

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 781 627 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.07.1997 Patentblatt 1997/27

(51) Int. Cl.⁶: B24B 5/42, B24B 35/00

(21) Anmeldenummer: 95120683.8

(22) Anmeldetag: 28.12.1995

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

(72) Erfinder: Die Erfindernennung liegt noch nicht vor

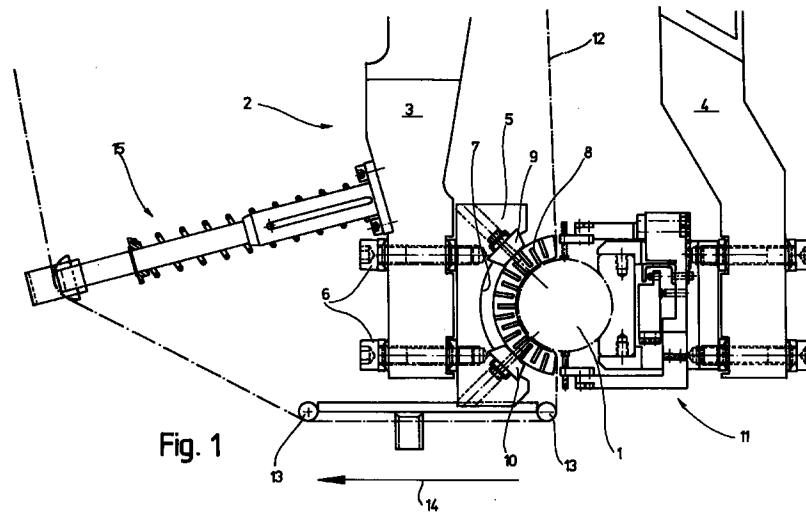
(74) Vertreter: Steimle, Josef, Dipl.-Ing.
Patentanwälte
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker,
Gerokstrasse 6
70188 Stuttgart (DE)

(71) Anmelder: Supfina Grieshaber GmbH & Co.
D-42859 Remscheid (DE)

(54) Feinstbearbeitungsmaschine

(57) Bei einer Feinstbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von zylindrischen Innen- oder Außenflächen eines Werkstücks (1) wird ein Schleifband (12) mit einer flexiblen Bearbeitungsschale (8) angedrückt. Dies hat

den Vorteil, daß sich die Schale abschnittsweise radial bewegen und dadurch das Schleifband kreisförmig andrücken kann.



EP 0 781 627 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Feinstbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von zylindrischen Innen- oder Außenflächen eines Werkstücks, mit wenigstens einem an der Innen- oder Außenfläche des Werkstücks anliegenden Finishelement, mit einem Spannmittel um das Finishelement gegen die zu bearbeitende Oberfläche zu pressen, und mit Mitteln zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Finishelement, wobei das Finishelement wenigstens eine die zu bearbeitende Oberfläche teilweise umgreifende C-förmige Schale aufweist.

Derartige Feinstbearbeitungsmaschinen, die auch als Honmaschinen oder Superfinishmaschinen bezeichnet werden, sind in einer Vielzahl bekannt. Mit diesen Maschinen werden z.B. die Oberflächen von Kurbelwellenlagern oder -zapfen oder es werden die Oberflächen von Nockenwellenlagern bearbeitet. Mit derartigen Maschinen wird einerseits die Oberflächengüte der Lagerstellen, andererseits die gewünschte Rundheit erzielt. Bei der Feinstbearbeitung wird ein Finishstein entweder direkt oder eine Schale unter Zwischenschaltung eines Schleifbandes auf die zu bearbeitende Oberfläche des Werkstücks aufgepreßt und das Werkstück wird in der Regel in Drehung versetzt. Gleichzeitig kann das Werkstück eine axiale Oszillationsbewegung durchführen, so daß ein sog. Kreuzschliff entsteht. Die Oszillationsbewegung kann aber auch vom Werkzeug durchgeführt werden.

Es ist bekannt, ein textiles Schneidband mit einer relativ weichen Schale, die z.B. aus Vulcolan besteht, auf die zu bearbeitende Wellenoberfläche zu pressen. Mit dieser weichen Schale ist es zwar möglich, das textile Schleifband über eine große Fläche auf die zu bearbeitende Oberfläche anzudrücken, wobei der während des Bearbeitungsvorgangs sich ändernde Durchmesser der Welle nahezu keine Rolle spielt. Als nachteilig hat sich jedoch herausgestellt, daß sich das textile Schleifband bei wässrigen Schmieremulsionen voll saugt und dadurch quillt. Außerdem sind mit weichen Schalen keine oder nur geringe Formkorrekturen an der Welle möglich, da Welligkeiten nicht vollständig abgeschliffen werden.

Formkorrekturen können dagegen mit harten Schalen erreicht werden, die bei welligen Oberflächen auf den Spitzen der Wellen aufliegen und diese abtragen. Es kann also die Form der Schale auf die Welle übertragen werden. Hierbei ist jedoch ein inkompressibles Band erforderlich (EP-A-161 748). Als nachteilig hat sich bei diesen harten Schalen herausgestellt, daß sie aufgrund ihrer Steifigkeit nur bei einem ganz bestimmten Durchmesser das Schleifband optimal auf die Wellenoberfläche aufpressen. Ist der Wellendurchmesser, wenn auch nur geringfügig, größer, dann drückt die harte Schale das Schleifband im wesentlichen über zwei linienförmige Bereiche an die Wellenoberfläche an, wobei die linienförmigen Bereiche im wesentlichen an den in Umfangsrichtung gesehenen Enden der

Schale sind. Bei kleinerem Durchmesser preßt die harte Schale das Schleifband lediglich in einem kleinen mittleren Bereich auf die Welle auf. Es ist also dann, wenn der Durchmesser der Welle nicht exakt dem Durchmesser der Ausnehmung des Schuhs entspricht gewährleistet, daß das Schleifband vollflächig auf die Welle aufgepreßt wird. Außerdem hat sich gezeigt, daß bei Wellen mit zu großem Durchmesser, was immer bei geschliffenen und noch nicht feinstbearbeiteten Wellen der Fall ist, die vorderen und hinteren Kanten des harten Schuhs der Welligkeit der Zylinderoberfläche folgt. Eine Formkorrektur ist hier also kaum möglich.

Wird die Welle nicht mit einem Schleifband sondern mit einem Finishstein bearbeitet, dann stellt sich das oben angesprochene Problem der Formkorrektur nicht, da sich der Stein durch permanenten Verschleiß dem Radius der Welle anpaßt, was bei der Verwendung eines Schleifbandes nicht der Fall ist.

Ausgehend von einer flexiblen Schale, die sich zwar an einen sich verändernden Durchmesser anpassen kann, die jedoch keine Formkorrektur bewirkt, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Feinstbearbeitungsmaschine bereitzustellen, mit der beim Superfinishen ein optimales Arbeitsergebnis erzielt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Schale derart flexibel ist, daß sie sich radial an die zu bearbeitende Oberfläche kreisgeometrisch anpassen kann.

Durch die flexible Ausgestaltung der Schale wird nunmehr die Möglichkeit geschaffen, daß sie bei sich veränderndem Durchmesser des Werkstücks radial nachgeführt werden kann, so daß sie jederzeit über ihre gesamte Länge am Werkstück kreisgeometrisch anliegen kann. Hierdurch wird der Vorteil erzielt, daß der örtliche Anpreßdruck konstant bleibt und daß das Schleifband optimal ausgenutzt wird. Auf diese Weise paßt sich die Schale während der Bearbeitung permanent an den sich ändernden Durchmesser der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche an. Es können also die Spitzen von Welligkeiten abgetragen und eine Formkorrektur erzielt werden. Derartige Schalen sind demnach adaptiv.

Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, daß die dem zu bearbeitenden Werkstück zugewandte Oberfläche der Schale mit wenigstens einer parallel zur Drehachse verlaufenden randoffenen Ausnehmung, z.B. einem Schlitz versehen ist. Auf diese Weise erhält die in der Regel aus einem starren, unnachgiebigen Material hergestellte Schale eine gewisse Flexibilität bzw. Elastizität. Die Schlitz verlaufen dabei radial bzw. strahlenförmig zum Werkstück, so daß die Schale orthogonal zu den Strahlen geringfügig verformbar und dadurch der Umschlingungsdurchmesser veränderbar ist. Auf diese Weise kann die Krümmung der Schale an unterschiedliche Bearbeitungsdurchmesser angepaßt werden. Die Veränderung liegt dabei im Bereich von einigen μm .

Bei einer anderen Ausführungsform ist vorgesehen, daß die vom zu bearbeitenden Werkstück abge-

wandte Oberfläche der Schale mit wenigstens einer parallel zur Drehachse verlaufenden randoffenen Ausnehmung, z.B. einem Schlitz versehen ist. Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß beide Oberflächen mit Schlitz versehen sind. Auf diese Weise erhält man eine hohe Flexibilität der Schale dann, wenn das Material sehr hart und spröde ist, wie z.B. bei Stein oder Keramik. Dabei können die Schlitz auf Lücke versetzt angeordnet sein. Die Schale weist im Querschnitt eine im wesentlichen lamellenförmige Gestalt auf, wobei die Lamellenspitzen auf dem Werkstück aufliegen.

Die Schlitz können einen beliebigen Querschnitt aufweisen, besitzen jedoch vorteilhaft einen im wesentlichen rechteckförmigen Querschnitt.

Durch die Tiefe der Schlitz wird die Elastizität der Schale bestimmt, wobei vorteilhaft die Tiefe der Schlitz gleich oder größer ist als die halbe Dicke der adaptiven Schale. Bei einem Ausführungsbeispiel entspricht die Schlitztiefe etwa 80% der Dicke der Schale. Die Breite der Schlitz und der Abstand der Schlitz kann so gewählt werden, daß ein noch genügender Auflagebereich der Schale verbleibt. Die Schlitzbreite kann je nach Anforderung 5% bis 40%, insbesondere 25% des Auflagebereichs betragen. Bevorzugt ist die Schale ein Anpreßelement für ein mit Schleifmittel beschichtetes Schleifband. Bei einer derartigen Schale ist gewährleistet, daß das Schleifband über die gesamte Länge der Schale mit gleichem örtlichen Anpreßdruck an der zu bearbeitenden Oberfläche anliegt, wobei dies unabhängig vom aktuellen Durchmesser des Werkstücks ist.

Da sich während der Bearbeitung des Werkstücks die Dicke bzw. Stärke des Bandes durch Kühl-Schmier-Mitteln einfluß und Verschleiß ebenfalls ändert ist die Schale ein Anpreßelement für ein mit Schleifmittel beschichtetes, insbesondere dünnes Schleifband. Diesem Umstand wird durch die adaptive Schale gleichwohl Rechnung getragen. Außerdem kann die Dickenänderung des Bandes dadurch eingeschränkt werden, daß Dünnschichtbänder bzw. -filme verwendet werden. Derartige Bänder, die in ungebrauchtem Zustand z.B. eine Dicke von 200 µm aufweisen, besitzen im Verschleißzustand eine Dicke von etwa 100 µm.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist die Schale an ihrer am Werkstück anliegenden Oberfläche mit Schleifmittel, insbesondere mit CBN (Cubic-Bornitrid), Diamant usw. beschichtet. Bei diesem Ausführungsbeispiel dient die Schale selbst als abtragendes Werkzeug, wodurch eine höhere Formgenauigkeit erzielt wird.

Bei einer weiteren Ausführungsform enthält die Schale gebundenes Schleifmittel z.B. Edelkorund, SiCa und ist nach Art eines Schleifsteins ausgebildet.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Schale ein Dehnspannschuh. Dabei weist der Schuh einen parallel bzw. koaxial zur Anlagefläche sich erstreckenden Hohlraum für ein Druckmedium auf. Die Wand zwischen dem Hohlraum und der Anlagefläche ist dabei so flexibel ausgebildet, daß sie während des Bearbeitungsvorganges einer jeden Durchmesserände-

rung folgen kann, jedoch bei Bearbeitungsbeginn nur die Wellenspitzen der Oberfläche abarbeitet.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Dehnspannschuh aus einem flexiblen, fluiddichten Material, z.B. Stahl, Gummi, Kunststoff o.dgl.

Dabei kann der Dehnspannschuh als Stütze für das lamellenartig ausgebildete Andrückelement dienen. Das Andrückelement wird auf diese Weise vollflächig abgestützt und jede Lamelle wird in radialer Richtung optimal nachgeführt. Bei einer anderen Ausführungsform kann das lamellenartige Anpreßelement auch punktweise abgestützt sein.

Die Erfindung betrifft auch ein adaptives Finishelement für eine Feinstbearbeitungsmaschine, wobei das Element eine oder mehrere der obigen Merkmale aufweist.

Dabei kann die Schale ein- oder mehrteilig sein, bzw. können zwei Schalen miteinander kombiniert sein.

Weitere vorteilhafte Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung mehrere Ausführungsbeispiele im einzelnen dargestellt sind. Dabei können die in der Zeichnung dargestellten und in den Ansprüchen und der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in einer beliebigen Kombination erfindungswesentlich sein. Dabei sollen auch Kombinationen von offenbarten Merkmalen umfaßt sein, die weder gezeigt noch beschrieben sind. In der Zeichnung zeigen:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 30 | Figur 1 | eine Prinzipskizze einer flexiblen Bearbeitungsschale an einer Bandfließmaschine; |
| 35 | Figur 2 | eine vergrößerte Darstellung der Bearbeitungsschale der Figur 1; |
| 40 | Figur 2a | weitere Ausführungsformen der Bearbeitungsschale; |
| 45 | Figur 3 | eine schematische Darstellung einer anderen Ausführungsform der Erfindung; |
| 50 | Figur 4 | eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; und |
| 55 | Figuren 5 und 6 | eine starre Bearbeitungsschale gemäß dem Stand der Technik. |

In der Figur 1 ist das einem Werkstück 1, z.B. einem Kurbelwellenlager, zugewandte Ende einer Bearbeitungszange 2 schematisch dargestellt, wobei die beiden Arme 3 und 4 der Zange 2 in der Figur 1 in ihrer Schließlage dargestellt sind. Der Bearbeitungsarm 3 weist an seinem freien Ende einen Schuh 5 auf, der über zwei Befestigungsschrauben 6 mit dem Bearbeitungsarm 3 verbunden ist. Der Schuh 5 ist an der dem

Werkstück 1 zugewandten Seite des Arms 3 angeschraubt. Der Bearbeitungsschuh 5 ist an seiner dem Werkstück 1 zugewandten Seite mit einer im wesentlichen teilkreisförmigen Ausnehmung 7 versehen, in der eine flexible Bearbeitungsschale 8 über zwei Befestigungselemente 9 und 10 aufgenommen ist. Der andere Bearbeitungsarm 4 trägt an seiner dem Werkstück 1 zugewandten Seite eine insgesamt mit 11 bezeichnete Meßvorrichtung, die nicht näher bezeichnet ist und mit der In-Prozeß-Messungen durchgeführt werden können. Mit dieser Meßvorrichtung 11 können z.B. während der Bearbeitung der Durchmesser des Werkstücks 1 und Oberflächenwelligkeiten gemessen werden.

Der Materialabtrag vom Werkstück 1 erfolgt über ein Schleifband 12, welches zwischen den beiden Bearbeitungsarmen 3 und 4 der flexiblen Bearbeitungsschale 8 zugeführt wird und von der flexiblen Bearbeitungsschale 8 auf die Oberfläche des Werkstücks 1 gedrückt wird. Dabei liegt das Schleifband 12 entlang der gesamten Länge der Bearbeitungsschale 8, d.h. über den gesamten von der Bearbeitungsschale 8 überdeckten Umfangswinkel am Werkstück 1 an und wird kontinuierlich oder schrittweise im unteren Bereich abgezogen. Dabei wird das Schleifband 12 über zwei Umlenkrollen 13 umgelenkt und in Richtung des Pfeils 14 gefördert. Mit einer insgesamt mit 15 bezeichneten Spanneinrichtung wird das Schleifband 12 auf Zug beansprucht und gespannt. Der Abtrag beträgt in der Regel 5 µm bis 8 µm, kann jedoch bei In-Prozeß-Messung auch 30 µm betragen. Dabei werden Unrundheiten von 2 µm bis 5 µm korrigiert, d.h. abgetragen.

In der Figur 2 ist eine vergrößerte Darstellung der am Werkstück 1 anliegenden flexiblen Bearbeitungsschale 8 dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, daß die Schale 8 das Schleifband 12 über ihre gesamte Länge an die Oberfläche des Werkstücks 1 anpreßt. Die Bearbeitungsschale 8 stützt das Schleifband 12 mit ihrer dem Werkstück 1 zugewandten ersten Oberfläche 16 ab. Die Flexibilität erhält die Bearbeitungsschale 8 durch randoffene Schlitze 17 und 18, wobei die Schlitze 17 zur ersten Oberfläche 16 hin und die Schlitze 18 gegenüberliegenden zweiten Oberfläche 19 hin offen sind. Dabei erstrecken sich die Schlitze 17 und 18 radial über etwa 80% der Gesamtdicke d der Bearbeitungsschale 8. Die Tiefe a der zur Außenfläche offenen Schlitze 18 kann gleich der Tiefe b der Schlitze 17 sein; die beiden Schlitze 17 und 18 können aber auch unterschiedliche Tiefen a und b aufweisen. Die Schlitze 17 und 18 sind auf Lücke angeordnet, so daß die Bearbeitungsschale 8 eine im wesentlichen mäanderförmige Gestalt bzw. eine Lamellenform aufweist. Die Bearbeitungsschale 8 ist in Richtung der Dicke d, d.h. in radialer Richtung zum Werkstück 1 relativ steif, so daß das Schleifband 12 satt auf die Oberfläche des Werkstücks 1 aufgepreßt werden kann. Jedoch verleihen die Schlitze 17 und 18 den einzelnen Schalenabschnitten 20 der Bearbeitungsschale 8 eine hohe Flexibilität bzw. Elastizität in radialer Richtung zueinander, wobei die Schalenabschnitte 20 in sich in radialer Richtung steif

sind. Die Schalenabschnitte 20 bilden einzelne U-förmige Abschnittskörper, deren benachbarte freie Schenkel miteinander verbunden sind.

In der Figur 2a sind vier bevorzugte Ausführungsformen der adaptiven Schale 8 dargestellt. Mit 29 und 30 sind Schlitze bezeichnet, die sich von der Schaleninnen- bzw. -außenoberfläche bis etwa zur Schalenmitte erstrecken. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Schlitze 29 und 30 versetzt zueinander angeordnet, sie können aber auch einander gegenüber liegen. Beim zweiten Ausführungsbeispiel sind lediglich sich von der Außenoberfläche der Schale 8 ausgehende Schlitze 18 und beim dritten Ausführungsbeispiel von der Innenoberfläche der Schale 8 ausgehende Schlitze 17 vorhanden. Die als viertes Ausführungsbeispiel dargestellte Schale 8 wird von zwei Schalenelementen 8' und 8'' gebildet, die koaxial aneinanderliegen. Dabei liegen entsprechende Schlitze 18 bzw. 17 radial übereinander. Die dargestellten Ausführungsformen sollen lediglich beispielhaft und nicht abschließend verstanden werden.

Beim Ausführungsbeispiel der Figur 3 sind zwei einander gegenüberliegende flexible Bearbeitungsschalen 8 dargestellt, die jedoch nicht, wie beim Ausführungsbeispiel der Figur 1, punktförmig abgestützt sind, sondern über nahezu ihre gesamte zweite Oberfläche 19 über ein Abstützelement 21 abgestützt werden. Dieses Abstützelement 21 ist in die Ausnehmung 7 des Schuhs 5 eingelegt und überträgt die in Richtung des Pfeils 22 wirkende Andrückkraft gleichmäßig auf die flexible Bearbeitungsschale 8. Das Abstützelement 21 kann z.B. aus Stahl, Kunststoff, Gummi, Filz, Holz o.dgl., bestehen. Auf jeden Fall ist gewährleistet, daß die Anpreßkraft gleichmäßig übertragen wird. Bei diesem in der Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel werden entweder zwei Schleifbänder 12 verwendet, oder das gleiche Schleifband wird nach dem ersten Durchlauf umgelenkt und noch einmal an das Werkstück 1 herangeführt.

Beim Ausführungsbeispiel der Figur 4 wird die flexible Bearbeitungsschale 8 von einem Dehnspannschuh 23 gebildet, der in der Ausnehmung 7 des Schuhs 5 liegt. Dieser Dehnspannschuh 23 ist mit einem Hohlraum 24 versehen, der sich über die gesamte Länge des Dehnspannschuhs 23 erstreckt und unmittelbar hinter der ersten Oberfläche 16 angeordnet ist. Am Werkstück 1 liegt eine relativ dünne Wand 25 an. Der Hohlraum 24 ist mit einem Druckmedium angefüllt und dicht verschlossen. Werden die beiden Schuhe 5 in Richtung der Pfeile 22 auf das Werkstück 1 gepreßt, dann wird der Anpreßdruck gleichmäßig über die gesamte Fläche der Wand 25 verteilt. Das Druckmedium ist z.B. Hydrauliköl oder Spülmittelmedium.

Beim Ausführungsbeispiel der Figur 4 liegt das Schleifband 12 direkt an der Wand 25 des Dehnspannschuhs 23 an. Bei einer nicht dargestellten Abwandlung ist auf dem Dehnspannschuh eine flexible Bearbeitungsschale angeordnet. Dabei wird der Vorteil erzielt, daß jeder einzelne Schalenabschnitt 20 mit gleichem

Druck auf das Schleifband gedrückt wird.

In den Figuren 5 und 6 sind herkömmliche harte Schalen 26 dargestellt. Dabei zeigt die Figur 5 in stark übertriebener Weise die Lage des Schuhs 26 zu Beginn des Bearbeitungsvorgangs. Dabei drücken hauptsächlich die freien Enden 27 der harten Schale 26 das Schleifband 12 auf die Oberfläche des Werkstücks 1 an, wohingegen der mittlere Bereich 28 kaum am Materialabtrag beteiligt ist. Es ist leicht einsehbar, daß die harte Schale 26 einer Welligkeit des Werkstücks 1 folgt, da sie nur über die freien Enden 27 auf der Werkstückoberfläche aufliegt. Eine Formkorrektur kann in diesem Bearbeitungsstadium nicht oder nur geringfügig erzielt werden.

Am Ende des Bearbeitungsvorganges, wenn sich der Durchmesser des Werkstücks 1 reduziert hat, liegt hauptsächlich der mittlere Bereich 28 am Schleifband 12 an und drückt dieses mit hoher Kraft auf das Werkstück 1 auf, wobei die freien Enden 27 nur geringfügig das Schleifband 12 auf das Werkstück 1 aufpressen. Zwar kann mit derartigen harten Schalen 26 auch eine Formkorrektur erzielt werden, jedoch ist diese nicht so effektiv wie mit der erfindungsgemäßen flexiblen Bearbeitungsschale 8.

Patentansprüche

1. Feinstbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von zylindrischen Innen- oder Außenflächen eines Werkstücks (1) mit wenigstens einem an der Innen- oder Außenfläche des Werkstücks (1) anliegenden Finishelement, mit einem Spannmittel um das Finishelement gegen die zu bearbeitende Oberfläche zu pressen, mit Mitteln zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück (1) und dem Finishelement, wobei das Finishelement wenigstens eine die zu bearbeitende Oberfläche teilweise umgreifende, C-förmige Schale in (8) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schale (8) derart flexibel ist, daß sie sich radial an die zu bearbeitende Oberfläche kreisgeometrisch anpassen kann.
2. Feinstbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dem zu bearbeitenden Werkstück (1) zugewandte Oberfläche (16) der Schale (8) mit mindestens einer parallel zur Drehachse verlaufenden randoffenen Ausnehmung versehen ist.
3. Feinstbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vom zu bearbeitenden Werkstück (1) abgewandte Oberfläche (19) der Schale (8) mit mindestens einer parallel zur Drehachse verlaufenden randoffenen Ausnehmung versehen ist.
4. Feinstbearbeitungsmaschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung ein Schlitz (17 oder 18) ist.
5. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen auf Lücke versetzt oder gegenüber angeordnet sind.
6. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen einen im wesentlichen trapezförmigen, ausgerundeten oder rechteckförmigen Querschnitt aufweisen.
7. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe der Ausnehmungen mindestens 10% der Dicke der Schale (8) ist.
8. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schale (8) ein Anpreßelement für ein mit Schleifmittel beschichtetes, insbesondere dünnes Schleifband (12) ist.
9. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schale (8) an ihrer am Werkstück (1) anliegenden Oberfläche (16) mit Schleifmittel, insb. Edelkorund, SiCa, CBN, Diamant usw. beschichtet bzw. bestückt ist.
10. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schale (8) gebundenes Schleifmittel enthält und insbesondere ein Schleifstein ist.
11. Feinstbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schale (8) von einem Dehnspannschuh (23) gebildet wird.
12. Feinstbearbeitungsmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnspannschuh mit einem parallel bzw. koaxial zur Anlagefläche sich erstreckenden Hohlraum (24) für ein Druckmedium versehen ist.
13. Feinstbearbeitungsmaschine nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnspannschuh (23) aus einem flexiblen, fluiddichten Material hergestellt ist.
14. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schale (8) aus Metall, wie Stahl oder Buntmetall, oder aus Kunststoff, Keramik, Gummi, Holz o.dgl., hergestellt ist.
15. Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß die Schale (8) an ihrer Rückseite vollflächig oder punktwise abgestützt ist.

16. Adaptives Finishelement für eine Feinstbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 5
17. Adaptives Finishelement nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß es zusammen mit einem dünnen und/oder inkompressiblen, insbesondere aus Kunststoff bestehendem Schleifband verwendet wird. 10
18. Adaptives Finishelement nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß es als Finishstein verwendet wird. 15
19. Adaptives Finishelement nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schale (8) ein- oder mehrteilig ist. 20

25

30

35

40

45

50

55

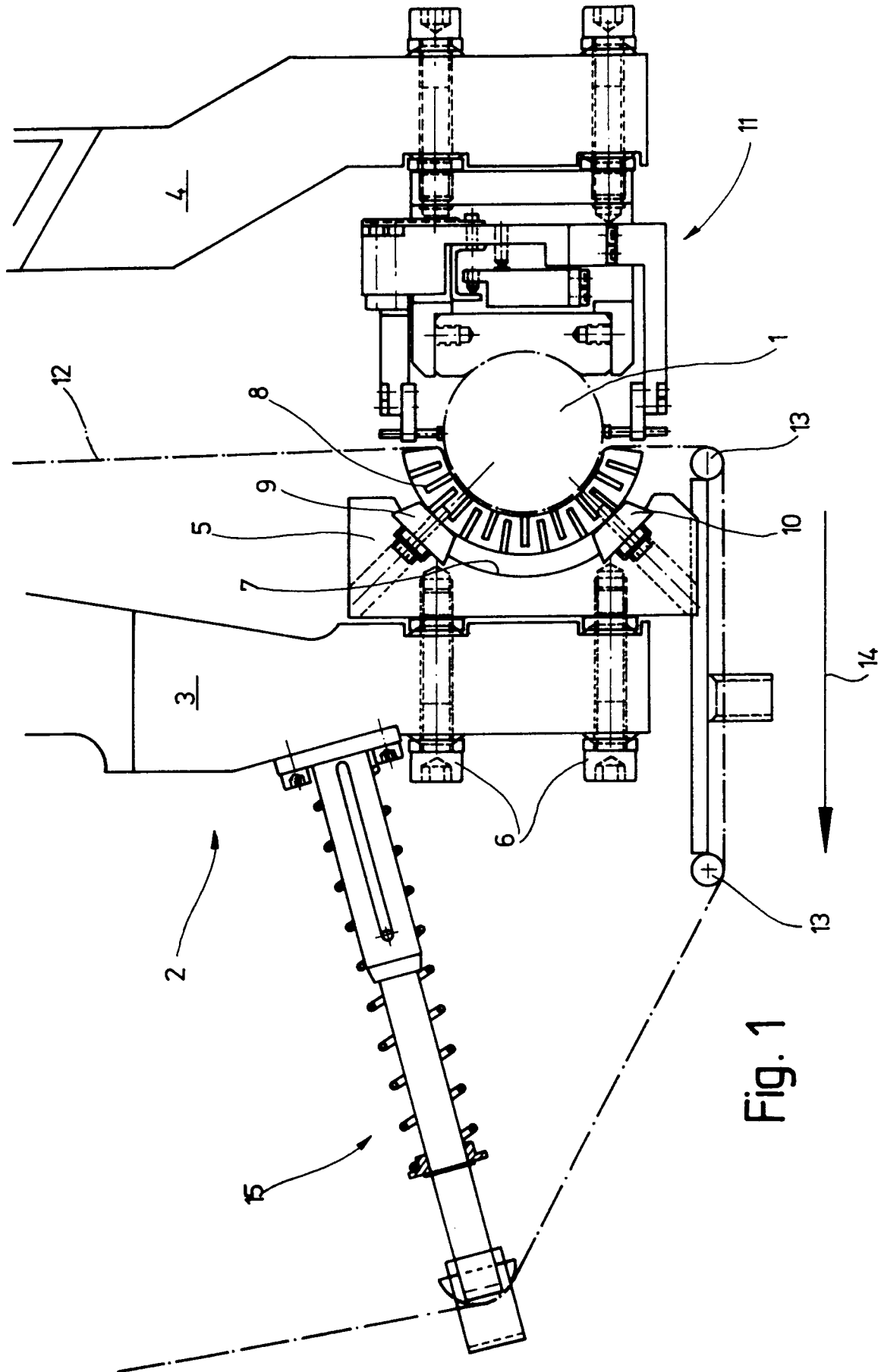


Fig. 1

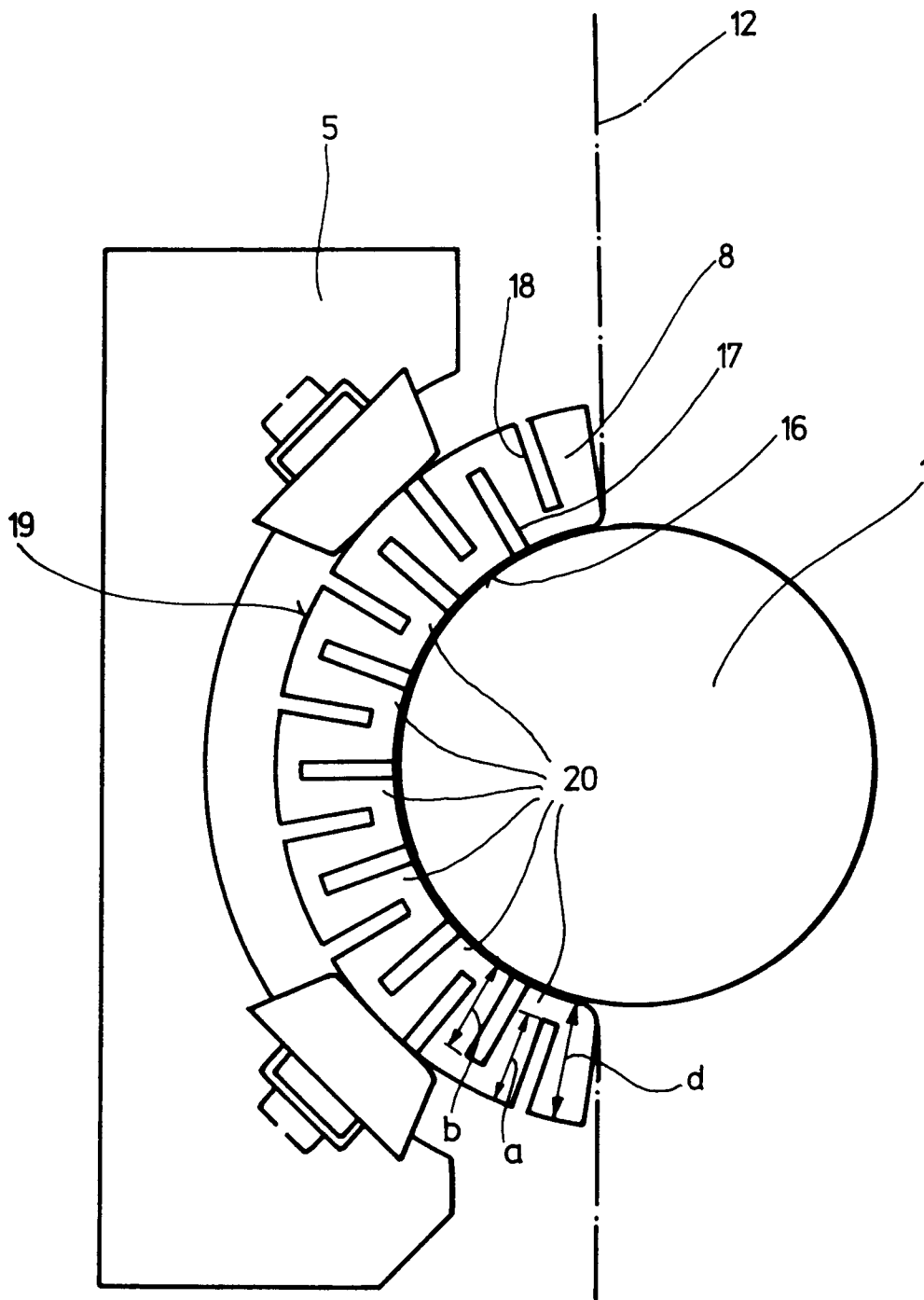


Fig. 2

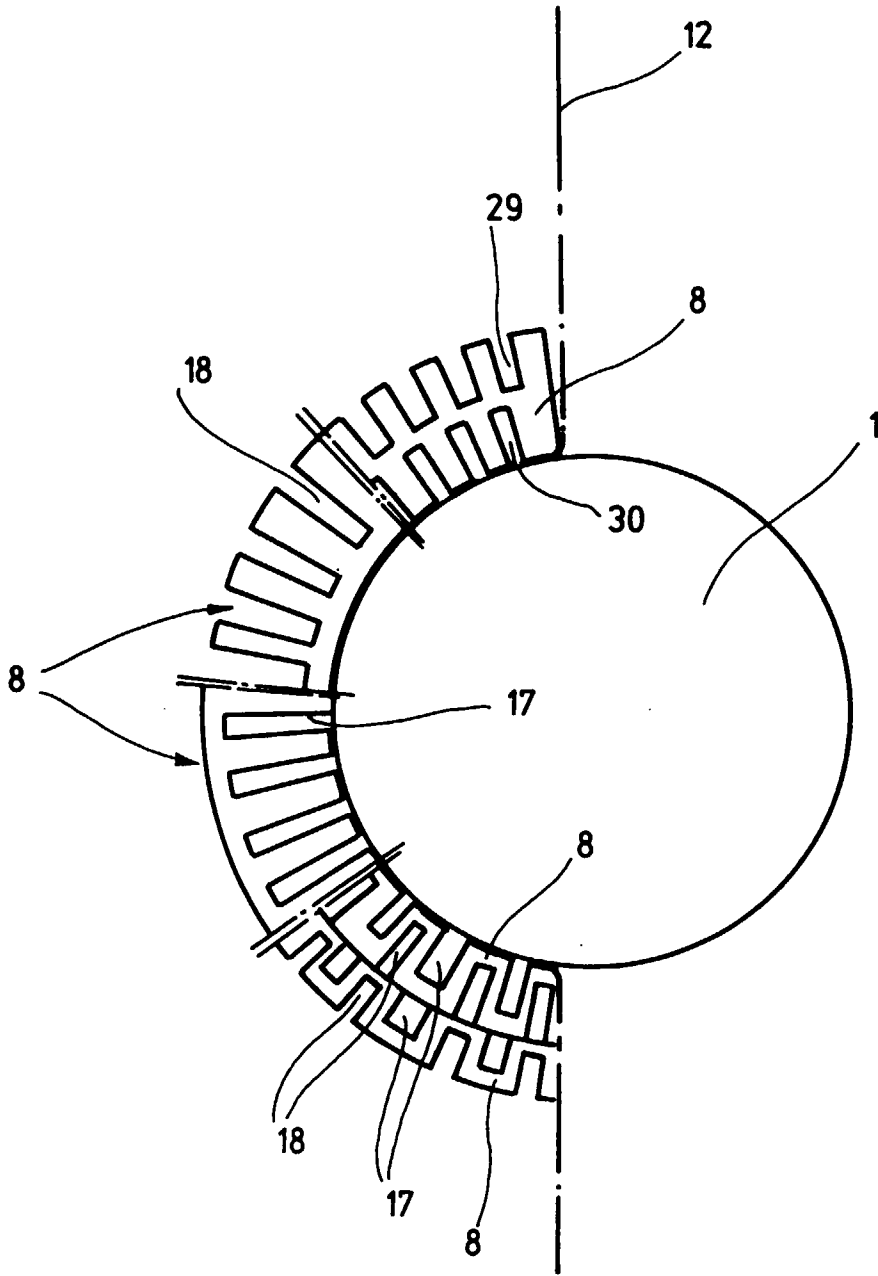


Fig. 2a

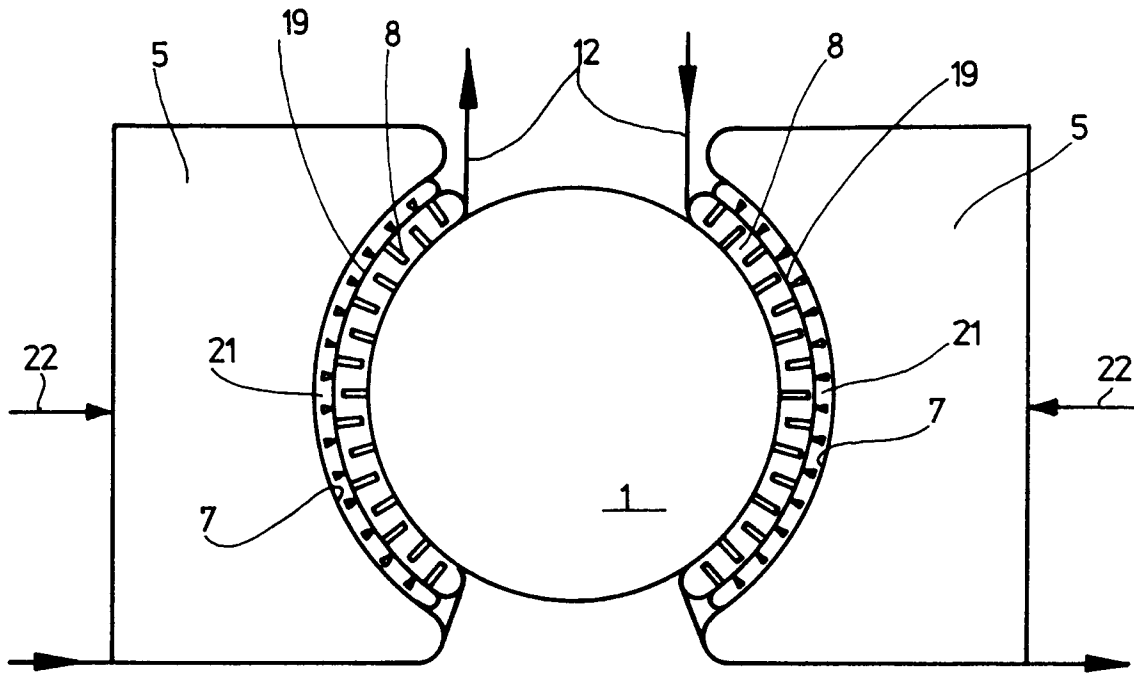


Fig. 3

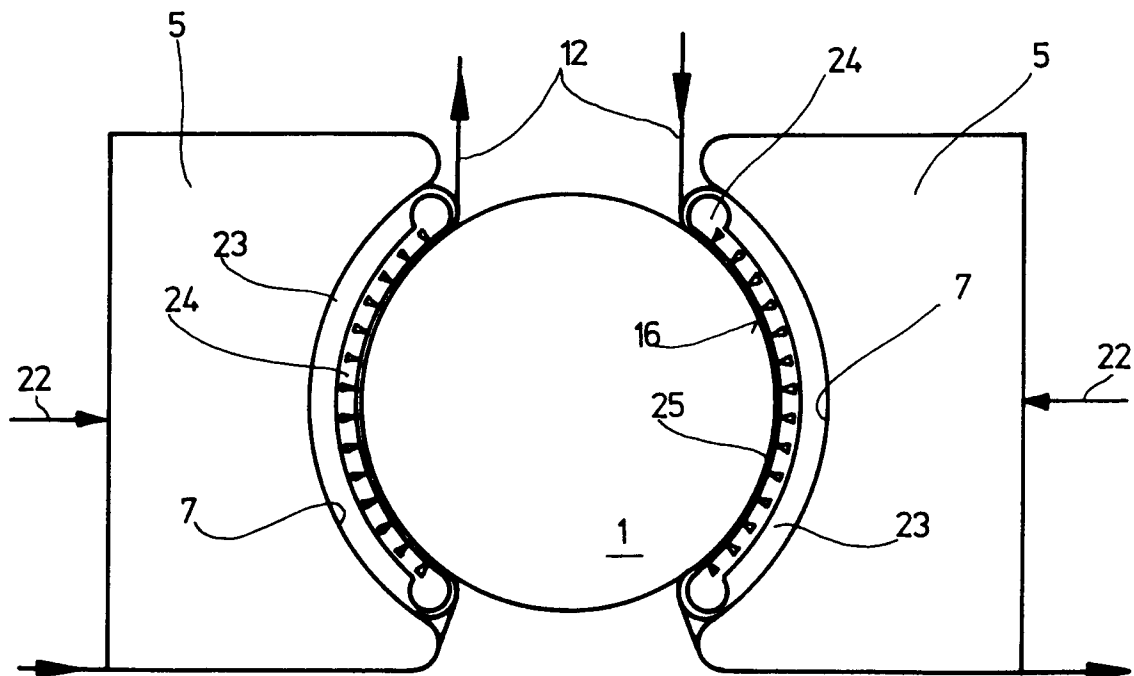


Fig. 4

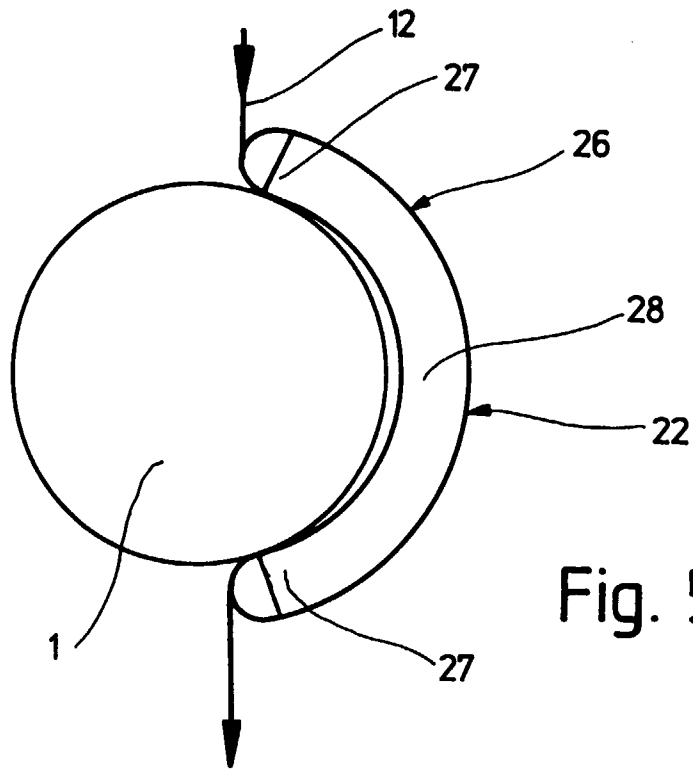


Fig. 5

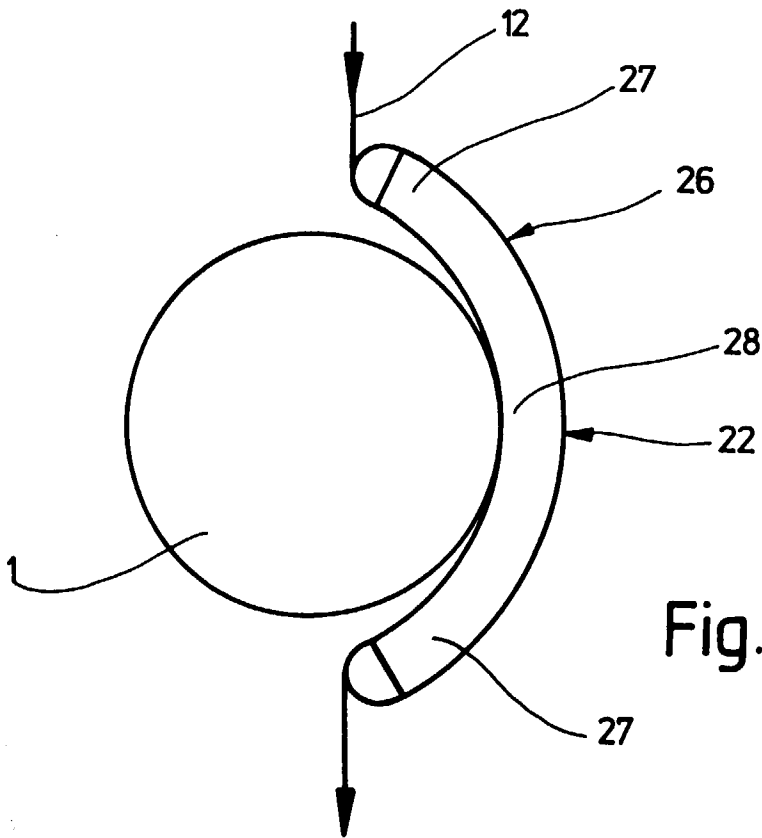


Fig. 6

