

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **88108072.5**

51 Int. Cl. 4: **B24B 33/02 , B24B 33/08**

22 Anmeldetag: **20.05.88**

30 Priorität: **13.06.87 DE 3719796**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.12.88 Patentblatt 88/51

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

71 Anmelder: **Maschinenfabrik Gehring GmbH & Co. KG**
Gehringstrasse 28
D-7302 Ostfildern 2(DE)

72 Erfinder: **Klink, Ulrich**
Paulusstrasse 37
D-7442 Neuffen(DE)
 Erfinder: **Sandhof, Gerhard**
Hainbuchenweg 5
D-7022 Leinfelden-Echterdingen(DE)

74 Vertreter: **Jackisch, Walter, Dipl.-Ing.**
Menzelstrasse 40
D-7000 Stuttgart 1(DE)

54 **Verfahren und Werkzeug zum Bearbeiten von Oberflächen von Verbrennungsmaschinen.**

57 2.1 Beim Honen von beispielsweise Kolbenlaufbahnen wird das Werkstoffgefüge im Bereich der Randzone verformt. Man hat im Anschluß an die Honbearbeitung in einer Strahlanlage mit einem Flüssigkeitsstrahl unter Hochdruck die Laufläche nachbehandelt. Der erforderliche Strahldruck führt bereits zu einer Zerstörung der im Gefüge eingelagerten Graphitnester, wodurch eine optimale Lauffläche in der Serie nicht erreichbar ist.

2.2 Um eine blechmantelfreie Oberfläche zu schaffen, wobei jedoch die im Gefüge eingelagerten Graphitnester nicht zerstört und herausgelöst werden, wird die Oberfläche (6) zusätzlich zur Hon- und Hochdruckstrahlbehandlung gebürstet. Zur Durchführung dieses Verfahrens ist ein Werkzeug (3a) vorgesehen, das ein Werkzeugteil, wie Honleisten und/oder Bürstleisten (15) und zusätzlich mindestens eine Strahleinrichtung (13) aufweist. Durch die kombinierte Hochdruckstrahl- und Bürstbehandlung wird eine blechmantelfreie Oberfläche erzielt.

2.3 Mit dem Verfahren wird erreicht, daß die im Gefüge vorhandenen Graphitnester unzerstört vorhanden sind. Mit dem Werkzeug läßt sich das Verfahren einfach durchführen.

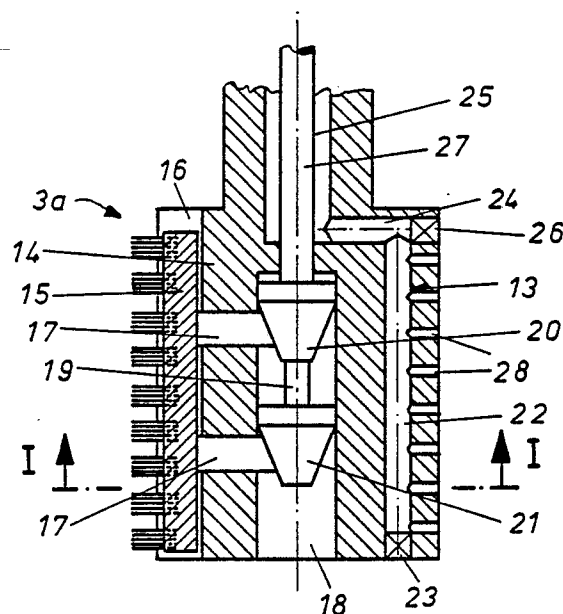


Fig. 2

Verfahren und Werkzeug zum Bearbeiten von Oberflächen, insbesondere von Laufflächen von Verbrennungsmaschinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Werkzeug zum Bearbeiten von Oberflächen, insbesondere von Laufflächen von Verbrennungsmaschinen, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 bzw. des Anspruches 14.

Ziel jeder Feinbearbeitung ist unter anderem das Herstellen funktionsgerechter Oberflächen. Ein typischer Anwendungsfall des Honverfahrens ist die Bearbeitung von Kolbenlaufbahnen in Otto- und Dieselmotoren. Honen ist ein Spanen mit einem vielschneidigen Werkzeug aus gebundenem Korn unter ständiger Flächenberührung zwischen Werkzeug und Werkstück. Die Schnittbewegung wird aus einer Drehbewegung und einer hin- und hergehenden Hubbewegung gebildet. Die gehonte Oberfläche zeigt feine, sich überkreuzende Spuren. Dabei wird wie bei allen Zerspanungsprozessen das Werkstoffgefüge im Bereich der Randzone verformt. Bei entsprechender Vergrößerung ist eine Oberflächenstruktur erkennbar, bei der die Schnittkanten der Honriefen ausgerissen und überlappt sind. Die Querschnitte der Honriefen sind teilweise durch Überlappungen unmittelbar an der Oberfläche kleiner als unterhalb. Diese Oberflächenverformung der gehonten Lauffläche, im technischen Sprachgebrauch als "Blechmantel" bezeichnet, wirkt sich nachteilig auf das Einlaufverhalten der Reibpartner Kolbenringe-Zylinderlauffläche aus, erhöht die Neigung zur Brandspurbildung und zum Fressen und führt zu einem erhöhten Anfangsölverbrauch.

Anwender des Honverfahrens, insbesondere Hersteller von Verbrennungsmotoren, sind deshalb schon seit langem bemüht, eine möglichst blechmantelfreie Oberfläche zu erzeugen, was bislang jedoch nicht zufriedenstellend gelang.

So ist beispielsweise ein gattungsgemäßes Verfahren bekannt geworden, bei dem die Laufflächen elektrochemisch gehont und anschließend mit einem Flüssigkeitsstrahl hochdruckgestrahlt werden.

Dabei sollen sowohl Rückstände aus der elektrochemischen Bearbeitung als auch gelockertes Gefüge abgetragen, andererseits aber nicht die im Gefüge eingelagerten Graphitnester zerstört oder herausgelöst werden.

Nachteilig ist dabei, daß die elektrochemische Bearbeitung einen sehr hohen technischen Aufwand erfordert und hohe Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit der Honanlage stellt, was insgesamt die Bearbeitung erheblich verteuert.

Es ist weiter bekannt geworden, die Laufflächen mechanisch zu honen und anschließend in einer Strahlanlage mit einem Flüssigkeitsstrahl un-

ter Hochdruck nachzubehandeln. Auch hier ist durch die getrennten Anlagen ein erheblicher Aufwand vonnöten. Hinzu kommt, daß das erreichte Ergebnis nicht in allen Fällen befriedigt. Dies rührt im wesentlichen daher, daß der für die zufriedenstellende Beseitigung des Blechmantels erforderliche Strahldruck bereits zu einer Zerstörung der im Gefüge eingelagerten Graphitnester führen kann, wodurch eine optimale Lauffläche in der Serie nicht erreichbar ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden und ein Werkzeug zu seiner Durchführung zu schaffen, mit denen die aufgezeigten Nachteile vermieden werden und eine blechmantelfreie Oberfläche sichergestellt werden können, wobei jedoch die im Gefüge eingelagerten Graphitnester nicht zerstört oder herausgelöst werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der gattungsbildenden Art erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und bei einem Werkzeug mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 14 gelöst.

Durch die im Anschluß an eine Honbearbeitung durchgeführte kombinierte Hochdruckstrahl- und Bürstbehandlung wird eine blechmantelfreie Oberfläche erzielt, ohne die im Gefüge eingelagerten Graphitnester zu beschädigen oder gar herauszulösen.

Mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren mit nur wenigen Verfahrensschritten einfach durchführen. Außerdem wird durch die kombinierte Anordnung der Strahleinrichtung und dem Werkzeugteil, mit dem ein weiterer Verfahrensschritt durchgeführt werden kann, der maschinenseitige Aufwand erheblich verringert.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen. Es zeigt:

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Vorrichtung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 im Axialschnitt und in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Werkzeuges,

Fig. 3 einen Schnitt längs der Linie I-I in Fig. 2,

Fig. 4 im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Werkzeuges in schematischer Darstellung,

Fig. 5a bis 5c Querschnitte durch eine Bürstleiste des Werkzeuges nach Fig. 4 in vereinfachter Darstellung,

Fig. 6 im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Werkzeuges in schematischer Darstellung,

Fig. 7 einen Schnitt längs der Linie II-II in Fig. 6 in abgewandelter Ausführung,

Fig. 8 im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Werkzeuges in schematischer Darstellung,

Fig. 9 einen Schnitt längs der Linie III-III in Fig. 8,

Fig. 10 im Axialschnitt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Werkzeuges in schematischer Darstellung,

Fig. 11a bis 11c Querschnitte durch eine Honleiste eines Werkzeuges nach Fig. 10 in vereinfachter Darstellung.

Wie Fig. 1 zeigt, wird in der dort dargestellten Vorrichtung eine Zylinderbohrung 1 eines Motorzylinderblockes 2 bearbeitet. Die Zylinderbohrung 1 ist in an sich bekannter Weise zuvor gebohrt und anschließend in einer Honmaschine gehont worden und wird nun durch ein kombiniertes Strahl- und Bürstwerkzeug 3 nachbearbeitet. Es ist rotierend angetrieben und führt eine in Richtung der Bohrungssachse hin- und hergehende Hubbewegung aus, wobei vorzugsweise die gleichen kinematischen Bedingungen wie beim vorhergehenden Honen gelten.

Das Werkzeug 3 ist zu diesem Zweck über eine Anschlußstange 4 mit einer Maschinenspindel 5 verbunden, die von einem bekannten (nicht gezeigten) Drehantrieb rotierend angetrieben ist. Die Maschinenspindel 5 wird außerdem in bekannter Weise von einem (nicht gezeigten) Hubantrieb, z.B. einer Kolbenzylinder-Anordnung, abwechselnd nach oben und unten bewegt, derart, daß das Werkzeug 3 mehrfach schraubenförmig über den gesamten Bereich der Lauffläche 6 der Zylinderbohrung 1 geführt wird. Der Werkzeugkörper 12 trägt Bürsten 7, die an der Lauffläche 6 der Zylinderbohrung 1 anliegen. Weiter ist am Werkzeugkörper 12 eine Strahleinrichtung 13 mit als Düsenöffnungen 8 ausgebildeten Austritten vorgesehen, über die ein Hochdruck-Flüssigkeitsstrahl gegen die Lauffläche 6 der Zylinderbohrung 1 gerichtet ist. Die Düsenöffnungen 8 stehen zu diesem Zweck mit einer Hochdruckquelle 9 in Verbindung, die aus einem entsprechenden Vorratsbehälter 11 mit Flüssigkeit, vorzugsweise Honöl, gespeist wird. Die Verbindung zwischen der Hochdruckquelle 9 und den Düsenöffnungen 8 erfolgt über ein an der Maschinenspindel 5 angeordnetes Verteilersystem 10, das die Hochdruckflüssigkeit über die beispielsweise hohl ausgebildete Anschlußstange 4 dem Werkzeug 3 zuführt.

Die Lauffläche 6 der Zylinderbohrung 1 wird mit der Vorrichtung nach Fig. 1 in einem Arbeitsgang gestrahlt und gebürstet, wobei der Strahl- und Bürstvorgang gleichzeitig und/oder nacheinander durchgeführt werden kann, wie nachstehend anhand einiger unterschiedlich ausgebildeter Werkzeuge noch näher erläutert werden soll.

Die Fig. 2 und 3 zeigen schematisch ein Werkzeug 3a zur kombinierten Strahl- und Bürstbehandlung einer zuvor gehonten Lauffläche. Das Werkzeug 3a besteht im wesentlichen aus einem hohlzylindrischen Werkzeugkörper 14, der an seinem Außenumfang mehrere, z.B. vier gleichmäßig verteilt angeordnete zustellbare, als Bürstleisten 15 ausgebildete Werkzeugteile trägt. Die Bürstleisten 15 sind in Nuten 16 des Werkzeugkörpers 14 geführt und wirken über Druckstücke 17 mit einer im Innenraum 18 des Werkzeugkörpers angeordneten Zustellvorrichtung 19 zusammen. Sie weist zwei Kegel 20, 21 auf, die die gleiche Neigung haben wie die Druckstücke 17 und mit diesen derart zusammenwirken, daß bei einer axialen Bewegung der Zustellvorrichtung 19 über eine Druckstange 27 die Bürstleisten 15 radial nach außen verschoben werden.

Zwischen zwei Bürstleisten 15 ist jeweils ein im Werkzeugkörper 14 axial verlaufender, als Längsbohrung 22 ausgebildeter Flüssigkeitskanal der Strahleinrichtung 13a vorgesehen, der an seinem unteren Ende mit einem Stopfen 23 verschlossen ist. Die Längsbohrungen 22 münden jeweils in einen Querkanal 24, der in einen im Inneren des Werkzeugkörpers 14 vorgesehenen Ringkanal 25 mündet. Die Querkanäle 24 sind nach außen jeweils durch einen Stopfen 26 verschlossen. Der die Druckstange 27 der Zustellvorrichtung 19 umgebende Ringkanal 25 setzt sich in der Anschlußstange 4 (Fig. 1) fort und verbindet über das Verteilersystem 10 die Längsbohrungen 22 mit der Hochdruckquelle 9.

Von jeder Längsbohrung 22 aus erstrecken sich mehrere, vorzugsweise mit gleichem axialem Abstand übereinander angeordnete und radial verlaufende Düsenbohrungen 28 nach außen (Fig. 2).

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Düsenbohrungen 28 (Fig. 3) schräg nach vorne in Richtung auf die in Werkzeughochrichtung (Pfeil 29) vorausseilenden Bürstleisten 15 geneigt. Der Strahlwinkel 30 zwischen einer der Längsmittellachsen A und A' des Werkzeugkörpers 14 und der jeweiligen Längsbohrung 22 enthaltenden Axialebene E und der Längsachse L der zugehörigen Düsenbohrung 28 beträgt vorzugsweise etwa 30° bis 60°.

Die Drehrichtung (Pfeil 29) für das kombinierte Strahl- und Bürstwerkzeug 3a ist vorzugsweise so gewählt, daß sie zu der vorausgehenden Honbearbeitung entgegengesetzt verläuft. Damit wird er-

reicht, daß der aus den Düsenbohrungen 28, 28' mit Hochdruck austretende Flüssigkeitsstrahl unter einem spitzen Winkel gegen die bei der Honbearbeitung entstehenden Überlappungen der Schnittkanten der Honriefen gerichtet ist. Dadurch werden die Überlappungen aufgerichtet und durch die nachfolgende Bürstleiste abgetragen. Eine besonders gute Oberflächenstruktur der Lauffläche wird erzielt, wenn mit einem Strahldruck von ca. 100 bis 700 bar gearbeitet wird.

In Fig. 4 ist ein weiteres Werkzeug 3b zur kombinierten Strahl- und Bürstbehandlung einer zuvor gehonten Lauffläche schematisch dargestellt. Das Werkzeug 3b trägt mindestens drei, vorzugsweise vier oder sechs radial zustellbare Bürstleisten 31. Wie Fig. 4 weiter zeigt, ist die Strahleinrichtung 13' mit den Längsbohrungen 32 für die Zuführung der Hochdruckflüssigkeit und mit den Düsenöffnungen 35 innerhalb der Bürstleisten 31 vorgesehen. Die Längsbohrungen 32 sind durch eine axial verlaufende Sacklochbohrung gebildet. Am offenen oberen Ende dieser Sacklochbohrung ist ein Nippel 33 angebracht, der mit einem Druckschlauch 34 verbunden ist. Der Druckschlauch 34 ist an ein entsprechendes Verteilersystem 10 (Fig. 1) angeschlossen, wodurch die Sacklochbohrung 32 mit der Hochdruckquelle 9 verbunden ist.

Wie Fig. 4 weiter zeigt, verlaufen entsprechend wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform von jeder Längsbohrung 32 aus mehrere mit vorzugsweise gleichem axialem Abstand übereinander angeordnete Düsenbohrungen 35 radial nach außen und münden jeweils zwischen einem Borstenbesatz der Bürstleisten 31.

Die Fig. 5a bis 5c zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele von Bürstleisten 31 mit integrierter Strahleinrichtung 13a bis 13c. Bei der Strahleinrichtung 13a nach Fig. 5a ist ausgehend von der zentralen Längsbohrung 32 in der Bürstleiste 31 eine radial verlaufende Düsenbohrung 35 angeordnet, die zwischen zwei Borstenreihen 36, 37 mündet. Dabei sind vorzugsweise in Längsrichtung der Bürstleisten 31 (Fig. 4) mehrere mit vorzugsweise gleichem Abstand hintereinander angeordnete Düsenbohrungen 35 vorgesehen.

Eine besonders gute und intensive Strahlwirkung wird erreicht, wenn die Strahleinrichtung 13b zusätzliche Düsenbohrungen 38 bzw. 39 in der Bürstleiste 31 hat. Die Düsenbohrungen verlaufen von der Längsbohrung 32 aus schräg nach außen bis an die voneinander abgewandten Seiten der Borstenreihe 36 und 37 (Fig. 5b).

Die Zuführung des Strahlmittels kann auch, wie Fig. 5c zeigt, direkt durch Befestigungsbohrungen 40, 41 der einzelnen Borstenbüschel 42 erfolgen. Die Bohrungen 40 erstrecken sich von einer rechteckförmigen Ausnehmung 43 an der Unterseite des Leistenkörpers 44 aus bis an die Borstenbü-

schel 42. Die Ausnehmung 43 ist auf ihrer von den Borstenbüscheln abgewandten Seite durch eine Deckleiste 45 verschlossen und bildet einen Längskanal 32' der Strahleinrichtung 13c für die Zuführung des Strahlmittels.

Auch bei der Ausführungsform nach Fig. 5c kann es vorteilhaft sein, zusätzliche, schräg verlaufende Düsenbohrungen vorzusehen, so wie in Fig. 5b bereits gezeigt ist.

Die Fig. 6 und 7 zeigen eine besonders vorteilhafte Ausführungsform eines Werkzeuges 3c, das zur kombinierten Hon-, Strahl- und Bürstbearbeitung der Lauffläche einer Zylinderbohrung vorgesehen ist. Zur Durchführung der Honbearbeitung ist das Werkzeug mit vier Honleisten 50 ausgerüstet, die in an sich bekannter Weise durch ein erstes Zustellsystem 51 in radialer Richtung zustellbar sind. Zwischen zwei Honleisten 50 ist jeweils eine Bürstleiste 52 vorgesehen, die über ein ebenfalls bekanntes zweites Zustellsystem 53 unabhängig von den Honleisten 50 zustellbar ist. Vorzugsweise sind jeweils vier Hon- und Bürstleisten vorgesehen.

Die Strahleinrichtung 54 für das Hochdruck-Flüssigkeitsstrahlen kann, wie Fig. 6 zeigt, in die Bürstleisten 52 integriert sein. Sie sind entsprechend ausgebildet wie die Bürstleisten 31 nach Fig. 4.

Die Strahleinrichtung 54' kann auch entsprechend der beschriebenen Werkzeugausführung nach Fig. 2 in den Werkzeugkörper verlegt sein, wobei jeweils zwischen einer Honleiste 50 und einer Bürstleiste 52 Düsenöffnungen 55 vorgesehen sind (Fig. 7). Mit dem Werkzeug 3c ist es möglich, in einem Arbeitsgang drei Verfahrensschritte nacheinander oder gleichzeitig durchzuführen. So kann vorzugsweise während des Honens gleichzeitig gestrahlt werden, wodurch das Schneidverhalten der Honsteine durch optimale Schmierung, Wärme- und Späneabfuhr so verbessert wird, daß geringere Hondrücke möglich sind, was der Bildung der als Blechmantel bezeichneten Überlappungen entgegenwirkt. Geringere Hondrücke bedeuten auch eine geringere Werkstückverformung, d.h., daß auch die Bearbeitungsgenauigkeit an sich verbessert wird. An die Honbearbeitung schließt sich lückenlos eine weitere Strahl- und zusätzliche Bürstbearbeitung an. Mit Beginn der Bürstbearbeitung wird vorzugsweise die Drehrichtung des Werkzeuges geändert, wodurch die beim Honvorgang entstandenen, als Blechmantel bezeichneten Überlappungen und Verquetschungen besser aufgerichtet und abgetragen werden können. Besonders gute Ergebnisse erhält man, wenn während des Bürstvorganges mit erhöhtem Strahldruck gearbeitet wird.

Die Fig. 8 und 9 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Werkzeuges 3d, das zur kombinierten Hon- und Hochdruckstrahlbearbeitung der Oberfläche eines Werkstückes, insbesondere der

Lauffläche einer Zylinderbohrung vorgesehen ist. Das Werkzeug weist sechs Honleisten 56 auf, die, wie bekannt, am Umfang des Werkzeugkörpers 57 vorzugsweise gleichmäßig verteilt angeordnet und über ein Zustellsystem 58 radial zustellbar sind.

Zwischen jeweils zwei einander benachbarten Honleisten 56 ist im Werkzeugkörper 57 eine Strahleinrichtung 60 vorgesehen, die im wesentlichen aus zwei Längsbohrungen 62 und einem radial nach außen gerichteten Paar von Düsenbohrungen 61 besteht. Die Längsbohrungen 62 sind jeweils mit einem Querkanal 63 und einem axial verlaufenden Ringkanal 64 verbunden. Über die Kanäle 62 bis 64 werden die Düsenbohrungen 61 von der Hochdruckquelle 9 (Fig. 1) über das Verteilersystem 10 mit Hochdruckflüssigkeit versorgt. Vorzugsweise sind die Düsenbohrungen 61 (Fig. 9) schräg nach außen und nach vorne in Richtung auf die in Drehrichtung (Pfeil 65) nachfolgenden Honleisten 56 geneigt. Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn der Strahlwinkel 66 etwa 30° bis 60° beträgt. Die Düsenbohrungen 61 und die axial verlaufenden Längsbohrungen 62 liegen vorzugsweise diametral einander gegenüber. Die Strahlbearbeitung kann im Anschluß an die Honbearbeitung, beispielsweise während mindestens eines mit geringer Hubgeschwindigkeit ausgeführten Hubes, durchgeführt werden. Vorzugsweise wird die Strahlbearbeitung jedoch während des Ausfahrhubes des Werkzeuges aus der Werkstückbohrung nach beendeter Honbearbeitung durchgeführt, worauf die Oberfläche gebürstet wird.

Vorzugsweise wird die Strahlbearbeitung, zumindest zeitweise, während der Honbearbeitung durchgeführt. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn die Strahleinrichtung wie beim beschriebenen Werkzeug nach Fig. 2 oder 3 ausgebildet ist. In diesem Fall sind im Werkzeugkörper 57 mehrere in Längsrichtung, vorzugsweise mit gleichem Abstand hintereinander angeordnete Düsenbohrungen 61 vorgesehen.

Bei einer Ausführungsform eines Werkzeuges 3e ist, wie in Fig. 10 gezeigt, die Strahleinrichtung 70 in die Honleiste 71 integriert. Sie besteht aus einer Grundleiste 72, auf der ein Honstein 73 beispielsweise durch Kleben oder Löten befestigt ist. In der Grundleiste 72 ist die als Sacklochbohrung ausgebildete Längsbohrung 74 vorgesehen, die über einen Nippel 75 mit einem Druckschlauch 76 verbunden ist. Der Druckschlauch 76 ist an ein entsprechendes Verteilersystem 10 (Fig. 1) angeschlossen, wodurch die Längsbohrung 74 mit der Hochdruckquelle 9 verbunden ist.

An jede Längsbohrung 74 schließen mehrere mit gleichem Abstand übereinander angeordnete Düsenbohrungen 77 oder Schlitze an. Sie verlaufen etwa radial nach außen und leiten das Strahlmittel durch die Honsteine und/oder unmittelbar neben

den Honsteinen auf die Oberfläche des Werkstückes.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der Honleiste 71 mit integrierter Strahleinrichtung 70a bis 70c sind in den Fig. 11a bis 11c im Querschnitt - schematisch gezeigt.

Bei der Ausführung nach Fig. 11a ist der Honstein 73', wie bekannt, in einer Nut 85 einer entsprechend breiteren Grundleiste 72 aufgenommen und dort mit einer Kleb- oder Lötsschicht 78 gehalten. Dadurch sind zu beiden Seiten des Honsteines 73' schmale Stege 79 der Grundleiste 72 gebildet. Von der zentralen Längsbohrung 74 der Strahleinrichtung 70a in der Grundleiste 72 aus verlaufen Düsenbohrungen 77 schräg nach außen und zu beiden Seiten der Stege 79. Wie Fig. 11a zeigt, tritt das Strahlmittel unmittelbar zu beiden Seiten des Honsteines 73' aus, wodurch neben der beabsichtigten Strahlwirkung eine gute Kühl- und Schmierwirkung für den Honstein erzielt wird.

Diese Wirkung wird bei einer Honleiste nach Fig. 11b noch dadurch verstärkt, daß durch das poröse Gefüge des Honsteines 73' zusätzlich Strahlflüssigkeit hindurchgedrückt wird. Zu diesem Zweck weist der Honstein 73' an seiner der Grundleiste 72' zugewandten Rückseite eine nutförmige Ausnehmung 80 auf, die über mehrere mit axialem Abstand übereinander angeordnete, radial verlaufende Bohrungen 81 oder Schlitze der Strahleinrichtung 80 mit der Längsbohrung 74 leitungsverbunden ist. Im Bereich der Mündungsöffnung der Bohrung 81 ist die Grundleiste 72' mit einer Erhöhung 82 versehen, welche in die nutförmige Ausnehmung 80 des Honsteines 73' ragt. Durch die Erhöhung 82 wird ein mögliches Verstopfen der Bohrung 81 beim Aufkleben des Honsteines auf die Grundleiste vermieden.

Bei feinen Körnungen und/oder weniger porösen Bindungen können, wie Fig. 11c zeigt, im Honstein 73' zusätzliche Düsenbohrungen 83 vorgesehen sein, die von der Ausnehmung 80 an nach außen verlaufen und in der Arbeitsfläche 84 des Honsteines münden.

Neben den gezeigten Ausführungsbeispielen sind selbstverständlich noch weitere Varianten möglich, z.B. kann es vorteilhaft sein, verschieden ausgebildete Strahleinrichtungen innerhalb eines Werkzeuges zu kombinieren. D.h., es können neben Strahldüsen im Werkzeugkörper zusätzliche Strahldüsen innerhalb der Hon- und Bürstleisten vorgesehen sein.

Ansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von Oberflächen von Werkstücken, insbesondere von Laufflächen von Verbrennungsmaschinen, wobei die Oberfläche

durch Honen und durch Hochdruckstrahlung bearbeitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (6) zusätzlich zur Hon- und Hochdruckstrahlbehandlung gebürstet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (6) nach dem Honen in einem Arbeitsgang hochdruckgestrahlt und gebürstet wird, und daß vorzugsweise die Hochdruckstrahl- und Bürstbearbeitung mindestens zeitweise gleichzeitig und unter den gleichen kinematischen Bedingungen wie beim vorangehenden Honen durchgeführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtung bei der kombinierten Hochdruckstrahl- und Bürstbearbeitung der Drehrichtung (29) bei der vorausgehenden Honbearbeitung entgegengesetzt gerichtet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hon-, Hochdruckstrahl- und Bürstbearbeitung in einem Arbeitsgang durchgeführt werden, und daß vorzugsweise während der Honbearbeitung zumindest zeitweise gleichzeitig gestrahlt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlbearbeitung im Anschluß an die Honbearbeitung durchgeführt wird, und daß vorzugsweise die Strahlbearbeitung während mindestens eines Hubes des Werkzeuges (3d) durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlbearbeitung während des mit verminderter Hubgeschwindigkeit ausgeführten Ausfahrhubes des Werkzeuges (3) aus der Werkstückbohrung (1) nach beendeter Honbearbeitung durchgeführt wird, und daß vorzugsweise bei erhöhtem Strahldruck wie beispielsweise bei einem Strahldruck von etwa 100 bis 700 bar, gestrahlt wird.

7. Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit mindestens einem Werkzeugteil, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (3, 3a bis 3e) zusätzlich mindestens eine Strahleinrichtung (13, 13', 13a bis 13c, 54, 54', 60, 70) aufweist, und daß vorzugsweise die Strahleinrichtung (13, 13a bis 13c, 54, 54', 60, 70) Austritte (8, 28, 28', 35, 38 bis 40, 55, 61, 77, 81, 83) vorzugsweise Düsenöffnungen, aufweist.

8. Werkzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in Umfangsrichtung und/oder in Achsrichtung des Werkzeuges (3, 3a bis 3e) mindestens zwei, vorzugsweise mehrere mit im wesentlichen gleichem Abstand voneinander angeordnete Austritte (8, 28, 28', 35, 38 bis 40, 55, 61, 77, 81, 83) vorgesehen sind, und daß vorzugsweise die Austritte (8, 28, 28', 35, 38 bis 40, 55, 61, 77, 81, 83) in an sich bekannter Weise über ein

Verteilersystem (10) mit einer Hochdruckquelle (9) verbunden sind, die aus einem Vorratsbehälter (11) mit Flüssigkeit, vorzugsweise Honöl, gespeist ist.

9. Werkzeug nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugteil (7, 15, 31, 31', 52) durch mehrere mit umfangsseitigem Abstand hintereinander angeordnete Bürstleisten gebildet ist.

10. Werkzeug nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugteil (7) fest an einem Werkzeugkörper (12) des Werkzeuges (3) angeordnet ist.

11. Werkzeug nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugteil (15, 31, 31', 50, 52, 56, 71) radial zum Werkzeugkörper (14) verstellbar angeordnet ist.

12. Werkzeug nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkzeugkörper (14) mindestens einen axial verlaufenden Flüssigkeitskanal (22, 32, 32', 62, 74) der Strahleinrichtung (13, 13', 13a bis 13c, 54, 54', 60, 70) aufweist, und daß vorzugsweise der Flüssigkeitskanal (22, 32, 32', 62, 74) als Sacklochbohrung ausgebildet ist.

13. Werkzeug nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in axialer Richtung des Flüssigkeitskanales (22, 32, 74) mehrere, vorzugsweise gleichen axialen Abstand voneinander aufweisende Austritte (8, 28, 28', 35, 55, 77) vorgesehen sind.

14. Werkzeug nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Austritte (28, 28', 38, 39, 55, 61, 77) in Richtung auf die in Drehrichtung (29, 65) des Werkzeuges (3a bis 3e) davor und/oder dahinter liegenden Werkzeugteile (15, 31, 52, 56, 71) geneigt verlaufen, und daß vorzugsweise der Strahlwinkel (30, 66) zwischen der Achse (L) der Austritte (28') und einer die Werkzeugachse (A) und die Achse (A') des Flüssigkeitskanales (22) aufweisenden Axialebene (E) etwa 30° bis 60° beträgt.

15. Werkzeug nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Austritte (35, 38 bis 40, 77, 81, 83) innerhalb der Werkzeugteile (31, 31', 52, 71) vorgesehen sind, und daß vorzugsweise die Austritte (35) zwischen einem Borstenbesatz des Werkzeuges (31) münden.

16. Werkzeug nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugteile (31) mindestens einen radial und mindestens zwei beidseitig von diesem verlaufende Austritte (35, 38, 39) aufweisen, die sich vom Flüssigkeitskanal (32) aus in entgegengesetzte Richtungen sohräg nach außen erstrecken, und daß vorzugsweise die zusätzlichen Austritte (38, 39) seitlich neben den Borstenbesätzen (36, 37) münden.

17. Werkzeug nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Austritte (40, 41) durch Befestigungsbohrungen der Borstenbestäze,

vorzugsweise Ihrer Borstenbüschel (42) gebildet, und daß vorzugsweise jeweils zwei auf gleicher Höhe liegende Austritte (40, 41) vorgesehen sind.

18. Werkzeug nach einem der Ansprüche 7 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß am Werkzeug (3c) zusätzlich zu den Honleisten (50, 56, 71) und der Strahleinrichtung (60, 70) die Bürstleisten (52) vorgesehen sind, und daß vorzugsweise die Honleisten (50) durch ein an sich bekanntes erstes Zustellsystem (51) und die Bürstleisten (52) durch ein an sich bekanntes zweites Zustellsystem (53) in radialer Richtung zstellbar sind.

19. Werkzeug nach Anspruch 7 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahleinrichtung (54') im Werkzeugkörper vorgesehen ist.

20. Werkzeug nach Anspruch 7 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahleinrichtung (60) aus einem Paar radial nach außen gerichteter Austritte (61) besteht, und daß vorzugsweise die Austritte (61) schräg nach außen in Richtung auf die in Drehrichtung (65) nachfolgenden Honleisten (56) unter einem Strahlwinkel von vorzugsweise 30° bis 60° geneigt verlaufen.

21. Werkzeug nach Anspruch 7 und 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahleinrichtung (70) in der Honleiste (71) vorgesehen ist, und daß vorzugsweise die Austritte (77, 81) in einer Grundleiste (73) der Honleiste (71) vorgesehen sind, daß die Austritte (77, 81) in und/oder neben den Honsteinen verlaufen.

22. Werkzeug nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Austritte (77) schräg nach beiden Seiten in Richtung auf stirnseitige Stege (79) der Grundleiste (73) geneigt sind, und daß vorzugsweise zwischen einem Honstein (73') und einer Grundleiste (72) eine nuttförmige Ausnehmung (80) vorgesehen ist, die über eine und/oder mehrere etwa radial verlaufende Austritte (81) mit dem Längskanal (74) leitungsverbunden ist.

23. Werkzeug nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundleiste (72) im Bereich der Mündungsöffnung des Austrittes (81) eine Erhöhung (82) aufweist, und daß vorzugsweise von der Ausnehmung (80) innerhalb des Honsteines (73') aus weitere Austritte (83), vorzugsweise Düsenbohrungen der Strahleinrichtung (70), nach außen verlaufen, die in der Arbeitsfläche (84) des Honsteines (73') münden.

50

55

Maschinenfabrik Gehring Ge-
sellschaft mit beschränkter
Haftung & Co. Kommanditge-
sellschaft
Gehringstraße 28

7302 Ostfildern 2

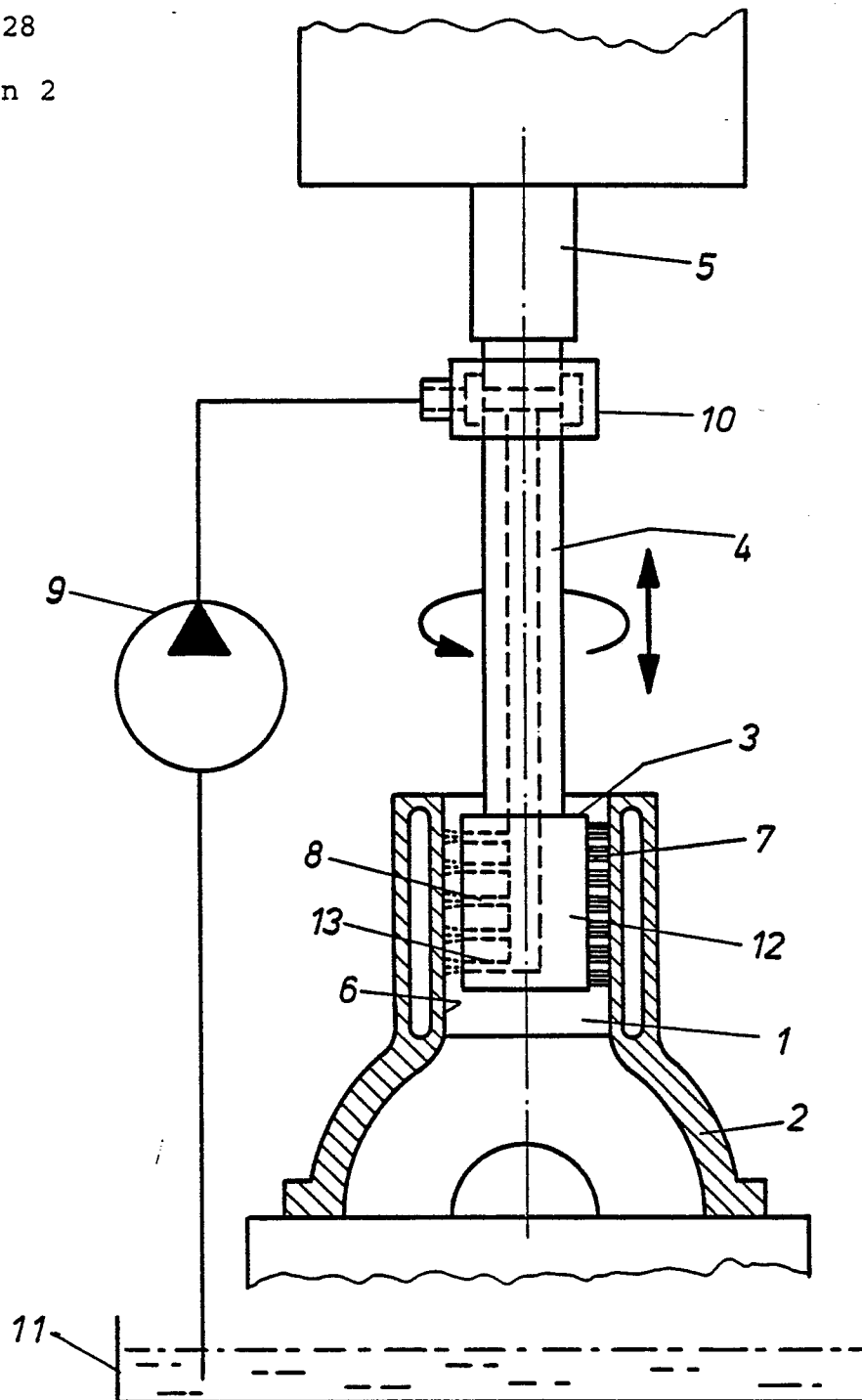


Fig. 1

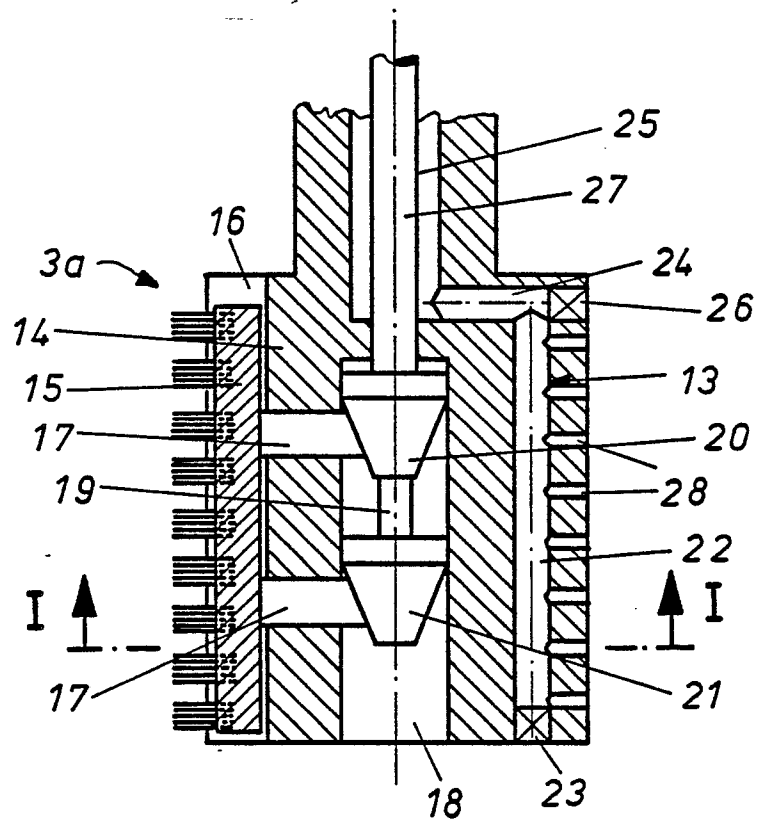


Fig. 2

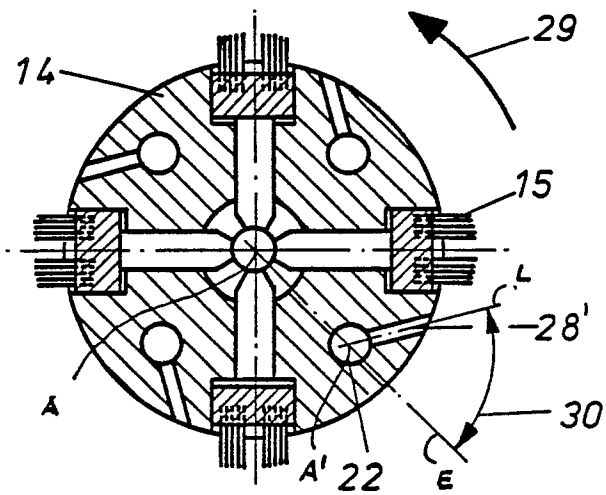


Fig. 3

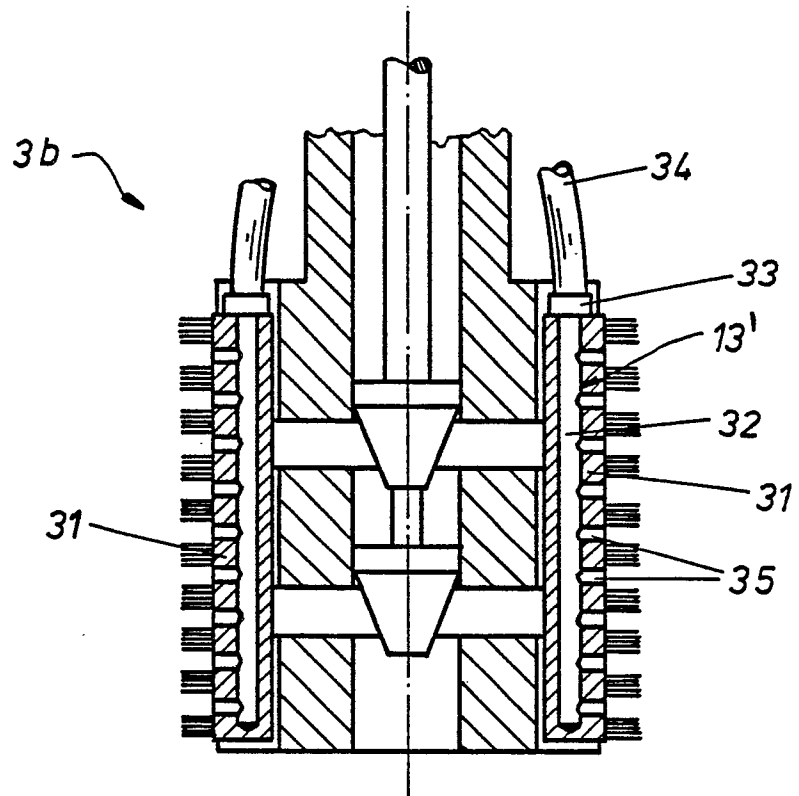


Fig. 4

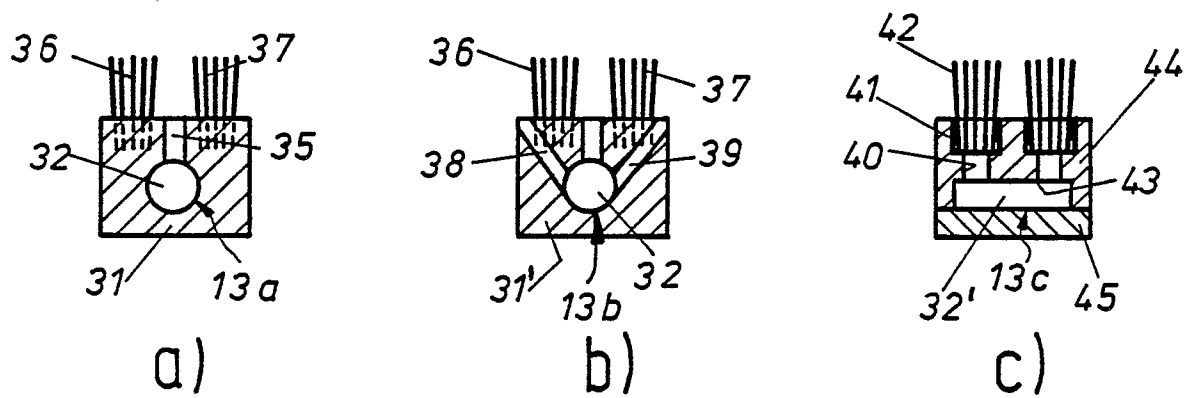


Fig. 5

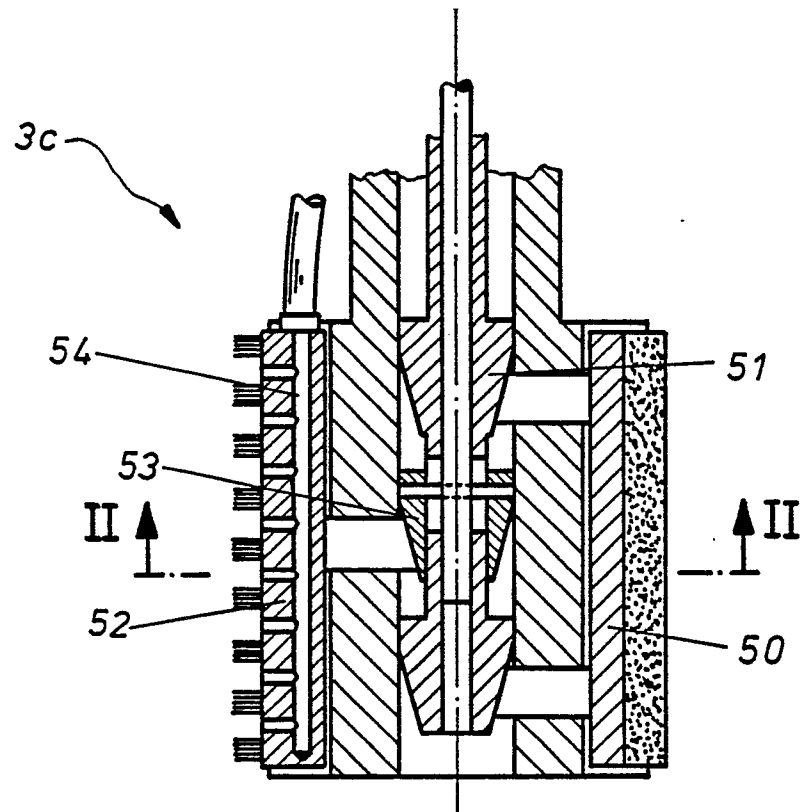


Fig. 6

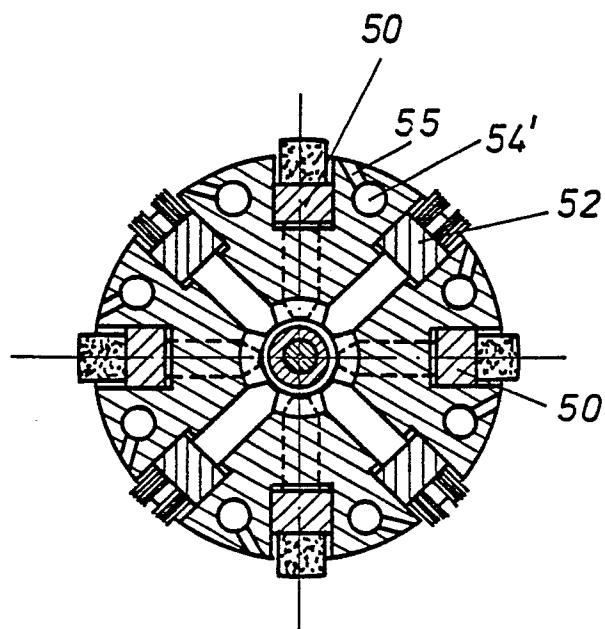


Fig. 7

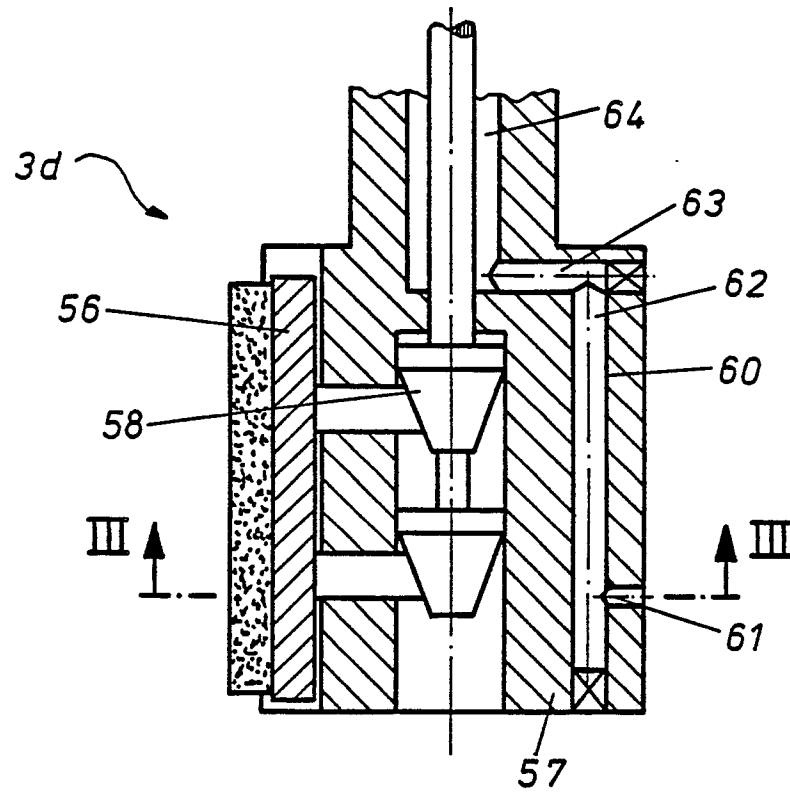


Fig. 8

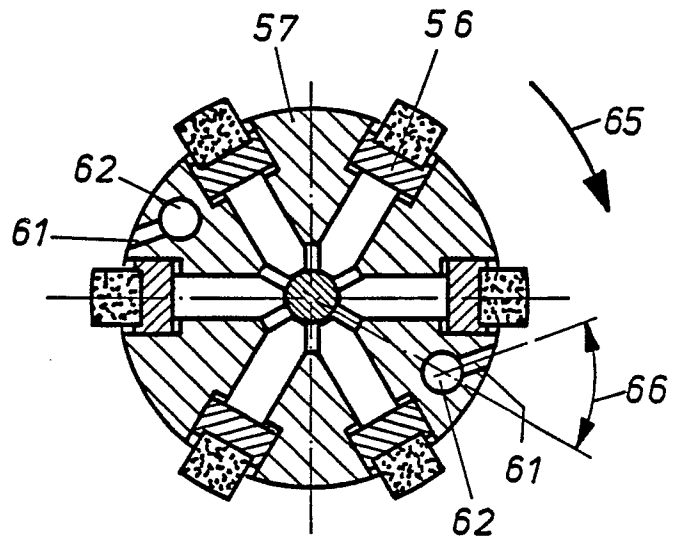


Fig. 9

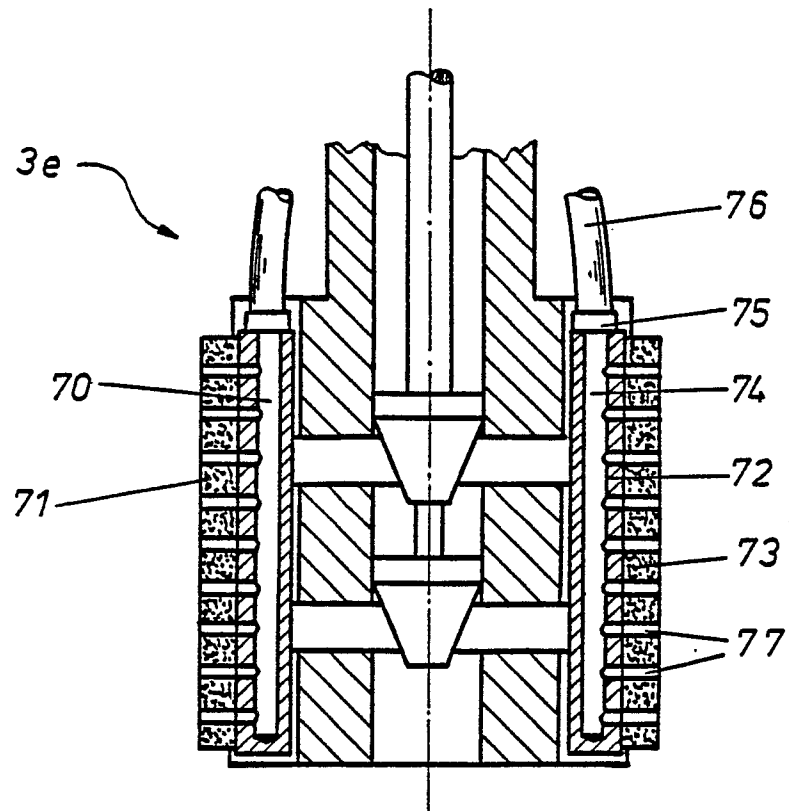


Fig. 10

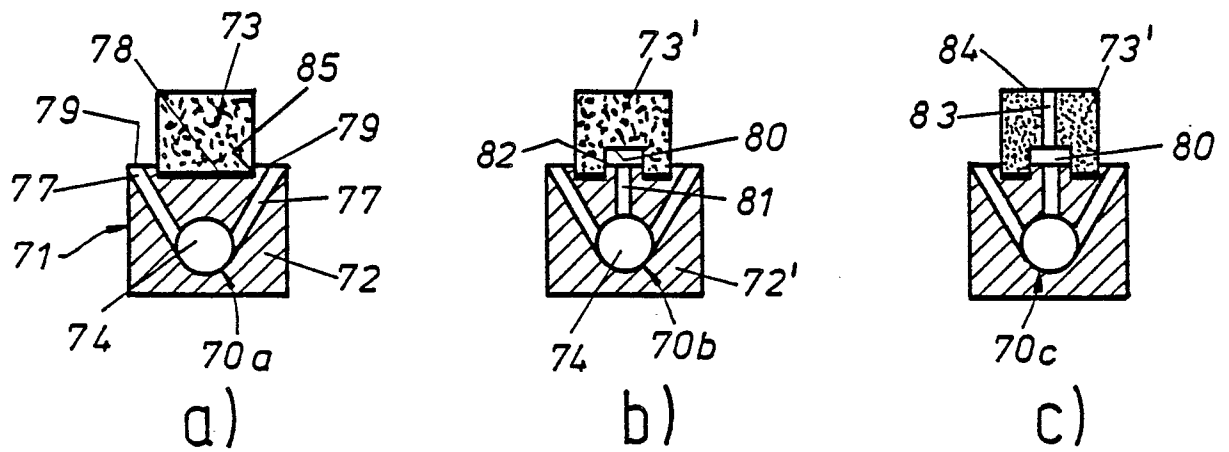


Fig. 11