



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 038 182 A1** 2006.03.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 038 182.8**

(22) Anmeldetag: **06.08.2004**

(43) Offenlegungstag: **16.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B23P 13/02** (2006.01)

(71) Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

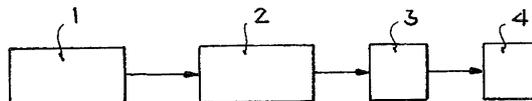
**Böhm, Jens, Dipl.-Ing., 73765 Neuhausen, DE;
Brackenhammer, Dieter, Dipl.-Ing. (FH), 73230
Kirchheim, DE; Diessner, Stefan, 73249 Wernau,
DE; Heuberger, Axel, Dipl.-Ing., 72218 Wildberg,
DE; Izquierdo, Patrick, Dr.-Ing., 89077 Ulm, DE;
Pfeffinger, Harald, Dipl.-Ing., 75233 Tiefenbronn,
DE; Schilling, Dezsoe, Dipl.-Ing., 71282
Hemmingen, DE; Traber, Jürgen, 70736 Fellbach,
DE; Vocino, Nazario, 70378 Stuttgart, DE; Zwink,
Walter, Dipl.-Ing., 71691 Freiberg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum spanabhebenden Bearbeiten von thermisch gespritzten Zylinderlaufbahnen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spanabhebenden Bearbeiten von thermisch gespritzten Zylinderlaufbahnen eines Zylinderkurbelwellengehäuses, bei welchem Verfahren ein Zylinderkurbelwellengehäuse gegossen wird, die thermisch zu beschichtenden Oberflächen der späteren Zylinderlaufbahnen aufgeraut werden, die Zylinderlaufbahnen durch ein thermisches Spritzenverfahren beschichtet werden und die Zylinderlaufbahnen auf Endmaß nachbearbeitet werden. Erfindungsgemäß wird die Bearbeitung einer Einführfase und/oder einer Endfase und/oder der Zylinderkopfdichtfläche und/oder des Kurbelwellenraums und/oder einer Zylinderbohrung spanabhebend vorgenommen, wobei das jeweilige spanabhebende Werkzeug derart geführt wird, dass die jeweiligen Schneiden von außen ins abzutragende Material eindringen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spanabhebenden Bearbeiten von thermisch gespritzten Zylinderlaufbahnen.

Stand der Technik

[0002] Aus der EP 1 141 438 B1 ist es zur Herstellung von Motoren mit thermisch gespritzten bekannt, ein Zylinderkurbelwellengehäuse zu gießen, dieses zu Reinigen und zu Entfetten, die Zylinderbohrungen mittels Korund- bzw. Sandstrahlen aufzurauen und thermisch zu beschichten. Beim Beschichten und beim Aufrauen wird eine Schablone eingesetzt, die momentan nicht zu bearbeitende Zylinderbohrungen abdecken und die innenseitig ggf. auswechselbare Verbraucherschichten aufweisen. Nach der Beschichtung wird das Zylinderkurbelwellengehäuse auf seine Endmaße bearbeitet.

[0003] Trotz der Vorteile dieses Verfahren ist insbesondere die Anbindung der gespritzten und später die Zylinderlaufbahn ausbildenden Schicht verbesserungswürdig. Ferner ist auch der apparative Aufwand recht hoch. Gleiches gilt für die Herstellungskosten.

Aufgabenstellung

[0004] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem eine gute Anbindung der Schicht erreicht werden kann, wobei die Fertigung möglichst preiswert sein sollte und eine möglichst geringe Ausschussrate aufweisen sollte.

[0005] Die Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Einspruch 1 gelöst. Durch die

[0006] Im Folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkurbelwellengehäuses mit thermisch gespritzten Zylinderlaufbahnen aufgezeigt, in dem sich die auf die Erfindung zurückgehenden Vorteile deutlich zeigen. Es wird dieser Weg gewählt, da die Vorteile zum Teil erst an ganz anderer Stelle auftreten. Bei der Herstellung wird ein Zylinderkurbelwellengehäuse insbesondere gegossen. Für das vorzugsweise als Formguß und besonders bevorzugt als Druckgussteil hergestellte Zylinderkurbelwellengehäuse wird als Werkstoff insbesondere ein Graugußwerkstoff oder ein Leichtmetallwerkstoff, wie insbesondere eine Aluminiumlegierung verwendet.

[0007] Das gegossene Zylinderkurbelwellengehäuse und im Falle der Erfindung zumindest im Bereich der Zylinderkopfdichtfläche ein Übermaß aufweisende Zylinderkurbelwellengehäuse weist im Falle von Vierzylindermotoren vier entlang einer Reihe angeordnete Zylinderbohrungen auf. Die Wandungen der Zylinderbohrungen werden mit einer Laufflächen-

schicht versehen. Die Laufflächenschicht wird nach einer Vorbearbeitung der Zylinderbohrungen bzw. des Zylinderkurbelwellengehäuses insbesondere mittels eines thermischen Spritzverfahrens, insbesondere eines Plasma- und/oder Lichtbogenstrahlverfahrens aufgetragen.

[0008] Als Werkstoff werden hier die für derartige Zwecke üblichen thermischen Spritz-Werkstoffe, bevorzugt Fe-haltige Werkstoffe verwendet. Die Schichtdicke der Laufflächenschicht beträgt üblicher Weise mehrere hundert, bevorzugt jedoch mindestens 150 Mikrometer.

[0009] Das gegossene Zylinderkurbelwellengehäuse wird nach dem Guss insbesondere gereinigt und entfettet. Anschließend wird die Oberfläche der Zylinderbohrungen aufgeraut. In bevorzugter Weise wird die Aufrauung mittels eines Fluids vorgenommen, das unter hohem Druck (mehrere hundert bis mehrere 1000 bar) auf die Wandungen aufgestrahlt wird. Hierbei können dem Strahl-Fluid wie im Falle bspw. des Sandstrahlens auch Feststoffpartikel wie Sand oder Korund beigegeben werden. Bei der vorliegenden Anmeldung werden derartige Verfahren vereinfachen nur noch als Strahlverfahren bzw. als Strahlbearbeitung bezeichnet.

[0010] In bevorzugter Weise wird ein partikelfreier Wasserstrahl verwendet, dem insbesondere 1–5 Vol.-% eines flüssigen Reinigungs- und oder eines flüssigen Konservierungsmittel beigegeben sind. Durch den Einsatz des Konservierungsmittels ist die Gefährdung des gestrahlten Zylinderkurbelwellengehäuses und der Einrichtung durch Korrosion zumindest verringert, wobei das Reinigungsmittel einer weiteren respektive besseren Entfernung von Verunreinigungen bzw. Restbeläge, wie insbesondere beim Druckgussgießen eingesetzten Pinolentrennmittel, dient.

[0011] Wird beim Strahlbearbeiten mit einem derartigen Wasserstrahl gearbeitet, muss in günstiger Weise bei einem derart gestrahlten Zylinderkurbelwellengehäuse auf kein aufwendiges Reinigungsverfahren zurückgegriffen werden. Damit ist u.a. eine Verringerung der Gesamtbearbeitungsaufwandes, ein geringerer Platzbedarf für die Maschinen und geringerer Investitionsaufwand verbunden.

[0012] In vorteilhafter Weise kann die zur Aufrauung vorgesehene Strahlbearbeitung nicht nur zum Aufrauen der zu beschichtenden Oberfläche, sondern auch gleichzeitig zum Reinigen und zum Entfetten der Wandungen der verwendet werden. In diesem Fall ist der Einsatz von flüssigem Reinigungsmittel besonders sinnvoll. Hierdurch wird u.a. ein Arbeitsschritt, und damit der Maschinenaufwand reduziert, womit gleichzeitig eine Reduktion hinsichtlich der Bearbeitungszeit und den Stückkosten verbunden ist.

[0013] Da die Härte entlang der axialen Erstreckung der Zylinderbohrung unterschiedlich sein kann, ist es zweckmäßig, die Beaufschlagungszeit der abzutragenden Wandung der Zylinderbohrung derart zu wählen, dass im Falle der geringsten Härte der Wandung der Abtrag plus der dann verbleibende Innendurchmesser maximal dem späteren Endmaß vermindert um den notwendigen minimalen Auftrag der Laufflächenschicht entspricht. Insbesondere hat sich hierbei bei Versuchen ein maximaler Abtrag insbesondere zwischen 0.020–0.140 mm, bevorzugt zwischen 0.004mm–0.06 mm als günstig herausgestellt.

[0014] Im Vorgriff auf das weitere Verfahren sei hierbei insbesondere erwähnt, dass es zur späteren besseren Anbindung der gespritzten Schicht an das Zylinderkurbelwellengehäuse zweckmäßig ist, die Zylinderbohrung – in Richtung der Kurbelwelle gesehen – zumindest geringfügig (einige mm) auch über den Bereich der späteren kurbelwellenseitigen Zylinderlauffläche hinaus auf die beschriebene Weise aufzuraufen und in günstiger Weise auch ebenfalls zu Reinigen, Entfetten und ggf. Abzutragen.

[0015] In überraschender Weise wurde festgestellt, dass es bei der Verwendung eines (Hochdruck-) Strahlverfahrens es günstig ist, dass eine den Strahl führende und auf die Wandung der Zylinderbohrung leitende Lanze derart betrieben wird, dass sie einige Zeit außerhalb der Zylinderbohrung aktiviert wird. Das heißt, dass sie maximal unter dem späteren Arbeitsdruck mit dem Fluid, insbesondere mit Wasser oder einem mit Feststoffpartikeln versehenem Fluid, betrieben wird. Anschließend wird die Lanze dann in die Zylinderbohrung eingeführt, die Wandungen mit dem Strahl bestrichen und in gewünschter Weise bearbeitet.

[0016] Zur Reduktion der Betriebszeiten und damit auch u.a. zur Kostenreduktion ist es natürlich sinnvoll, für die Aufrauung und/oder die Abtragung mittels Strahl und/oder die damit sinnvoller Weise insbesondere durch den Zusatz der Reinigungs- und/oder Konservierungsmittel Reinigung und Entfettung, mehrere Aufrauungslanzen zu verwenden. In überraschender Weise wurde hierbei festgestellt, dass bei dieser Vorgehensweise es günstig ist, dass diese Lanzen derart betrieben werden, dass sie nicht nur – wie im Falle der Verwendung einer einzigen Lanze erwähnt – einige Zeit außerhalb der Zylinderbohrung aktiviert werden, sondern dass die hierbei entweichende Strahlen gegen eine Prallfläche geleitet werden. Die Prallfläche dient hierbei in interessanter Weise der Stabilisierung des Arbeitsstrahls und damit der Reproduzierbarkeit des Arbeitsergebnisse.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausbildung der Prallfläche in der Form eines Hohlzylinders, in dem der Strahlaustritt der Strahl anzuordnen ist, können die

Lanzen in verbesserter Weise schon wie zum Bestreichen der Wandungen der Zylinderbohrungen mit dem Strahl problemlos gedreht werden können. Insbesondere ist eine Beeinträchtigung der beiden Lanzen durch die jeweils andere Lanze verringert. Die die Lanzen konzentrisch umschließenden Prallflächen sind vorzugsweise einem Hartmetall oder Panzerstahl (z.B. insbesondere Einsatzstahl Nr. 1.7131 (16MoCr5)) gefertigt, so dass die abrasive Wirkung der insbesondere aus einer Flachstrahldüse aus den Lanzen geleiteten Strahlen trotz deren extrem hohen Drucks vergleichsweise gering und die Einsatzdauer derartiger Prallflächen sehr hoch ist.

[0018] In die gleiche Richtung zielt auch der Einsatz einer einzigen Druckquelle für die in Einsatz befindlichen Lanzen, da hier dann von gleichen bzw. vergleichbaren Arbeitsergebnissen bei den jeweils bearbeiteten Zylinderbohrung ausgegangen werden kann. Einen besonderen Einfluss hat dies insbesondere bei dem bereits erwähnten Abtrag der Wandung der später zu beschichtenden Zylinderbohrung.

[0019] Werden mehrere Lanzen zur gleichzeitigen Bearbeitung mehrerer Zylinderbohrungen einer Zylinderreihe eingesetzt, werden diese in sinnvoller Weise gleichzeitig nicht in direkt aufeinander folgende Zylinderbohrungen eingeführt, sondern vielmehr ist zumindest ein Zylinder dazwischen frei zu lassen. Hierdurch ist u.a. eine gegenseitige Beeinflussung und Gefährdung der Lanzen, insbesondere durch deren Strahlen verringert. Insbesondere ist auch deren Führung vereinfacht, da der freie Raum zwischen zwei Lanzen vergrößert ist.

[0020] Insbesondere bei Zylinderkurbelwellengehäuse mit einer ungeraden Anzahl von Zylinderbohrungen ist es bei der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Strahl-Lanzen sinnvoll, mindestens eine unabhängig von der anderen axial bewegbar auszugestalten und/oder Sie getrennt voneinander mit dem Strahlfluid, also insbesondere mit Wasser, zu betreiben. Hierdurch kann bspw. eine der Lanzen, wenn Sie in keiner Zylinderbohrung angeordnet ist, abgeschaltet werden und/oder im Bereich der Prallfläche betrieben werden und/oder in einer Ruhestellung verbleiben, während die andere Strahl-Lanze eine der Zylinderbohrungen mit dem Strahl beaufschlagt.

[0021] In bevorzugter Weise erfolgt die Bestückung des Zylinderkurbelwellengehäuses mit einer oder mehreren hohlzylindrischen Prallflächen innerhalb der Strahl-Bearbeitungseinheit und zwar in dem Bereich, in dem auch die Strahl-Lanzen in die Zylinderbohrungen eingeführt werden. Günstiger Weise sind die Prallflächen hierbei an einer Führung angeordnet, mittels der sie auf die Zylinderkopfdichtfläche abge- senkt und ortsdefiniert darauf an- bzw. abgelegt und fixiert werden können. Die Führung einer Prallflächen ist hierzu zweckmäßiger Weise um eine Lanze ange-

ordnet, so daß die Lanze innerhalb der hohlzylindrischen Prallfläche angeordnet und die Prallfläche konzentrisch um die Lanze geführt werden kann.

[0022] Das ggf. auf der Zylinderkopfdichtfläche vorbearbeitete, insbesondere plangefräste, aber immer noch ein Übermaß von bevorzugt zwischen 0.3 und 0.7 mm und besonders bevorzugt zwischen 0.4 und 0.5 mm aufweisende Zylinderkurbelwellengehäuse wird nach der Strahlbearbeitung aus dieser Bearbeitungseinheit entnommen. Die Strahl-Bearbeitungseinheit weist in bevorzugter Weise einen Drehteller mit mindestens zwei Aufnahmen auf, so dass eine gleichzeitige Bestückung der Bearbeitungseinheit im Bereich der Lanzen und eine Entnahme und/oder Bestückung einer Aufnahme ermöglicht ist. Alternativ kann dies auch durch Linearantriebe oder andere derartige gebräuchliche Produktionegerätschaften realisiert werden.

[0023] Nach der Strahlbearbeitung, also zumindest dem Aufrauen der Wandungen der Zylinderbohrungen, wird das Zylinderkurbelwellengehäuse gekippt. Hierzu wird das Zylinderkurbelwellengehäuse um eine Längserstreckungsachse einer Zylinderreihe gedreht, so dass zumindest in einer insbesondere zumindest kurzzeitig bleibenden Drehstellung zwischen der Axialachse einer Zylinderbohrung und der Feldlinie der Gewichtskraft ein spitzer Winkel vorliegt. In bevorzugter Weise wird das Zylinderkurbelwellengehäuse, ausgehend von der durch die nach oben zeigende Zylinderkopfdichtfläche definierte Ausgangslage, um mehr als 90° (120°, 170°) gedreht. Als günstig hat es sich hierbei erwiesen, dass das Zylinderkurbelwellengehäuse möglichst langsam gedreht wird. Insbesondere sollte die Bewegung in diese Kippelage mindestens 5 Sekunden dauern. Vorzugsweise wird für dieses Kippen maximal die von der Taktzeit der Bearbeitungslinie zur Verfügung stellbare Zeit aufgewandt. Zweckmäßiger Weise wird das Zylinderkurbelwellengehäuse sogar einmal vollständig um seine Längserstreckungsachse gedreht. Bei dieser Kippung wird u.a. in einfacher Weise das Strahl-Fluid zumindest zum Teil aus den Zylinderbohrungen und hierbei insbesondere aus gewollten und für die Anbindung der späteren Beschichtung auch gewollten Vertiefungen und/oder Hinterschneidungen, die durch das Aufrauen entstanden sind, entfernt.

[0024] In sinnvoller Weise erfolgt die Kippung des Zylinderkurbelwellengehäuses während der Zeit, in der es von der Entnahme der Strahl-Bearbeitungseinheit in eine Trocken-Bearbeitungseinheit transportiert wird. Während dieser Zeit kann das Zylinderkurbelwellengehäuse in günstiger Weise zusätzlich noch von bevorzugt auf mindestens 50°C und besonders bevorzugt auf mindestens 70 °C erwärmten Druckluft beaufschlagt werden. Durch diese Maßnahme ist die Entfernung des Strahl-Fluid noch weiter verbessert.

[0025] In der Trocken-Bearbeitungseinheit wird das Zylinderkurbelwellengehäuse nach dem Aufrauen erwärmt und die Restfeuchtigkeit zumindest weitgehend, insbesondere vollständig entfernt. Hierzu kann ein normaler Ofen verwendet werden, dessen Innenluft insbesondere ständig umgewälzt und ggf. auch getrocknet wird. Innerhalb des Ofens kann es ferner sinnvoll sein, das Zylinderkurbelwellengehäuse weiter mit heißer Luft anzublase.

[0026] Nach der Trocknung wird das Zylinderkurbelwellengehäuse einer thermische Beschichtungs-Bearbeitungseinheit übergeben, innerhalb der die Zylinderbohren zur Ausbildung der späteren Zylinderlaufflächen beschichtet werden. Die thermische Beschichtungs-Bearbeitungseinheit weist wie schon die Strahl-Bearbeitungseinheit in bevorzugter Weise ebenfalls einen Drehteller mit mindestens zwei Aufnahmen auf, so dass auch hier eine gleichzeitige Bestückung dieser Bearbeitungseinheit im Bereich von Beschichtungs-Lanzen und eine Entnahme und/oder Bestückung einer Aufnahme ermöglicht ist. Alternativ kann dies auch durch Linearantriebe oder andere derartige gebräuchliche Produktionegerätschaften realisiert werden.

[0027] In bevorzugter Weise erfolgt wird das Zylinderkurbelwellengehäuse im Bereich der Beschichtungs-Bearbeitungseinheit mit zumindest einer insbesondere als Rohrstück und damit hohlzylindrisch ausgebildeten Spritzschablone versehen, deren lichte Weite größer als lichte Weite einer Zylinderbohrung ist. Ihre Axiale Länge entspricht in etwa die breite des thermischen Spritzstrahls, d. h. ca. 20 bis 30 mm. Die Bestückung mit der Spritzschablone erfolgt bevorzugt außerhalb demjenigen Bereich der Beschichtungs-Bearbeitungseinheit, in dem eine Beschichtungs-Lanze angeordnet ist. Dadurch kann bei insbesondere bei einer bereits gebrauchten Spritzschablone diese überwacht und bspw. bei zu starker Vorverschmutzung und/oder gering haftend anmutendem Beschichtungswerkstoff ggf. rechtzeitig entfernt werden, ohne dass ein nennenswerter Eingriff in den eigentlichen Produktionsablauf stattfindet. In günstiger Weise wird die Spritzschablone im Bereich der äußeren Aufnahme der Beschichtungseinheit auf der Zylinderkopfdichtfläche ortsdefiniert an- bzw. abgelegt und fixiert. Für eine Zylinderbohrung ist hierbei in besonderer Weise eine einzige rohrförmige Spritzschablone vorgesehen, wobei es möglich ist, mindestens eine einzige aber auch mehrere bis alle Zylinderbohrungen eines Zylinderkurbelwellengehäuses mit einer zugeordneten rohrförmigen und hohlzylindrischen Spritzschablone zu versehen. Hierbei wird insbesondere zwischen der Innenwandung der Spritzschablone und dem Zylinderkurbelwellengehäuse im Bereich der durch die Spritzschablone abgeschirmten Zylinderbohrung ein vorzugsweise durchgehender Kreisring ausgebildet. Dicke des Kreisringes beträgt maximal 1 cm und bevorzugt zwi-

schen 0.3 und 0.7, besonders bevorzugt etwa 0.5 mm.

[0028] Das nunmehr auf der Zylinderkopfdichtfläche bevorzugt mit einer hohlzylindrischen und rohrstückähnlichen Spritzschablone versehene und immer noch ein Übermaß von bevorzugt zwischen 0.3 und 0.7 mm und besonders bevorzugt zwischen 0.4 und 0.5 mm aufweisende Zylinderkurbelwellengehäuse wird in einen inneren Bereich der Beschichtung-Bearbeitungseinheit eingebracht, in dem die Beschichtung der Wandungen der Zylinderbohrungen mittels eines thermischen Spritzverfahrens erfolgen soll. Das ortsdefiniert gehaltete Zylinderkurbelwellengehäuse mit ortsdefiniert darauf angeordneter Spritzschablone wird unter eine Beschichtungs-Lanze transportiert, die insbesondere um ihre Längsachse drehbar ausgestaltet ist.

[0029] Des weiteren kann bei der Verwendung nur einer einzigen hohlzylindrischen Spritzschablone das Zylinderkurbelwellengehäuse ebenfalls um diese Achse drehbar ausgestaltet sein, wobei die Achse dann deckungsgleich zur Achse der zu beschichtenden einzelnen Zylinderbohrung ist. Bei einer derartigen Vorgehensweise ist es von Vorteil, wenn jeweils nur eine einzige Zylinderbohrung einer Zylinderreihe thermisch beschichtet wird.

[0030] Die einzelnen Zylinderbohrungen können hierzu – wie in den anderen Fällen auch – jede für sich oder auch mehrere oder auch alle schon mit jeweils einer einzelnen hohlzylindrischen und rohrähnlichen Spritzschablone, die ihrerseits wieder an einer Grundplatte angeordnet sein können, versehen werden.

[0031] In bevorzugter Weise wird die Beschichtungs-Lanze außerhalb der Zylinderbohrung gestartet, um Einschalteffekte auszuschließen. Hier kann der Spritzstrahl bspw. gegen die Innenoberfläche der Spritzschablone gerichtet werden, um insbesondere eine Verschmutzung der Anlage zu verringern. Nach einer Vorlaufzeit wird die Beschichtungs-Lanze in die Zylinderbohrung eingefahren und nach einem vorgebbaren Arbeitsablauf die Beschichtung in gewünschter Mindeststärke aufgetragen. Bei dem Auftragen der Beschichtung ist es zweckmäßig, durch die Zylinderbohrung ein Gas, vorzugsweise ein Inertgas hindurchzuleiten, das zum Teil Sprühpartikel aus der Bohrung entfernt. Die Strömgeschwindigkeit beträgt hierbei im günstigen Fall zwischen 7 bis 12, vorzugsweise etwa 10 m/s.

[0032] Zur jeweiligen Beschichtung einer Zylinderbohrung kann eine einzige oder mehrere oder alle Zylinderbohrungen mit und ohne separates Ausfahren und Neubestücken mit Spritzschablone

[0033] Die beschriebene Bearbeitungsstation zur

Beschichtung der Zylinderbohrungen mit einer insbesondere thermisch gespritzten und bevorzugt mittels eines Lichtbogendrahtspritzverfahrens (LDS-Verfahren) aufgetragenen Schicht, weist somit eine Strahl- und eine Beschichtungs-Bearbeitungseinheit auf. Sinnvoller Weise ist jeder dieser Einheiten eine Bestückungsstation, die insbesondere gleichzeitig eine Entnahmestation bildet, zugeordnet, so dass für den jeweiligen Arbeitsschritt die Einheiten mit dem Zylinderkurbelwellengehäuse bestückt und dort fertig bearbeitete Zylinderkurbelwellengehäuse entnommen werden können. Der Strahl- und Beschichtungs-Bearbeitungseinheit ist ferner eine Trocken-Bearbeitungseinheit zugeordnet, in der das Zylinderkurbelwellengehäuse nach dem Strahlen erwärmt und das Strahl-Fluid zumindest weitgehend entfernt wird.

[0034] Nach der Beschichtung der Zylinderbohrung wird das Zylinderkurbelwellengehäuse der Beschichtungs-Bearbeitungseinheit entnommen und der weiteren, insbesondere spanabhebenden Bearbeitung übergeben. Hierbei wird die gespritzte Z, also die Zylinderlaufbahn vorzugsweise Zylinderbohrung vorgehont, im Bereich der Zylinderkopfdichtfläche eine Fase eingebracht, die Zylinderkopfdichtfläche vorzugsweise mittels Wendeschneidplatten auf Endmaß gerast und die Zylinderlaufbahnen in einem oder mehreren Schritten auf ihr Endmaß endgehont. Bis auf das Vor- und Endhonen, die zumindest zeitlich nacheinander erfolgen müssen, können diese spannenden Arbeitsschritte prinzipiell in beliebiger Reihenfolge vorgenommen werden.

[0035] In sinnvoller Weise wird die Fase aber insbesondere nach dem Vorhonen eingebracht, da dann die fertige Zylinderlauffläche nicht mehr oder nur geringfügig verschmutzt wird. Ebenso gilt dieses für die Endmaßfräsen der Zylinderkopfdichtfläche. In sinnvoller Weise wird die Fase hinsichtlich ihrer Steigung und ihrer Einbringtiefe so ausgebildet, dass am späteren Übergang der Fase zu der auf Endmaß bearbeiteten Zylinderkopfdichtfläche keinen gespritzten Werkstoff, sondern nur gegossenen Werkstoff aufweist. Daher ist es zweckmäßig, dass die Fase nach dem Vorhonen und vor der Endbearbeitung der Zylinderkopfdichtfläche und der Zylinderlaufbahn vorgenommen wird. Durch diese Abfolge wird die fertige Zylinderlauffläche nicht mehr oder nur geringfügig verschmutzt und des weiteren ist die Anbringung des gespritzten Werkstoff verbessert, da er durch das Planfräsen der Zylinderkopfdichtfläche auf Endmaß nicht mehr bspw. durch ein Abheben mittels einer Schneidkante, gefährdet ist. Bei allen den genannten und nachfolgend noch erwähnten Eingriffen ist es ferner sinnvoll, dass die Schneidkanten der jeweiligen spanabhebenden Werkzeuge von außen, d.h. in etwa parallel zur Flächenorthogonalen, in den abzutragenden Werkstoff eingreifen. Hierdurch wird insbesondere ein Ablösen eines Werkstoffes durch ein Untergreifen der Schneidkante und anschließendes

Abhebendurch die Schneidkante zumindest verringert, wenn nicht sogar unterbunden ist.

[0036] Zum Einbringen der Einführfase wird bevorzugt ein kardanisch gelagerter Konus (Senkbohrere, Fräser oder dgl.) verwendet, an dessen einbringseitiger Stirnseite ein Führungszapfen angeordnet ist, dessen äußerer effektiver Durchmesser derart gewählt ist, dass er hinsichtlich der Bearbeitungstoleranzen maximal der geringsten lichten Weite der beschichteten Zylinderbohrung entspricht.

[0037] Insbesondere ist der Führungszapfen als Honaale ausgebildet, deren Schneidkanten insbesondere auf das Endmaß der Zylinderlaufflächen abgestimmt sind. Vorzugsweise weist die Honaale radial bewegliche und in Ruhe und Arbeitsstellung arretierbare Schneiden auf. Dadurch kann die Einbringung der Fase und das Honen in einem Arbeitsgang und innerhalb einer Bearbeitungsstation erfolgen.

[0038] Günstiger Weise wird der Führungszapfen im Bereich der späteren Einführfase geneigt zur Längsachse der Zylinderbohrung an diese angelegt und dadurch ausgerichtet. Nach dem insbesondere schwimmenden und/oder vibrierenden und/oder rüttelnden Ausrichten wird der Führungszapfen parallel, insbesondere deckungsgleich zur Längsachse der Zylinderbohrung axial ausgerichtet. Nach bzw. während der axialen Ausrichtung des Einführzapfens wird dieser gleichzeitig zumindest teilweise in die Zylinderbohrung eingesenkt.

[0039] Wie im Bereich der Zylinderkopfdichtfläche ist es u.a. zur Verbesserung der Haftung des gespritzten Werkstoffes sinnvoll, die beschichtete Zylinderbohrung des Zylinderkurbelwellengehäuses im Bereich der kurbelwellenseitigen Austrittsseite mit einer Endfase zu versehen. Die Endfase wird derart ausgebildet, dass am Übergang der Endfase zum Kurbelwellenraum kein Beschichtungsmaterial, sondern nur der Guss- bzw. Basiswerkstoff vorliegt. Nach der Einbringung der Endfase wird vom kurbelwellenseitigen Teil des Zylinderkurbelwellengehäuses; d.h. aus dem Kurbelwellenraum zumindest teilweise Beschichtungswerkstoff entfernt, der sich dort insbesondere beim thermischen Spritzen niedergeschlagen hat. Die Entfernung des Beschichtungswerkstoffes erfolgt insbesondere mittels eines Strahls, bevorzugt eines mit Feststoffpartikeln versetzten Flüssigkeitsstrahls und/oder eines Wasserstrahls, der mit einem Druck zwischen 300 und 1000 bar, bevorzugt zwischen 300 und 600 bar betrieben wird. Dem Strahl sind insbesondere zwischen 1 bis 5 Vol.-% Reinigungsmittel und/oder Konservierungsmittel beigegeben. Als Strahl-Fluid zur Reinigung des Kurbelwellenraums kann also das gleiche Fluid verwendet werden, das bereits bei der Aufrauung eingesetzt wird. Der Unterschied ist aber, dass hier mit einem wesentlich geringeren Druck gearbeitet wird. Der nach die-

ser Druckstrahl-Reinigung an den Wänden des Kurbelwellenraums nach anhaftende Werkstoff kann dort verbleibende, da er, wie es sich im Versuch erwiesen hat, sich selbst bei höchsten Beanspruchungen nicht ablöst. Auch hier ist es zur Vermeidung unnötiger Verschmutzungen der Zylinderlauffläche sinnvoll, dass die Zylinderbohrung erst nach der Einbringung der Endfase auf Endmaß abgetragen wird. Ferner wird das Endmaßbearbeiten der Zylinderbohrung sinnvoller Weise auch erst nach der Endbearbeitung des Kurbelwellenraums vorgenommen.

[0040] Zum Einbringen der Endfase kann in gleicher Weise wie beim Einbringen der Einführfase ein Zirkularfräser verwendet werden. An der einbringseitiger Stirnseite dieses Zirkularfräses ist in zweckmäßiger Weise ein Führungszapfen angeordnet ist, dessen äußerer effektiver Durchmesser derart gewählt ist, dass er hinsichtlich der Bearbeitungstoleranzen maximal der geringsten lichten Weite der beschichteten Zylinderbohrung entspricht. Die weiteren Ausbildung und günstige Vorgehensweisen können dem bereits beschriebenen entnommen werden.

[0041] Alternativ hierzu kann zum Einbringen der Endfase kann in gleicher Weise wie beim Einbringen der Einführfase ein kardanisch gelagerter Konus verwendet werden. An der einbringseitiger Stirnseite dieses Konus ist in zweckmäßiger Weise ein Führungszapfen angeordnet ist, dessen äußerer effektiver Durchmesser derart gewählt ist, dass er hinsichtlich der Bearbeitungstoleranzen maximal der geringsten lichten Weite der beschichteten Zylinderbohrung entspricht. Die weiteren Ausbildung und günstige Vorgehensweisen können dem bereits beschriebenen entnommen werden.

[0042] Wie bereits erwähnt ist es zweckmäßig darauf zu achten, dass einer spanabhebenden Bearbeitung der Einführfase und/oder der Endfase und/oder der Zylinderkopfdichtfläche und/oder des Kurbelwellenraums und/oder der Zylinderbohrung das jeweils spanabhebende Werkzeug derart geführt wird, dass die jeweiligen Schneidkanten von außen ins abzutragende Schichtmaterial eindringen.

[0043] Bei der Reinigung/Abtragung des Kurbelwellenraums von Beschichtungswerkstoff ist es sinnvoll, den Zylinder gegenüber dem p abzudecken. In besonderer Weise wird hierzu ein Stempel in den Zylinder eingeführt oder gegen die Endfase gefahren. Vorzugsweise legt sich der Stempel umfangs- und/oder stirnseitig dichtend an die Endfase an, an der er vorzugsweise unter zu Hilfenahme einer Dichtung dichtend abschließt.

[0044] Bei Motoren, deren Zylinder in mehreren Reihen angeordnet sind (bspw. V- oder W-Motoren), ist es zur Vermeidung von Eintrag von Spritzwerkstoff sinnvoll, die einzelnen Reihen im Bereich des Kurbel-

wellenraums durch Einbringung einer Abschirmschablone zumindest beim thermischen Beschichten voneinander abzuschirmen. Hierzu weist die Abschirmschablone vorzugsweise eine zwischen zwei Blechen angeordnete Elastomerschicht auf, die im Bereich zwischen zwei Reihen gegen die Wandungen insbesondere des Kurbelwellenraums anlegbar ist. Sinnvoller Weise weisen hierbei sowohl die Bleche als auch die Elastomerschicht eine gegenüber der anzulegenden Kontur negative Form auf. Vorzugsweise weisen die Bleche bei der Anlage der Abschirmschablone einen Abstand von der Wandung auf, wogegen das Dichtelastomer der Elastomerschicht an der Wandung anliegt.

Ausführungsbeispiel

[0045] Weitere sinnvolle Ausgestaltungen der Erfindung sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen. Im übrigen wird die Erfindung anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

[0046] [Fig. 1](#): ein Ablaufschemata des Gesamtprozesse,

[0047] [Fig. 2](#): eine Schema einer mögliche Bearbeitungsstation von zumindest der Aufräumung bis zur Beschichtung,

[0048] [Fig. 3–Fig. 9](#): verschiedene Ablaufschemata beim spanabhebenden Fertigbearbeiten eines beschichteten Zylinderkurbelwellengehäuses,

[0049] [Fig. 10](#): ein Zylinderkurbelwellengehäuse mit im Bereich seiner Zylinderkopfdichtfläche aufgelegten Prallflächen,

[0050] [Fig. 11](#): ein Zylinderkurbelwellengehäuse mit im Bereich seiner Zylinderkopfdichtfläche aufgelegter Spritzschablone,

[0051] [Fig. 12](#): einen Konus zum Einbringen einer Fase,

[0052] [Fig. 13](#): eine Zylinderkopfdichtfläche beim spanabhebenden Bearbeiten,

[0053] [Fig. 14](#): eine Zylinderbohrung direkt nach dem Beschichten,

[0054] [Fig. 15](#): eine gespritzte Zylinderbohrung mit Einführfase sowie Zylinderkopfdichtfläche mit Übermaß,

[0055] [Fig. 16](#): eine gespritzte Zylinderbohrung mit Einführfase sowie Zylinderkopfdichtfläche auf Endmaß,

[0056] [Fig. 17](#): einen Schnitt durch eine beschichte-

te Zylinderbohrung eines Zylinderkurbelwellengehäuses mit angrenzendem Kurbelwellenraum,

[0057] [Fig. 18](#): eine beschichtete Zylinderbohrung im Bereich Ihrer Endfase mit angeordnetem Dichtstempel,

[0058] [Fig. 19](#): eine Abschirmschablone für V-Motoren und

[0059] [Fig. 20](#): die Anlage der Abschirmschablone im Bereich des Kurbelwellenraum zwischen zwei Zylinderreihen eines V-Motors.

[0060] In [Fig. 1](#) ist ein prinzipieller Ablauf eines Verfahrens zur Herstellung von Zylinderkurbelwellengehäusen mit thermisch gespritzten Zylinderlaufbahnen dargestellt. Gemäß diesem Schema wird in einer ersten Bearbeitungsstation **1** der Rohling des Zylinderkurbelwellengehäuses **8** gegossen und ggf. in einer hier nicht dargestellten Bearbeitungseinheit dieser Bearbeitungsstation noch vorbearbeitet. Die Vorbearbeitung kann hierbei insbesondere die Entfernung von Schlacke, Gussresten und auch insbesondere ein Planfräsen der Zylinderkopfdichtfläche **14** auf Übermaß beinhalten.

[0061] Nach dieser ersten Bearbeitungsstation **1** wird das Zylinderkurbelwellengehäuse **8** einer zweiten Bearbeitungsstation **2** übergeben, in es bspw. gereinigt, entfettet, die Wandungen der Zylinderbohrungen **10** bereichsweise abgetragen und aufgeraut werden. Hierzu kann die zweite Bearbeitungsstation **2** für jeden dieser Arbeitsschritte eine einzelne Bearbeitungseinheit oder aber auch Bearbeitungseinheiten aufweisen, die mehrere Arbeitsschritte vornehmen oder sich gegenseitig ergänzen. Insbesondere sei hierzu nochmals auf die schon erwähnte mehrfache Wirkung bspw. eines mit insbesondere flüssigen oder im Wasser gelösten Korrosionsschutz- und/oder Reinigungsmitteln versetzten Wasserstrahls unter hohem Druck verwiesen, der gleichzeitig reinigend, entfettend, abtragend und aufräumend wirkt.

[0062] Nach dieser Vorbehandlung wird das vorbehandelte Zylinderkurbelwellengehäuse **8** einer dritten Bearbeitungsstation **3** übergeben, in der die Zylinderbohrungen **10** und bevorzugt über deren axiale Enden auch noch bereichsweise die Zylinderkopfdichtfläche **14** und der Kurbelwellenraum **55** die in der bekannten Weise insbesondere thermisch beschichtet wird.

[0063] Nach der Beschichtung der Zylinderbohrungen **10** wird das mit den gespritzten Zylinderlaufbahnen versehene Zylinderkurbelwellengehäuse einer vierten Bearbeitungsstation **4** übergeben, in der es insbesondere spanabhebend auf seine Endmaße bearbeitet wird. In dieser vierten Bearbeitungsstation **4**

oder an diese sich anschließend kann noch der Kurbelwellenraum **55** mittels der bereits erwähnten Hochdruckreinigung von vergleichsweise lockeren Spritzrückständen des thermischen Beschichtens befreit werden.

[0064] [Fig. 2](#) zeigt eine genauere Darstellung, bei der Bearbeitungseinheiten der zweiten **2** und der dritten Bearbeitungsstation **3** zusammengefasst sind. Die Ausgestaltung gemäß [Fig. 2](#) umfasst eine Strahl-Bearbeitungseinheit mit Strahlbearbeitungskammer **21** und zugehörigem Drehtisch **22**, eine Trocken-Bearbeitungseinheit **6**, eine Druckluft-Einheit **7**, einen mehrachsigen Industrieroboter **5** zur Bestückung- und Entnahme der verschiedenen Bearbeitungseinheiten und eine Beschichtungs-Bearbeitungseinheit mit Beschichtungskammer **31** sowie dazugehörigem Drehtisch **32**. Die Drehtische **22** und **32** weisen jeweils zumindest zwei Aufnahmen **23**, **24** und **33**, **34** auf, auf denen ein Zylinderkurbelwellengehäuse **8** abgelegt bzw. von denen es entnommen werden kann.

[0065] In der Strahlkammer **21** werden die Zylinderbohrungen **10**, die zuvor mit Prallflächen **11** für den aus den Düsen der Strahl-Lanzen ausgestoßenen Fluidstrahl versehen wurden, in der erwähnten Weise vorbereitet, also insbesondere gereinigt, entfettet, abgetragen und aufgeraut. Anschließend werden sie mittels des Drehtellers **22** aus der Strahlkammer **21** herausgefahren, wobei gleichzeitig das nächste Zylinderkurbelwellengehäuse **8** in die Strahlkammer **21** eingebracht wird. Das vorbehandelte Zylinderkurbelwellengehäuse **8** wird mittels des Industrieroboters **5** zur Trocken-Bearbeitungseinheit **6** transportiert, wobei es sinnvoller Weise um eine eigene Längsachse langsam gedreht und mittels der Druckluft-Einheit **7** mit erwärmter bzw. erhitzter Druckluft beaufschlagt wird. Zuvor wurden noch die hohlzylindrischen rohrstückähnlichen Prallflächen **11** von der Zylinderkopfdichtfläche **14** des Zylinderkurbelwellengehäuses **8** entfernt.

[0066] Das Drehen des Zylinderkurbelwellengehäuses **8** und die Druckluftbeaufschlagung dienen in vorteilhafter Weise insbesondere der zumindest teilweisen Entfernung des Strahl-Fluids und hierbei bevorzugt aus den Vertiefungen und Hinterschneidungen der aufgerauten Wandungen der Zylinderbohrungen **10**. Noch verbleibendes Strahl-Fluid wird in der Trocken-Bearbeitungseinheit **6** entfernt. Das getrocknete Zylinderkurbelwellengehäuse **8** wird auf einer freien Aufnahme **34** des Drehtisches **32** der Beschichtungs-Bearbeitungseinheit abgelegt, mit Spritzschablonen **12** versehen und in die Beschichtungskammer **31** eingebracht und dort in der bekannten Weise beschichtet.

[0067] In den [Fig. 3](#) bis [Fig. 9](#) sind verschiedene Ablaufschemata beim spanabhebenden Fertigbear-

beiten des beschichteten Zylinderkurbelwellengehäuses dargestellt.

[0068] Gemäß [Fig. 3](#) wird an den Bohrungen des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuse **8** zuerst die Einführfase **54** angebracht (**410**), anschließend die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**) und dann die Zylinderbohrung **10** in einem oder mehreren Schritten endbearbeitet (**430**). Hierbei ist es günstig, dass die fertigen Zylinderlaufflächen **53** zumindest nicht mehr nennenswert gereinigt werden müssen.

[0069] Gemäß [Fig. 4](#) wird an den Bohrungen des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuse **8** zuerst die Einführfase **54** angebracht (**410**), anschließend die Zylinderbohrungen **10** in einem oder mehreren Schritten endbearbeitet (**430**) und dann die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**). In diesem Fall müssen die fertigen Zylinderlaufflächen **53** noch endgereinigt werden.

[0070] Gemäß [Fig. 5](#) werden zuerst die Zylinderbohrungen **10** in einem oder mehreren Schritten endbearbeitet (**430**), anschließend wird an den Bohrungen **10** des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuses **8** zuerst die Einführfase **54** angebracht (**410**) und dann die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**). In diesem Fall müssen die fertigen Zylinderlaufflächen **53** ebenfalls noch endgereinigt werden.

[0071] Gemäß [Fig. 6](#) wird zuerst an den Bohrungen **10** des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuses **8** zuerst die Einführfase **54** angebracht (**410**), anschließend werden die Zylinderbohrungen **10** vorbearbeitet (**431**), dann die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**) und dann die Zylinderbohrungen **10** endbearbeitet (**432**). In diesem Fall müssen die fertigen Zylinderlaufflächen **53** zumindest nicht mehr nennenswert gereinigt werden.

[0072] Gemäß [Fig. 7](#) wird zuerst an den Bohrungen **10** des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuses **8** zuerst die Einführfase **54** angebracht (**410**), anschließend werden die Zylinderbohrungen **10** vorbearbeitet (**431**), dann die Zylinderbohrungen **10** endbearbeitet (**432**) und dann die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**). In diesem Fall müssen die fertigen Zylinderlaufflächen **53** ebenfalls noch endgereinigt werden.

[0073] Gemäß [Fig. 8](#) werden zuerst die Zylinderbohrungen **10** vorbearbeitet (**431**), dann an den Bohrungen **10** des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuses **8** die Einführfase **54** angebracht (**410**), anschließend wird dann die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**) und dann die Zylinderbohrungen **10** endbearbeitet (**432**). In diesem Fall müssen die fertigen Zylinderlaufflächen **53** zumindest nicht mehr nennenswert gereinigt werden.

[0074] Gemäß [Fig. 9](#) werden zuerst die Zylinderbohrungen **10** vorbearbeitet (**431**), anschließend wird zuerst an den Bohrungen **10** des gespritzten Zylinderkurbelwellengehäuses **8** zuerst die Einführfase **54** angebracht (**410**), dann die Zylinderbohrungen **10** endbearbeitet (**432**) und dann die Zylinderkopfdichtfläche **14** endbearbeitet (**420**). In diesem Fall müssen die fertigen Zylinderlaufflächen **53** ebenfalls noch endgereinigt werden.

[0075] In allen der in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 9](#) dargestellten Abläufe sind die schon genannten Arbeitsschritte bzgl. Die Einbringung der kurbelwellenseitigen Endfase **56** der Zylinderbohrungen **10**, bevorzugt in einfacher Weise mittels eines konisch ausgebildeten Senkkopf- bzw. Zirkularfräasers, und der Endbearbeitung des Kurbelwellenraumes **55** möglich. Insbesondere ist es günstig die Fertigbearbeitung des Kurbelwellenraumes **55** vor der Fertigbearbeitung der Zylinderlaufflächen **53**, bzw. bei abgeschirmter Zylinderbohrung **10** auch nach der Fertigbearbeitung der Zylinderlaufflächen **53** vorzunehmen.

[0076] In [Fig. 10](#) ist ein Ausschnitt eines Zylinderkurbelwellengehäuses **8** eines vierzylindrigen Reihenmotors dargestellt, auf dessen Zylinderkopfdichtfläche **14** eine Basisplatte **9** mit zwei darauf angeordneten Prallflächen **11** angeordnet ist. Die Basisplatte **9** verdeckt hierbei von links zählend die zweite und die vierte Zylinderbohrungen **10**, während die daran befestigten Prallflächen **11**, die rohrstückähnlich und hohlzylindrisch ausgebildet sind, über der ersten und dritten Zylinderbohrung **10** angeordnet werden. Durch die hohlzylindrische Ausbildung der Prallflächen **11** können Strahl-Lanzen durch sie hindurch in die entsprechenden Zylinderbohrungen **10** eingeführt werden. Durch die rohrstückähnlich Ausbildung der Prallflächen **11**, d.h. die Axialerstreckung der Prallflächen ist zumindest so groß wie die Öffnungsweite des auftreffenden Strahls an dieser Stelle, können diese in bevorzugter Weise auch ohne Basisplatte **9** auf der Zylinderkopfdichtfläche **14** angelegt werden, wobei die momentan nicht zu bearbeitenden Zylinderbohrungen **10** immer noch abgeschirmt sind. Des Weiteren sind in diesem Fall die beiden Strahl-Lanzen auch vor ihrem gegenseitigen Fluidstrahl geschützt, da die Prallflächen **11** diese am Ausbreiten hindern.

[0077] In [Fig. 11](#) ist ein Ausschnitt eines Zylinderkurbelwellengehäuses **8** eines Reihenmotors dargestellt, auf dessen Zylinderkopfdichtfläche **14** eine Spritzschablone **12** angeordnet ist. Die Spritzschablone **12**, die konzentrisch zur Zylinderbohrung **10** auf der Zylinderkopfdichtfläche **14** angeordnet und fixiert ist, weist eine gegenüber der lichten Weite der Zylinderbohrung **10** größere Öffnungsweite auf. Dadurch bleibt von der Zylinderkopfdichtfläche **14** zwischen der Zylinderbohrung **10** und der Spritzschablone **12** eine Kreisring **13** unbedeckt. Die axiale Erstreckung der Spritz-Schablone **12** ist hierbei größer wie die

Öffnungsweite eines hierauf gespritzten und zuvor auf- und/oder außenseitig angeschmolzenen Werkstoffstrahls, so dass bei der Verwendung derartiger Spritzschablonen **12** die momentan nicht zu beschichtenden Zylinderbohrungen **10** sowie die außenseitigen Bereiche der Zylinderkopfdichtfläche **14** vor dem Werkstoffstrahl einer Beschichtungslanze zumindest weitgehend abgeschirmt und dadurch geschützt sind.

[0078] In [Fig. 12](#) ein Werkzeug zum Einbringen einer Fase, insbesondere einer Einführ- **54** oder Endfase **56** bei einer Zylinderbohrung **10** mit gespritzter Zylinderlauffläche **53**, dargestellt, wobei die Fase einen Winkel mit der Zylinderachse **19** zwischen 5 und 15° einschließt. Das Werkzeug weist einen Konus **15** auf, mit dem die Fase, insbesondere die Einführfase **54**, eingesenkt werden kann. Zur Ausrichtung des Konus **15** ist an dessen einführseitiger Stirnseite ein Einfuhrzapfen **16** angeordnet. Der Konus **15** und der Einfuhrzapfen **16** weisen an ihren eingriffseitigen Außenumfängen Schneidekanten **17** auf, die zum spannenden Eingriff vorgesehen sind. Im wesentlichen bearbeiten die Schneidekanten **17** des Einfuhrzapfens **16** die Beschichtung **18**, während die Schneidekanten **17** des Konus die Beschichtung **18** und später das Basismaterial des Zylinderkurbelwellengehäuses **8** bearbeiten. Zum Ausrichten des kardanisch gelagerten Konus **15** wird, wie dargestellt, der Einfuhrzapfen **16** schräg an den oberen Rand der Zylinderbohrung **10** angelegt, und unter ständiger leichter rüttelnder bzw. vibrierender Bewegung langsam in Richtung der Zylinderachse **19** aufgerichtet. Hierbei senkt sich der Einfuhrzapfen **16** in die Zylinderbohrung **10** ein wobei der Konus **15** gleich dazu ausgerichtet wird. Ist der Konus **15** ausgerichtet und der Einfuhrzapfen **16** zumindest weitgehend deckungsgleich zur Zylinderbohrungsachse **19** wird das Werkzeug betätigt, womit die Beschichtung **18** und die Einführfase **54** spanabhebend bearbeitet wird. In bevorzugter Ausbildung sind die Schneidekanten **17** des Einfuhrzapfens **16** radial verstellbar angeordnet, so dass sie erst nach der Erfolgenten Ausrichtung in ihre spanabhebend wirkende radiale Endstellung ausgefahren werden und dann zum Eingriff gelangen.

[0079] In [Fig. 13](#) ist die Bearbeitung der Zylinderkopfdichtfläche **14** dargestellt. Gemäß der Darstellung wird hier die Zylinderkopfdichtfläche **14** plangefräst. Hierbei wird der Fräskopf **50** rechtsdrehend betrieben, wodurch die die Fräserzähne **52** sich von außen in den Werkstoff bewegen.

[0080] In [Fig. 14](#) ist eine Zylinderbohrung **10** direkt nach dem Beschichten dargestellt. Auf der Zylinderkopfdichtfläche **14** befindet sich noch die Spritz-Schablone **12**. Der zwischen der Spritz-Schablone **12** und der oberen Zylinderbohrungsöffnung angeordnete Kreisring **13** ist mit einer auswurfähnlichen Randbeschichtung **51** aus Beschichtungswerk-

stoff belegt. Die Wandungen der Zylinderbohrung 10 sind vollständig mit der Beschichtung 18 aus Beschichtungs-Werkstoff beaufschlagt.

[0081] Wie in [Fig. 15](#) dargestellt wird in die obere Zylinderbohrung 10 und ihre Beschichtung 18 eine Einführfase 54 eingebracht, insbesondere eingefräst. Nach der Einbringung kann die Zylinderkopfdichtfläche 14 immer noch Teile der Randbeschichtung 51 aufweisen. Durch die Ausbildung der Einführfase weist jedoch die Beschichtung 18 keinen direkten Kontakt mehr mit der Zylinderkopfdichtfläche 14 auf. Vielmehr befindet sich am Übergang zur Zylinderkopfdichtfläche 14 nur noch der Guss-, also das Basiswerkstoff des Zylinderkurbelwellengehäuses 8.

[0082] Als nächstes wird, wie in [Fig. 16](#) dargestellt, das Übermaß der Zylinderkopfdichtfläche 14 abgetragen, wodurch u.a. auch auf einfache Weise die Randbeschichtung 51 entfernt wird. Die Einbringtiefe und der Anstellwinkel des die Einführfase 54 ausbilden den Konus 15 ist derart gewählt, dass auch nach der Entfernung des Übermaßes die Beschichtung 18 keinen direkten Kontakt mehr mit der Zylinderkopfdichtfläche 14 aufweist. Dadurch ist insbesondere beim Planfräsen der Zylinderkopfdichtfläche 14 gewährleistet, dass die Beschichtung hierdurch nicht gefährdet ist. Insbesondere erfolgt im Bereich des Überganges zur Wandung der Zylinderbohrung 10 keine Schwächung der Anbindung, wie es bspw. durch ein Anheben oder mikroskopisches Absplittern der Beschichtung 18 aufgrund des Eingriffs einer Schneidekante 17 und insbesondere eines Fräserzahn 52 vorkommt.

[0083] In [Fig. 17](#) ist dieser Sachverhalt anhand der unteren Fase der Zylinderbohrung 10, nämlich der Endfase 56 dargestellt. Auch hier liegt nach Einbringung der Endfase 56 am Übergang des noch nicht fertigbearbeiteten sowie des fertigbearbeiteten und die fertigen Zylinderlaufflächen 53 aufweisenden Zylinders in den Kurbelwellenraum 55 keine Beschichtung 18 mehr vor.

[0084] In [Fig. 18](#) ist ein Dichtstempel 57 dargestellt, der von unten her, d.h. aus Richtung des Kurbelwellenraums 55 in den Zylinder eingezogen worden ist. Der Dichtstempel 57 weist einzugsseitig einen Schaft auf, dessen Außendurchmesser geringer als die lichte Weite der beschichteten Zylinderbohrung 10 ist. An seinem unteren Stirnbereich weist der Dichtstempel 57 eine umlaufen Nut auf, in der ein Dichtelastomer, insbesondere ein Dichtring 58, angeordnet ist. Unterhalb dieser Nut ist der Außendurchmesser des Dichtstempels 57 größer als die lichte Weite der beschichteten Zylinderbohrung 10, weshalb sich der Dichtring 58 an die Endfase 56 dichtend anlegt. Durch diese Maßnahme kann u.a. der Kurbelwellenraum 55 bearbeitet, vorzugsweise mittels vorzugsweise mit Konservierungs- und/oder Reinigungsmittel

versetztem Wasserstrahl hochdruckgereinigt und/oder geräumt werden. Ferner ist auch eine spanabhebende Bearbeitung möglich. Dies ist insbesondere bei bereits fertig bearbeiteten Zylinderlaufflächen 53 von besonderem Vorteil.

[0085] Bei der Beschichtung von Zylinderbohrungen 10 mehrreihiger Motoren, vorzugsweise V- und/oder W-Motoren, kommt es immer wieder zu störenden Materialabscheidungen bei Zylinderbohrungen 10, die zu einer parallelen Zylinderreihe wie die momentan bearbeitete gehören. Hier ist es sinnvoll kurbelwellenseitig zwischen den beiden Zylinderreihen (siehe [Fig. 20](#)) eine Abschirmschablone 59 anzuordnen, wie sie bspw. in [Fig. 19](#) dargestellt ist.

[0086] Die Abschirmschablone 59 weist zwei außenliegende Stabilisierungsbleche 60 und eine dazwischen parallel angeordnete Dichtlippe 61 aus vorzugsweise elastomerem Material auf. Die Abschirmschablone 59 ist hierbei so geformt, dass sie in etwa dem Negativ derjenigen Fläche entspricht, an der sie zwischen die beiden Zylinderreihen angelegt wird. Vorteilhafter Weise ist die Erstreckung der Bleche 60 in Richtung der Anlagefläche geringer als diejenige der Dichtlippe 61, so dass eine gute Anlage ermöglicht ist.

[0087] In besondere Weise ist die Abschirmschablone 59 anlageseitig gezahnt ausgebildet. Dadurch kann der Zahnboden 63 im Bereich der Ausgleichgewichte der Kurbelwelle und die Zähne im Bereich der Kurbelwellenlagerung angelegt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum spanabhebenden Bearbeiten von thermisch gespritzten Zylinderlaufbahnen eines Zylinderkurbelwellengehäuses, bei welchem Verfahren ein Zylinderkurbelwellengehäuse gegossen wird, die thermisch zu beschichtenden Oberflächen der späteren Zylinderlaufbahnen aufgeraut wird, die Zylinderlaufbahnen durch ein thermisches Spritzenverfahren beschichtet werden und die Zylinderlaufbahnen auf Endmaß nachbearbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitung einer Einführfase und/oder einer Endfase und/oder der Zylinderkopfdichtfläche und/oder des Kurbelwellenraums und/oder einer Zylinderbohrung spanabhebend vorgenommen wird, wobei das jeweilige spanabhebende Werkzeug derart geführt wird, dass die jeweiligen Schneiden von außen ins abzutragende Material eindringen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung der Einführfase und/oder der Endfase und/oder der Zylinderkopfdichtfläche und/oder des Kurbelwellenraums und/oder der Zylinderbohrung spanabhebend vorgenommen wird, wobei das spanabhebende Werkzeug

derart im Zylinder rotiert wird, dass die Rotationsrichtung um seine eigene Achse die Rotationsrichtung des rotierenden Werkzeugs entlang des Zylinderauslaufs entspricht.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

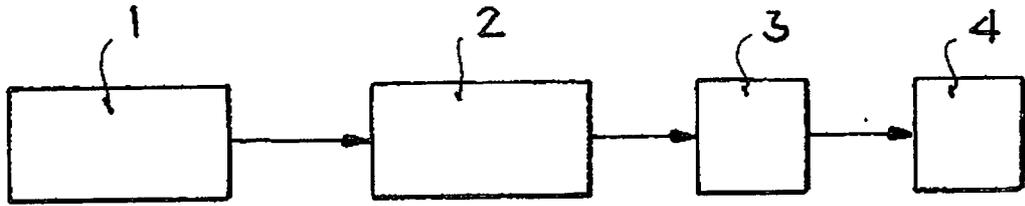


FIG. 1

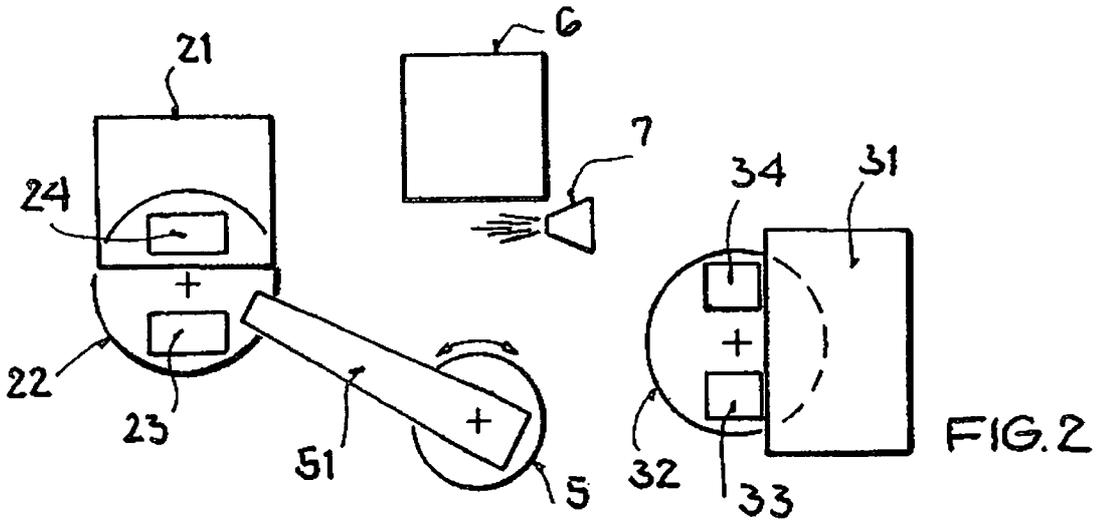


FIG. 2

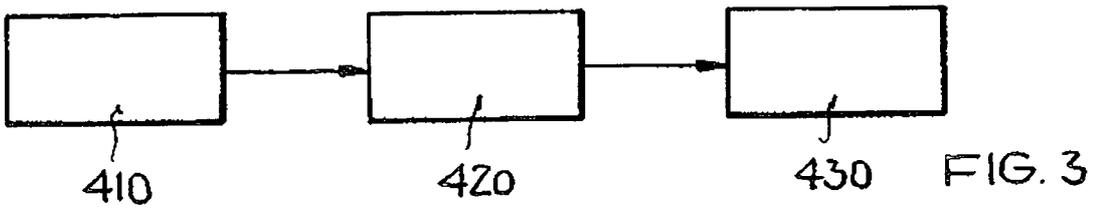


FIG. 3

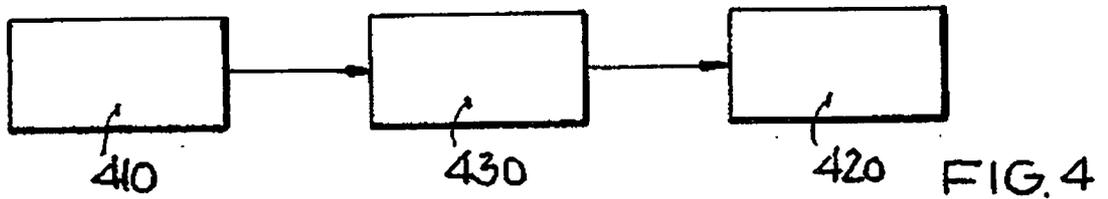


FIG. 4

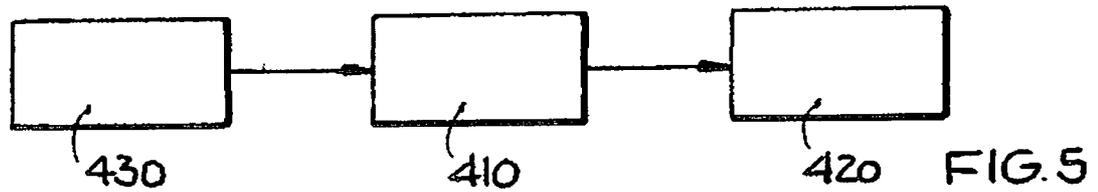


FIG. 5

FIG. 6

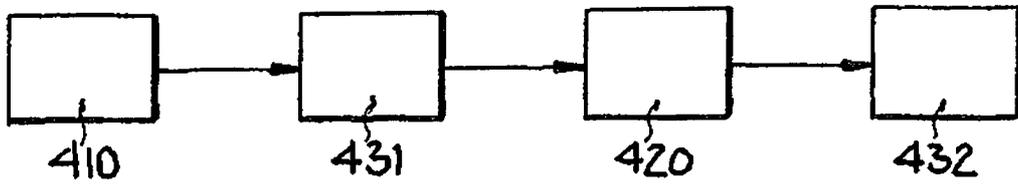


FIG. 7

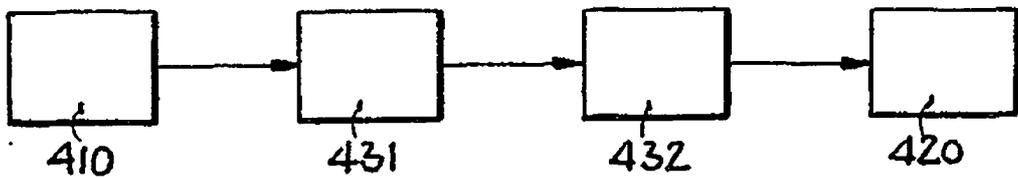


FIG. 8

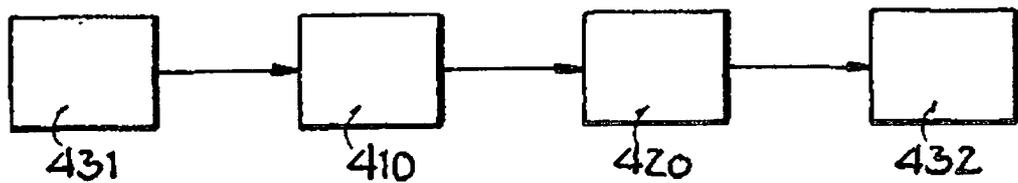


FIG. 9

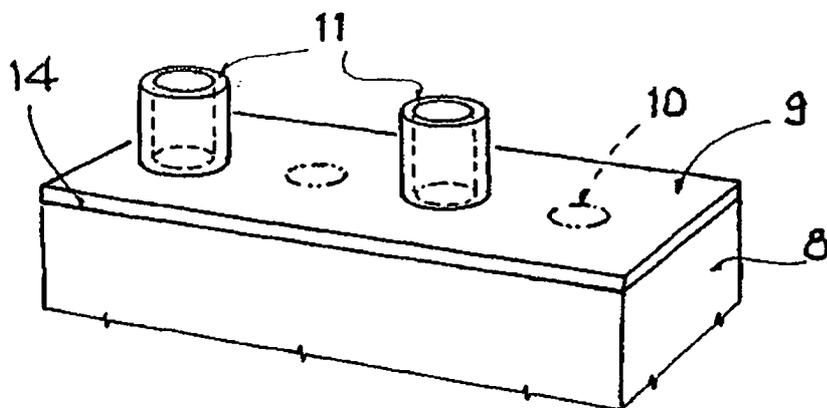
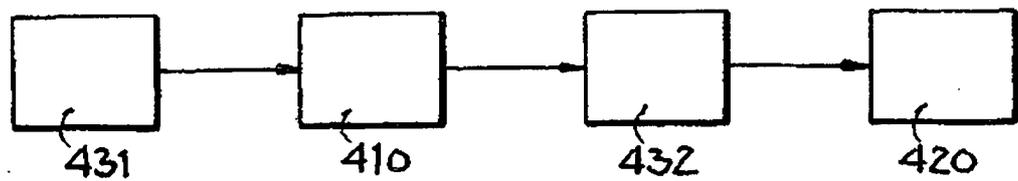


FIG. 10

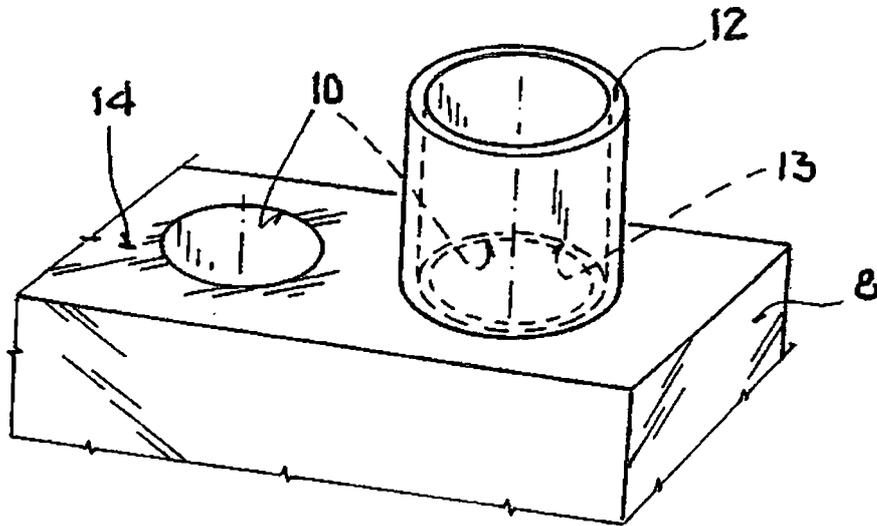


FIG. 11

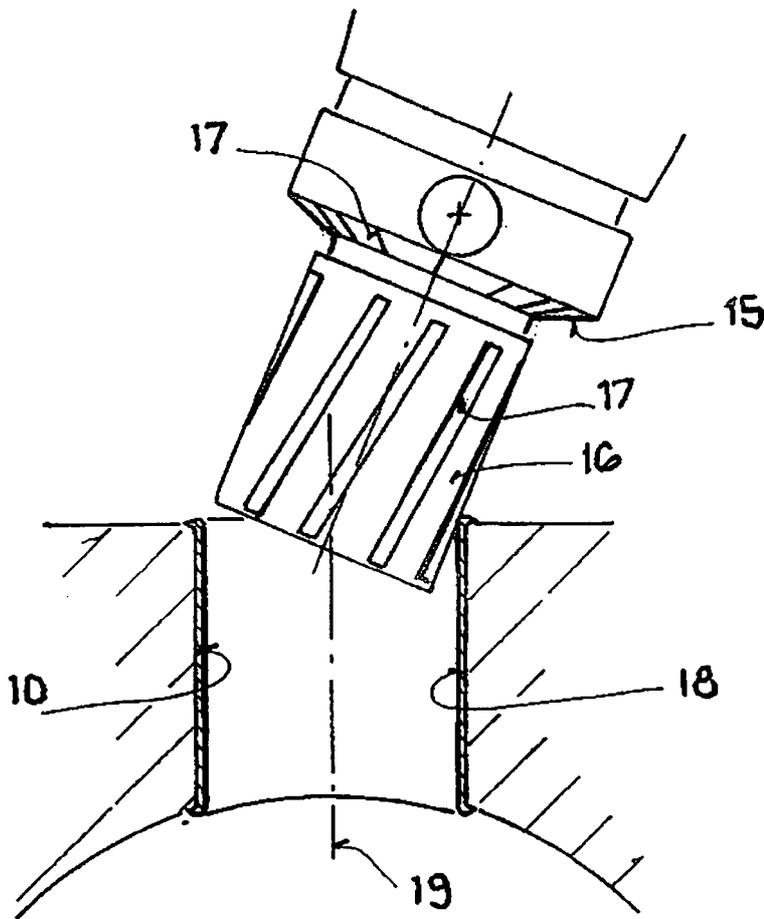
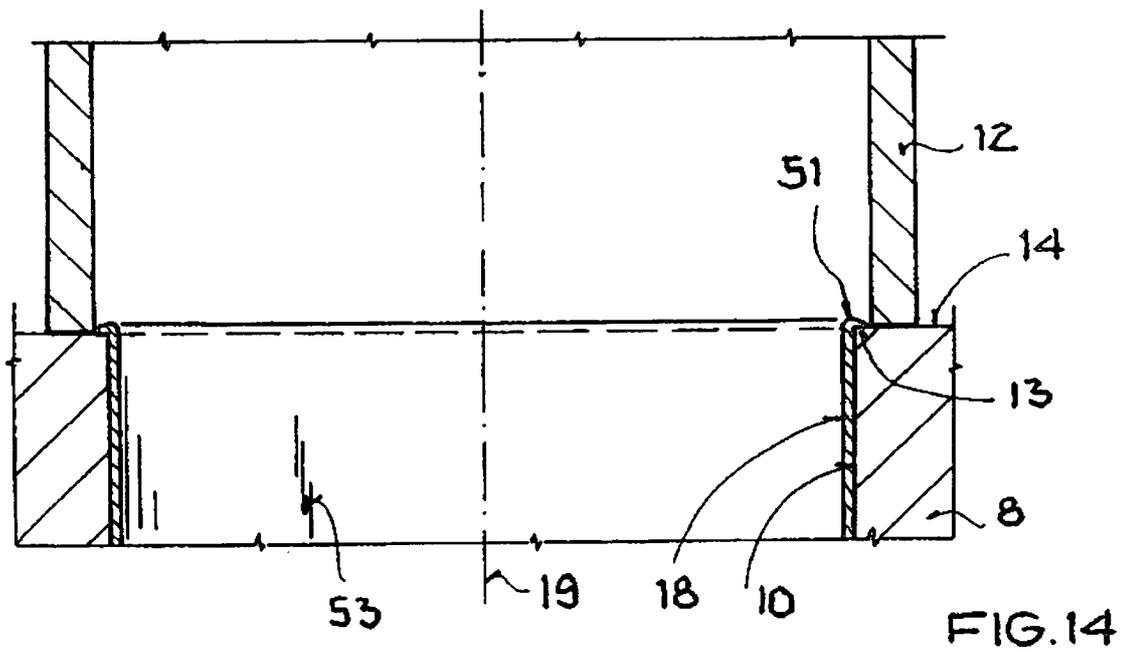
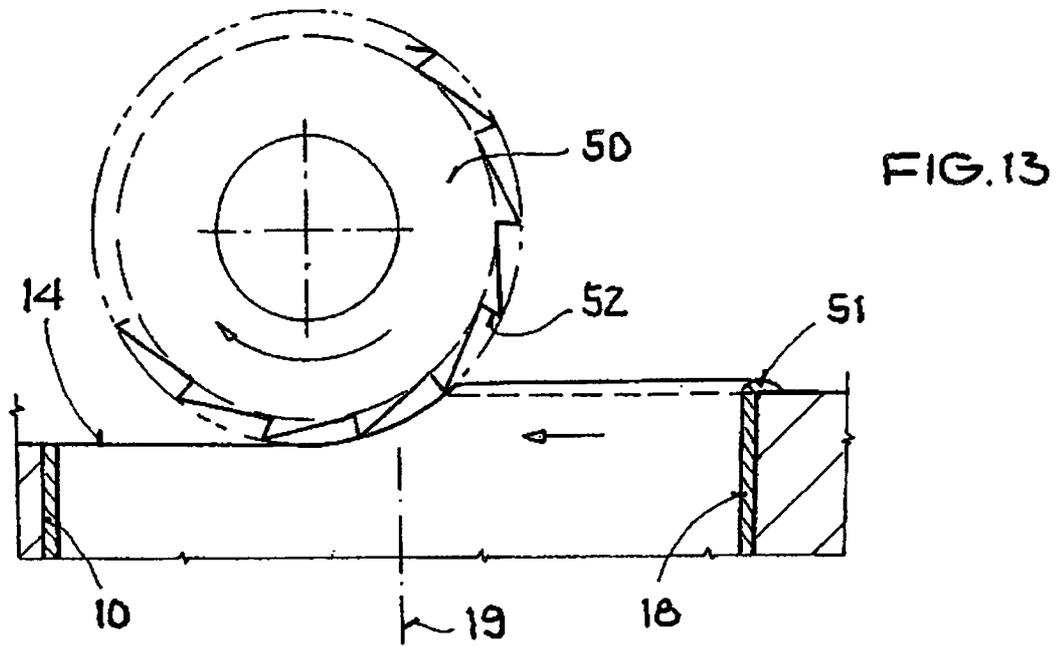
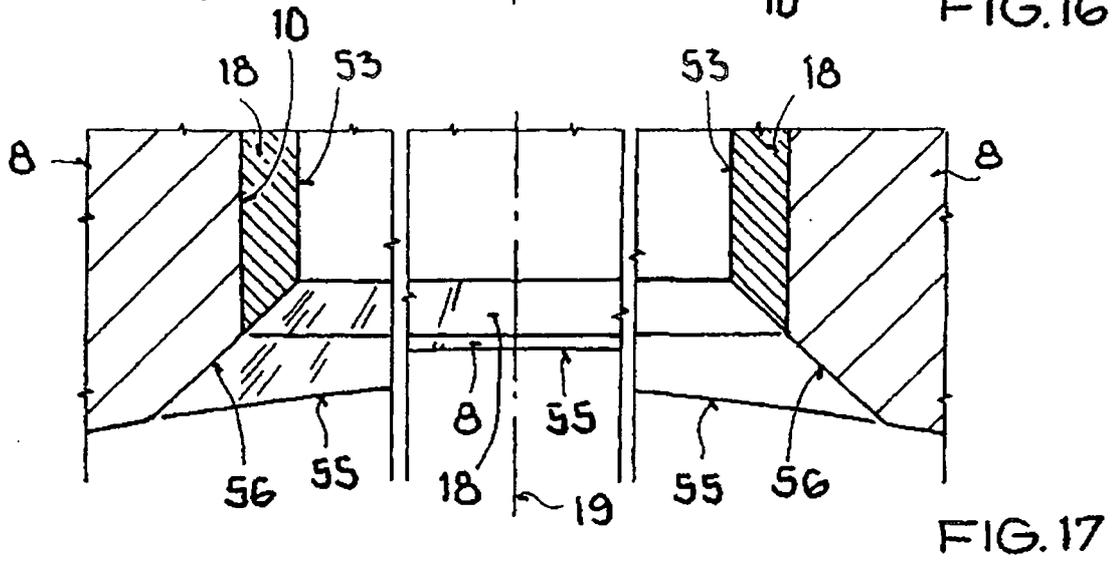
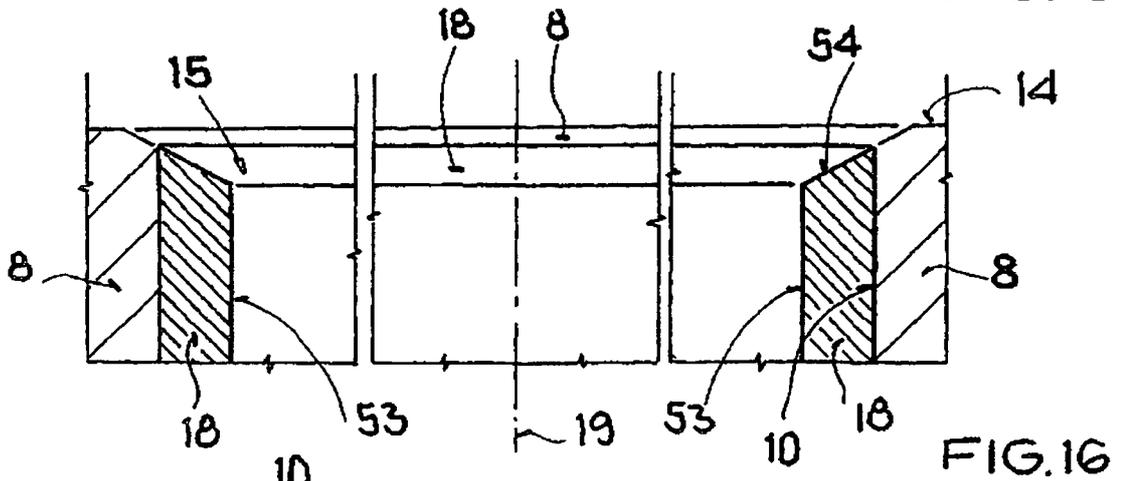
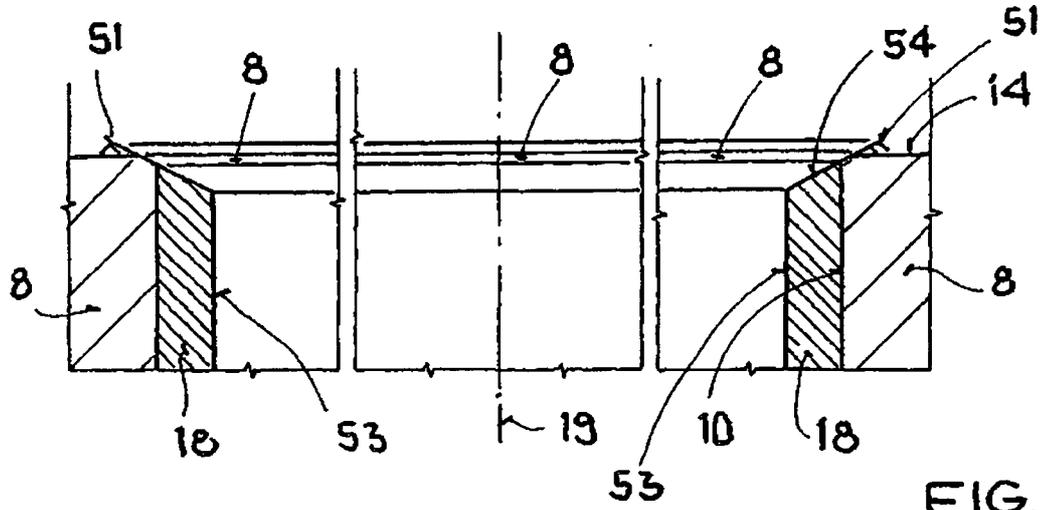


FIG. 12





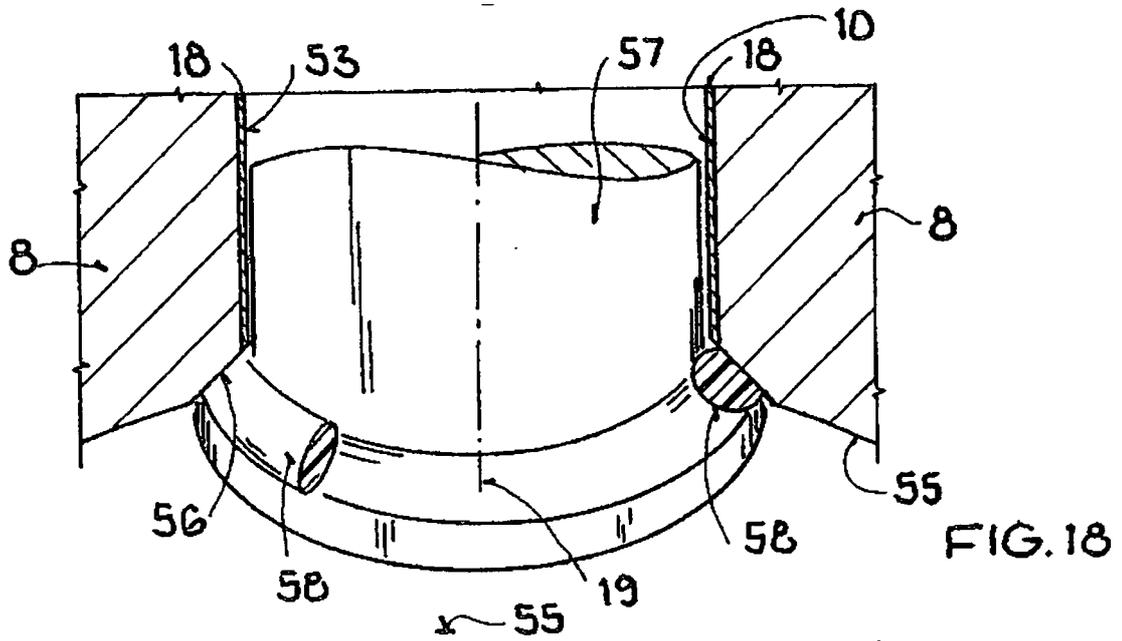


FIG. 18

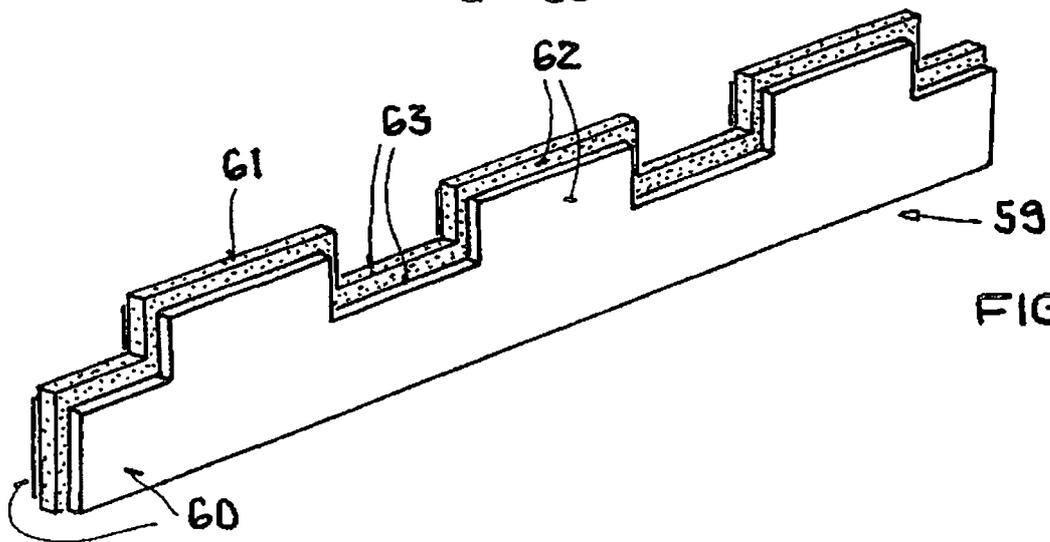


FIG. 19

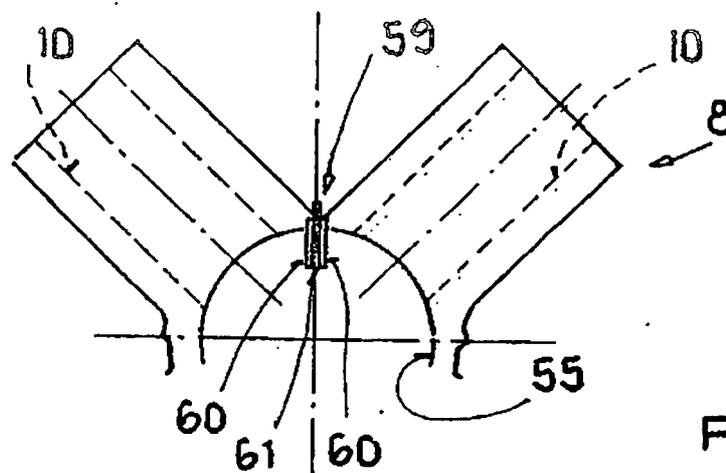


FIG. 20