 und nach einer Teilverchromung auf ca. 0° führt zu einem geringerem Verschleißvolumen je Zug. Eine Flankenpressung und damit die durch den Abtrag senkrecht zur Flankenfläche entstehende Breite des Spaltes 12 bleiben unverändert.

Statt einem Führungsband 9 können auch mehrere Führungsbänder in bekannter Art und Weise verwendet werden.

Diese neuartige Zugflankengestaltung realisiert eine gleich große Verquetschung und eine Gesamtverschleißverringerung des Führungsbandes 9 in einem 60 Zugprofil gegenüber einem 48 Zugprofil. Zudem wird eine Reduktion der Flächenpressung durch die Leistenkraft $R(x)$ um 20% erreicht.

Bezugszeichenliste

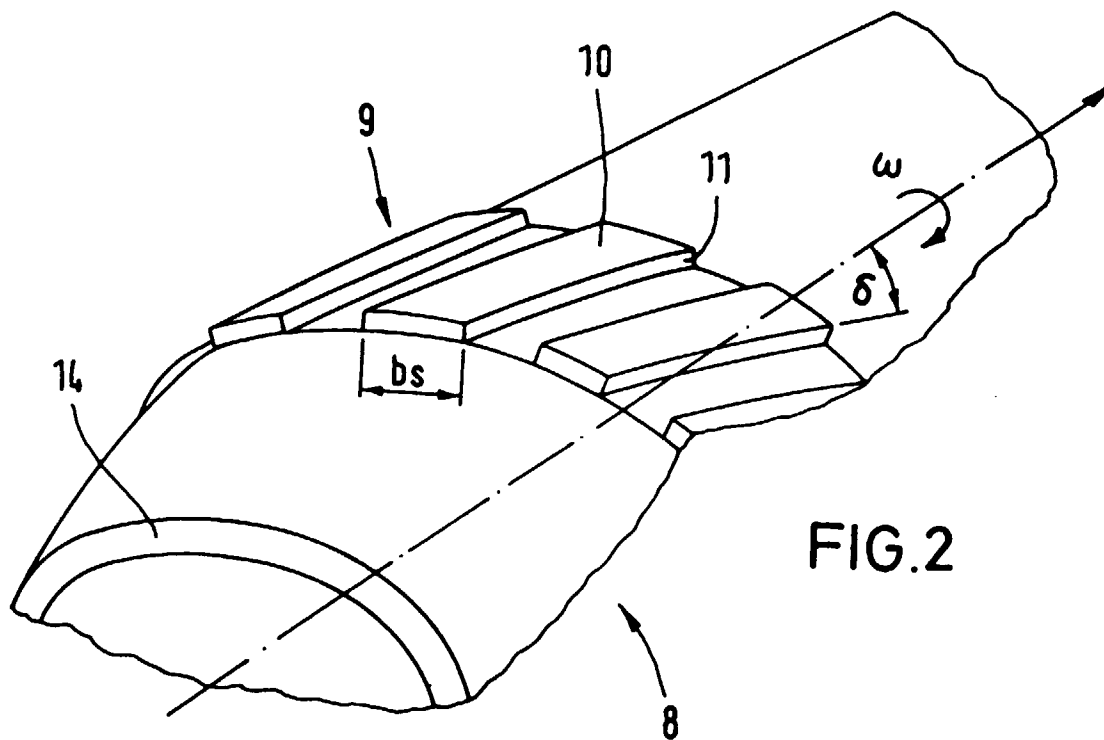
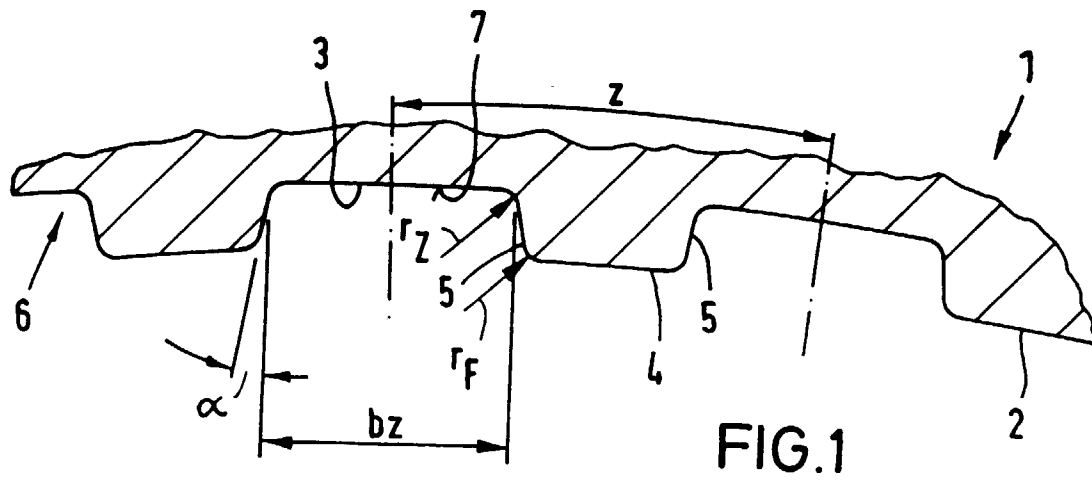
01	Waffenrohr	
02	Rohrinnenwand	
03	Züge	
04	Felder	25
05	Zugflanke	
06	Zugtiefe	
07	Zuggrund	
08	Geschoß	
09	Führungsband des Geschosses	30
10	Stege	
11	Stegflanken	
12	Spalt	
13	Reststege	
14	Geschoßboden	35

Patentansprüche

1. Waffenrohr zum Verschuß von drallstabilisierten Geschossen mit Führungsbändern, wobei das Waffenrohr gezogen ist und in einer Rohrinnenwand über einen gesamten Umfang Züge in Form von Nuten mit einer Zugtiefe aufweist, so daß sich beidseitig eine Zugflanke zu einem Zuggrund bildet und somit je einen Zugflankenwinkel einschließt, und zwischen den Zügen Felder sind, die beide zusammen ein Zugprofil bestimmen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Züge (3) und Felder (4) derart gestaltet sind, daß bei einer Erhöhung einer Zugzahl (Z_{60}) ein verquetschtes Führungsbandvolumen des Führungsbandes (9) des Geschosses (8) gleich dem einer kleineren Zugzahl (Z_{48}) ist, wobei die Zugtiefe (6) und ein Drallwinkel (δ) bei der erhöhten Zugzahl (Z_{60}) und der kleineren Zugzahl (Z_{48}) gleich sind.
2. Waffenrohr nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Reduzierung eines Gesamtver-

schleißes am Führungsband (9) bei einer Erhöhung der Anzahl der Züge (3) die Zugflanke (5) nahezu senkrecht stehend zum Zuggrund (7) verläuft.

3. Waffenrohr nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zugflankenwinkel (α) bei unverchromtem Waffenrohr (1) kleiner 9,5° ist.
4. Waffenrohr nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei voll- oder teilverchromtem Waffenrohr (1) der Zugflankenwinkel (α) ca. 0° beträgt.
5. Waffenrohr nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Zuggrund (7) und der Zugflanke (5) ein Innenradius (r_2) kleiner 0,5 mm sowie zwischen dem Feld (4) und dem oberen Teil der Zugflanke (5) einen Feldradius (r_F) kleiner 0,3 mm eingearbeitet sind.



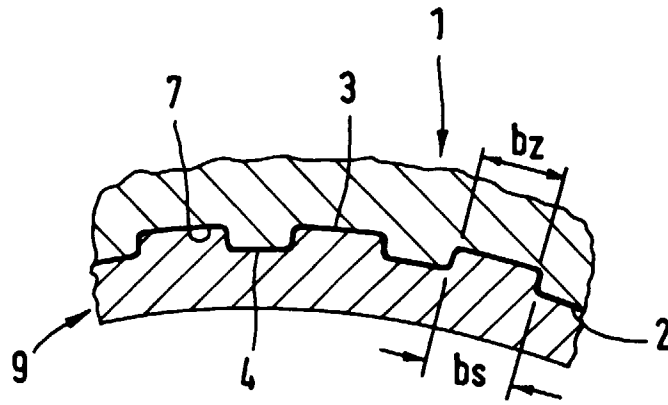


FIG. 3a

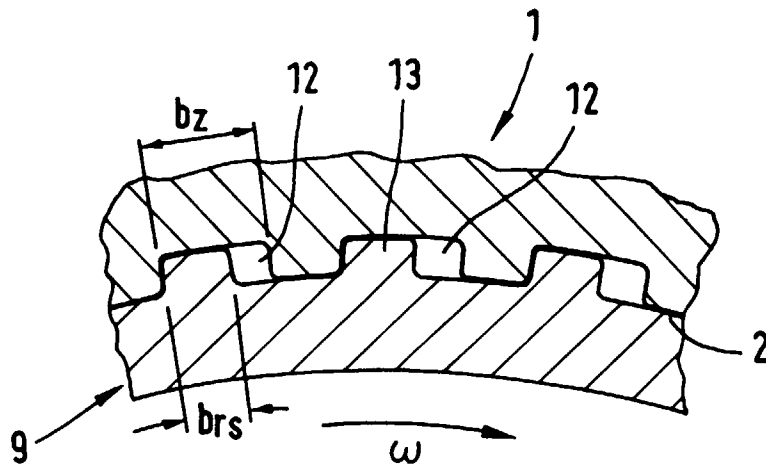


FIG. 3b