

(19)



(11)

EP 2 653 270 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.10.2013 Patentblatt 2013/43

(51) Int Cl.:
B25D 17/24 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13163889.2**

(22) Anmeldetag: **16.04.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **HILTI Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(72) Erfinder:
• **Hartmann, Markus**
87665 Mauerstetten (DE)
• **Pfeiffer, Eduard**
87642 Halblech (DE)

(30) Priorität: **19.04.2012 DE 102012206452**

(54) Handwerkzeugmaschine und Steuerungsverfahren

(57) Die erfindungsgemäße Handwerkzeugmaschine hat eine Werkzeugaufnahme 2 zum Haltern eines meißelnden Werkzeugs auf einer Arbeitsachse 10. Ein pneumatisches Schlagwerk 6 hat einen durch einen Motor 5 um einen Hub zwischen einem werkzeugfernen Totpunkt und einem werkzeugnahen Totpunkt hin-und-her getriebenen Erreger 12, einen auf der Arbeitsachse 10 zwischen einem werkzeugfernen Umkehrpunkt und ei-

nem Schlagpunkt hin-und-her bewegten Schläger 13, und eine von dem Erreger 12 und dem Schläger 13 abgeschlossene pneumatische Kammer 15, die die Bewegung des Schlägers 13 an die Bewegung des Erregers 12 ankoppelt. Eine Dämpfeinrichtung 39 erhöht den Druck in der pneumatischen Kammer 15, wenn der Erreger 12 sich bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt auf weniger als den halben Hub an den werkzeugfernen Totpunkt angenähert hat.

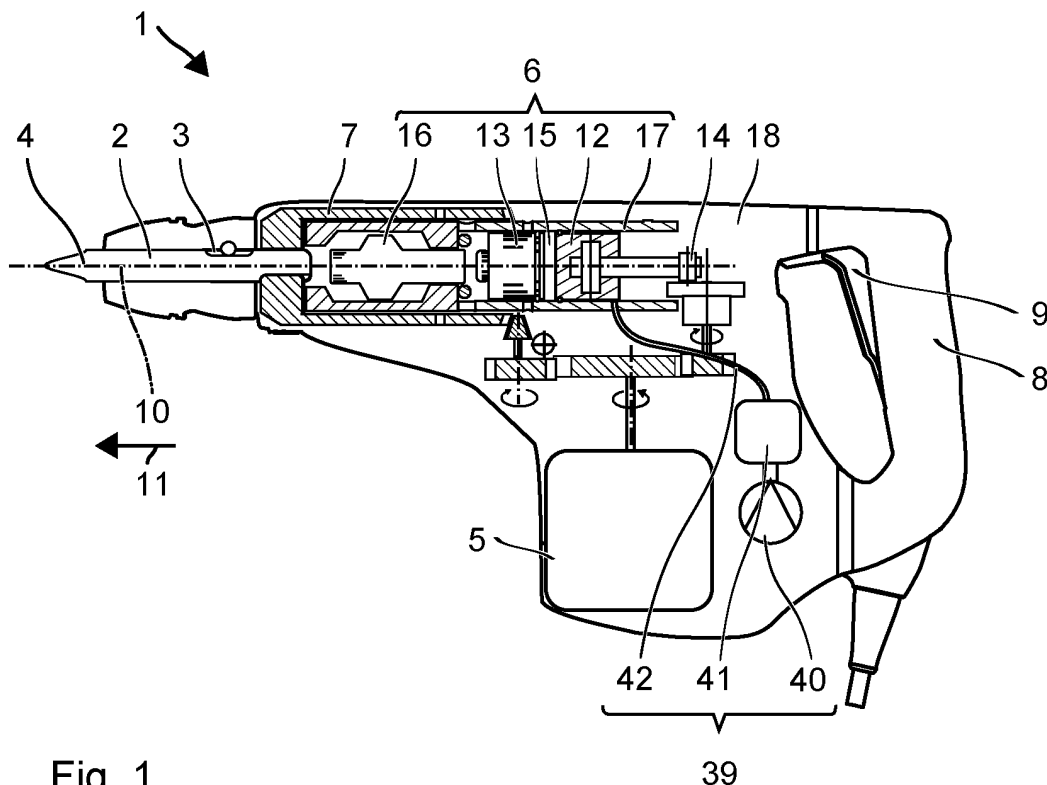


Fig. 1

EP 2 653 270 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine meißelnde Handwerkzeugmaschine, z.B. einen handgehaltenen Bohrhämmer oder einen handgehaltenen Breaker, und ein zugehöriges Steuerungsverfahren.

[0002] DE 28 54 953 C2 beschreibt einen Bohrhämmer. Der Bohrhämmer hat einen Schläger, der über eine zwischengeschaltete pneumatische Kammer von einem motorgetriebenen Kolben erregt wird. Der Wirkungsgrad und der Leistungsgrad des Bohrhammers sollen durch einen Radialverdichter erhöht sein. Die von dem Radialverdichter vorkomprimierte Luft strömt durch eine von dem Schlagkörper verdeckbaren Öffnungen in die pneumatische Kammer ein. Der Radialverdichter erhöht den Luftdruck in der pneumatischen Kammer gerade zu dem Zeitpunkt oder während der Zeitspanne, der bzw. die eine optimale Beschleunigung des Schlägers bedingt. Der Schläger erhält kurz vor dem Aufschlag auf einen Döpper einen zusätzlichen Schub, um die Schlagenergie zu erhöhen.

[0003] Der Anwender muss eine Haltekraft aufbringen, wenn Energie auf den Schläger übertragen wird. Die Übertragung erfolgt periodisch mit der Schlagfrequenz von typischerweise 10 Hz bis 100 Hz der Handwerkzeugmaschine, weshalb der Anwender die Haltekraft als Vibrationen wahrnimmt. Die Vibrationen sollen aus physiologischen Gründen gering bleiben. Daher kann die Schlagenergie nicht beliebig erhöht werden.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0004] Die erfindungsgemäße Handwerkzeugmaschine hat eine Werkzeugaufnahme zum Halten eines meißelnden Werkzeugs auf einer Arbeitsachse. Ein pneumatisches Schlagwerk hat einen durch einen Motor um einen Hub zwischen einem werkzeugfernen Totpunkt und einem werkzeugnahen Totpunkt hin-und-her getriebenen Erreger, einen auf der Arbeitsachse zwischen einem werkzeugfernen Umkehrpunkt und einem Schlagpunkt hin-und-her bewegten Schläger, und eine von dem Erreger und dem Schläger abgeschlossene pneumatische Kammer, die die Bewegung des Schlägers an die Bewegung des Erregers ankoppelt. Eine Dämpfeinrichtung erhöht den Druck in der pneumatischen Kammer, wenn der Erreger sich bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt auf weniger als den halben Hub an den werkzeugfernen Totpunkt angenähert hat. Das Steuerungsverfahren für die Handwerkzeugmaschine erhöht den Druck in der pneumatischen Kammer durch eine Pumpe, wenn der Erreger sich bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt auf weniger als den halben Hub an den werkzeugfernen Totpunkt angenähert hat. Das Erhöhen des Drucks wird vorzugsweise allein basierend auf der Position des Erregers gestartet.

[0005] Die pneumatische Kammer oder Luftfeder koppelt den Schläger bei Umgebungsdruck nur schwach an

den Erreger an. Der mit der Dämpfeinrichtung erhöhte Druck führt zu einer effektiv längeren Ankopplung. Eine Energieübertragung kann somit über die längere Dauer gedehnt werden, was die notwendigen Haltekräfte senkt. Der maximale Druck in der pneumatischen Kammer kann gesenkt werden.

[0006] Die Dämpfeinrichtung erhöht den Druck in der pneumatischen Kammer vorzugsweise, bevor der Erreger bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt sich auf weniger als 10 % des Hubs an den werkzeugfernen Totpunkt angenähert hat. Der Druck wird vor dem Erreichen des Totpunkts des Erregers erhöht.

[0007] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Dämpfeinrichtung eine Pumpe beinhaltet, die über eine in Abhängigkeit der Position des Erreger weggesteuerte Ventileinrichtung mit der pneumatischen Kammer verbunden ist. Der Erreger kann unmittelbar durch seinen eigenen Körper, mittelbar durch ein zwischengeschaltete Mechanik oder eine seine Position ermittelnde Sensorik mit ansprechenden Aktuator die Ventileinrichtung steuern. Die Pumpe hat vorzugsweise einen von dem Schlagwerk entkoppelten Antrieb.

[0008] Die Ventileinrichtung kann beispielsweise eine Öffnung zu der pneumatischen Kammer sein, die der Erreger freigibt, wenn der Erreger sich auf weniger als den halben Hub an den werkzeugfernen Totpunkt angenähert hat.

[0009] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der weggesteuerten Ventileinrichtung, ein druckgesteuertes Ventil nachgeschaltet ist, welches einen Luftstrom von der pneumatischen Kammer zu der Dämpfeinrichtung unterbindet. Während die weggesteuerte Ventileinrichtung den Beginn für einen Luftstrom in die pneumatische Kammer markiert, beendet das druckgesteuerte Ventil die Verbindung zu der Pumpe, bevor die weggesteuerte Ventileinrichtung schließt. Der Zeitpunkt für das Öffnen der gesamten Ventilanordnung kann somit in größerem Abstand zu dem werkzeugfernen Totpunkt als der Zeitpunkt für das Schließen eingerichtet werden.

[0010] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Dämpfeinrichtung den Druck in der pneumatischen Kammer auf wenigstens 1,5 bar und/oder höchstens auf 3,0 bar einstellt. Das Erhöhen des Drucks bewirkt ein Abbremsen des Schlägers auf seinem Rückweg. Der Druck darf daher nicht zu groß gewählt sein, da sonst der Schläger nicht mehr rückkehrt.

[0011] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Dämpfeinrichtung den Druck in der pneumatischen Kammer für wenigstens 40 % einer Periodendauer auf über 2 bar hält. Vorzugsweise erreicht der Druck in der pneumatischen Kammer den Druck von über 2 bar bereits vor dem werkzeugfernen Totpunkt des Erregers. Die Dämpfeinrichtung kann anfänglich aktiv den Druck erhöhen und dann für einen Erhalt des Drucks beispielsweise durch Verschluss der pneumatischen Kammer sorgen.

[0012] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Dämpfeinrichtung den Druck in der pneumatischen Kammer

während der Bewegung des Schlägers in Richtung zu dem Erreger verringert, wenn der Schläger weniger als ein Drittel der Wegstrecke des Schlagpunkts von dem hinteren Umkehrpunkt von dem Schlagpunkt entfernt ist. Der von der Dämpfeinrichtung in Abhängigkeit der Position des Erregers erhöhte Druck führt zu einem Abbremsen des Schlägers auf seinem Rückweg. Das anfängliche Absenken kann das Abbremsen kompensieren und die Periodendauer unverändert halten. Vorzugsweise senkt die Dämpfeinrichtung den Druck in der pneumatischen Kammer auf einen Wert zwischen 0,3 bar und 0,7 bar.

[0013] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Dämpfeinrichtung eine Pumpe beinhaltet, welche über eine von dem Schläger gesteuerte Ventileinrichtung mit der pneumatischen Kammer verbunden ist. Der Beginn für den Aufbau des Unterdrucks in der pneumatischen Kammer vorzugsweise allein in Abhängigkeit der Position des Schlägers gesteuert.

[0014] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die von dem Schläger gesteuerte Ventileinrichtung eine Öffnung zu der pneumatischen Kammer beinhaltet, welche von dem Schläger freigegeben wird, wenn der Schläger weniger als ein Drittel der Distanz des Schlagpunkts von dem hinteren Umkehrpunkt von dem Schlagpunkt entfernt ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0015] Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand von exemplarischen Ausführungsformen und Figuren. In den Figuren zeigen:

- | | |
|--------------|--|
| Fig. 1 | einen Bohrhammer |
| Fig. 2 bis 5 | ein Schlagwerk des Bohrhammers in vier Betriebsstellungen |
| Fig. 6 | schematisierte Wegkurve von Erreger und Schläger des Schlagwerks |
| Fig. 7 | Darstellung des Druckverlauf in dem Schlagwerk über die Zeit |
| Fig. 8 | Darstellung der Luftmenge in dem Schlagwerk über die Zeit. |

[0016] Gleiche oder funktionsgleiche Elemente werden durch gleiche Bezugszeichen in den Figuren indiziert, soweit nicht anders angegeben.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0017] Fig. 1 zeigt als Beispiel einer meißelnden Handwerkzeugmaschine schematisch einen Bohrhammer 1. Der Bohrhammer 1 hat eine Werkzeugaufnahme 2, in welche ein Schaftende 3 eines Werkzeug, z.B. eines des Bohrmeißels 4, eingesetzt werden kann. Einen primären Antrieb des Bohrhammers 1 bildet ein Motor 5, welcher

ein Schlagwerk 6 und eine Abtriebswelle 7 antreibt. Ein Anwender kann den Bohrhammer 1 mittels eines Handgriffs 8 führen und mittels eines Systemschalters 9 den Bohrhammer 1 in Betrieb nehmen. Im Betrieb dreht der Bohrhammer 1 den Bohrmeißel 4 kontinuierlich um eine Arbeitsachse 10 und kann dabei den Bohrmeißel 4 in Schlagrichtung 11 längs der Arbeitsachse 10 in einen Untergrund schlagen.

[0018] Das Schlagwerk 6 ist beispielsweise ein pneumatisches Schlagwerk 6. Ein Erreger 12 und ein Schläger 13 sind in dem Schlagwerk 6 längs der Arbeitsachse 10 beweglich geführt. Der Erreger 12 ist über einen Exzenter 14 oder einen Taumelfinger an den Motor 5 angekoppelt und zu einer periodischen, linearen Bewegung gezwungen. Eine Luftfeder gebildet durch eine pneumatische Kammer 15 zwischen Erreger 12 und Schläger 13 koppelt eine Bewegung des Schlägers 13 an die Bewegung des Erregers 12 an. Der Schläger 13 kann direkt auf ein hinteres Ende des Bohrmeißels 4 aufschlagen oder mittelbar über einen im Wesentlichen ruhenden Zwischenschläger 16 einen Teil seines Impuls auf den Bohrmeißel 4 übertragen. Der Schläger 13 und der Erreger 12 können beispielsweise als Kolben ausgebildet sein, welche in einem Führungsrohr 17 angeordnet sind. Das Schlagwerk 6 und vorzugsweise die weiteren Antriebskomponenten sind innerhalb eines Maschinengehäuses 18 angeordnet.

[0019] Fig. 2 bis Fig. 5 zeigen eine beispielhafte Ausführungsform des Schlagwerks 6 in vier aufeinanderfolgenden Phasen der Bewegung des Erregers 12. Die relativen Abmessungen des Schlagwerks 6 sind schematisch und dienen nur der Illustration des mechanischen Aufbaus. Fig. 6 zeigt die Bewegung des Erregers 12 und des Schlägers 13 über einen die Zeit repräsentierenden Winkel 19 aufgetragen. Die Kurven sind einer Meßreihe entnommen. Der dargestellte Abstand 20 des Erregers 12 zu dem Schläger 13 ist maßstabsgetreu zu dem Abstand 21 des Schlägers zu dem Döpper 16, wobei die Position letzteren mit der x-Achse zusammenfällt. Erreger und Schläger eines klassischen Schlagwerks sind als gestrichelte Kurven eingezeichnet.

[0020] Fig. 2 zeigt den Erreger 12 in seinem hinteren oder werkzeugfernen Totpunkt 22, Fig. 3 zeigt den Erreger 12 auf halben Weg zwischen dem hinteren Totpunkt 22 und seinem vorderen oder werkzeugnahen Totpunkt 23, Fig. 4 zeigt den Erreger 12 in seinem vorderen Totpunkt 23 und Fig. 5 zeigt den Erreger 12 auf halben Weg zurück zu dem hinteren Totpunkt 22. Die Länge des Abstandes zwischen dem vorderen Totpunkt 23 und dem hinteren Totpunkt 22 wird nachfolgend als Hub 24 bezeichnet.

[0021] Bei dem beispielhaften Schlagwerk 6 ist der Erreger 12 von einem Exzenter 14 getrieben. Ein Pleuel 25 verbindet einen Exzenterzapfen 26 mit dem Erreger 12. Die Winkelstellung 19 des Exzenters 14 bzw. dessen Exzenterzapfens 26 wird für die nachfolgende Beschreibung als Null Grad festgelegt, wenn der Erreger 12 in seinem hinteren Totpunkt 22 ist (Fig. 2). Die weiteren in

Fig. 3 bis Fig. 5 dargestellten Phasen entsprechen einer Winkelstellung **19** von 90 Grad, 180 Grad bzw. 270 Grad. 360 Grad entsprechen einer Periodendauer **27** oder abgeschlossenen hin-und-her Bewegung des Erregers **12**. Die Winkelstellung **19** wird synonym zur Zeit verwendet, unabhängig davon ob ein Exzenter **14** oder ein anderer periodischer Antrieb für den Erreger **12** verwendet ist.

[0022] Der Schläger **13** bewegt sich periodisch zwischen einem Schlagpunkt **28** und einem werkzeugfernen Umkehrpunkt **29** hin-und-her. Der Schläger **13** erreicht vorzugsweise den werkzeugfernen Umkehrpunkt **29**, wenn der Erreger **12** sich zwischen 25 % und 40 % des Hubs **24** von dem hinteren Totpunkt **22** entfernt hat (Fig. 3). Der Schläger **13** erreicht den Schlagpunkt kurz bevor der Erreger **12** den werkzeugnahen Totpunkt **23** erreicht. Der Schläger **13** benötigt von dem werkzeugfernen Umkehrpunkt **29** bis zu dem Schlagpunkt **28** etwa die gleiche Zeit wie der Erreger **12** für den halben Hub **24**. Die von dem Schläger **13** zurückgelegte Wegstrecke **31** ist um 10 % bis 30 % größer als der Hub **24** des Erregers **12**.

[0023] Ein Abstand **20** des Erregers **12** zu dem Schläger **13** ändert sich periodisch. Der geringste Abstand **20** ergibt sich, wenn der Schläger **13** den hinteren Umkehrpunkt **29** erreicht. Die damit einhergehende Volumenänderung der pneumatischen Kammer **15** führt zu einer Kompression bzw. Dekompression des in der pneumatischen Kammer **15** befindlichen Gases. Auf den Schläger **13** wirkt eine Kraft in Schlagrichtung **11**, wenn der Druck in der pneumatischen Kammer **15** den Umgebungsdruck übersteigt, und eine Kraft entgegen der Schlagrichtung **11**, wenn der Druck in der pneumatischen Kammer **15** geringer als der Umgebungsdruck ist. Der Druck in der pneumatischen Kammer **15** stellt sich etwa auf den Umgebungsdruck ein, wenn der Schläger **13** im Schlagpunkt **28** ist. Das im Schlagpunkt **28** eingenommene Volumen, d.h. Schläger **13** am Döpper **16** anliegend und der Erreger **12** auf etwa halben Weg zwischen hinteren Totpunkt **22** und vorderen Totpunkt **23**, wird daher nachfolgend als neutrales Volumen bezeichnet. Fig. 7 zeigt den Druck **32** in der pneumatischen Kammer **15** über die Zeit aufgetragen. Die gestrichelte Linie gibt den Druck für ein herkömmliche Schlagwerk an.

[0024] Bei dem beispielhaften Schlagwerk **6** ist der Erreger **12** als Kolben ausgebildet, welcher passgenau an der Innenwand **33** des Führungsrohrs **17** geführt ist. Der Schläger **13** ist ebenfalls als ein zu dem Führungsrohr **17** passgenauer Kolben ausgebildet. Das Volumen der pneumatischen Kammer **15** ist somit in Schlagrichtung **11** durch eine entgegen der Schlagrichtung **11** weisende Stirnfläche **34** des Schlägers **13**, entgegen der Schlagrichtung **11** durch eine in die Schlagrichtung **11** weisende Stirnfläche **35** des Erregers **12** und in radialer Richtung durch das Führungsrohr **17** luftdicht abgeschlossen. Dichtungsringe können in den Umfang des Erregers **12** und des Schlägers **13** zum Ausgleichen von Toleranzen eingesetzt sein.

[0025] Der Döpper **16** liegt während des Betriebs des

Schlagwerks **6** in seiner Grundstellung entgegen der Schlagrichtung **11** an einem Anschlag **36** an. Der Döpper **16** wird unter anderen durch das Anpressen des Werkzeugs **4** an einen Untergrund in der Grundstellung gehalten. Die entgegen die Schlagrichtung **11** weisende Schlagfläche **37** des Döppers **16** definiert den Schlagpunkt **28**. Der Schläger **13** trifft im Schlagpunkt **28** mit seiner in die Schlagrichtung **11** weisenden Stirnfläche **38** auf die Schlagfläche **37** des Döppers **16** auf. Falls der Döpper **16** nicht in der Grundstellung gehalten ist, stellt das Schlagwerk **6** vorzugsweise den Betrieb ein.

[0026] Der Bohrhämmer **1** ist mit einer Dämpfeinrichtung **39** versehen. Die Dämpfeinrichtung **39** verringert die rückwirkende Spitzenbelastungen auf den Anwender. Die beispielhafte Dämpfeinrichtung **39** basiert auf einer Pumpe **40**, welche gesteuert in Abhängigkeit der Stellung des Erregers **12** den Druck **32** in der pneumatischen Kammer **15** anhebt. Die Pumpe **37** kann durch eine Druckkammer **41** unterstützt sein.

[0027] Eine Druckkammer **41** ist in dem Maschinengehäuse **18** angeordnet. Die Druckkammer **41** ist ein geschlossener Raum, der beispielsweise mit starren oder elastischen Wänden versehen ist. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Druckkammer **41** eine Hülse, welche das Führungsrohr **17** umgibt. In alternativen Ausführungsformen kann die Druckkammer **41** als eine Gummiblase oder ein separater Tank mit steifen Wänden ausgebildet sein, welche beispielsweise räumlich getrennt von dem Schlagwerk **6** in dem Maschinengehäuse **18** angeordnet und über eine Zuleitung **42** mit dem Schlagwerk **6** verbunden sind. Das Volumen der Druckkammer **41** liegt vorzugsweise zwischen 50 % und 200 % dem neutralen Volumen der pneumatischen Kammer **15**.

[0028] Eine Pumpe **40** pumpt Luft in die Druckkammer **41**, um den Druck in der Druckkammer **41** auf einen Wert zwischen 1,5 bar und 3 bar anzuheben. Der Druck in der Druckkammer **41** ist höher als der Umgebungsdruck, vorzugsweise um wenigstens 0,5 bar und vorzugsweise höchstens um 2,5 bar. Die Pumpe **40** ist beispielsweise eine Membranpumpe, deren Membran **43** von einem Motor oder einem Piezoelement **44** zu einer Oszillation angeregt wird. Ein Rückschlagventil **45** kann eine Rückströmen von Luft aus der Druckkammer **41** in die Pumpe **40** unterbinden.

[0029] Die Druckkammer **41** ist mit der pneumatischen Kammer **15** über ein Ventil **46** verbunden. Das Ventil **46** öffnet und schließt in Abhängigkeit der Stellung des Erregers **12**. Das Ventil öffnet (Zeitpunkt **52**), wenn der Erreger **12** auf seinem Rückweg zu dem hinteren Totpunkt **22** mehr als den halben Hub **24** zurückgelegt, spätestens nachdem er 90 % des Hubs **24** zurückgelegt hat. Die Winkelstellung **19** liegt somit zwischen 270 Grad und 342 Grad, zu dem Zeitpunkt an dem das Ventil **46** öffnet. Bei dem geöffnetem Ventil **46** strömt Luft aus der Druckkammer **41** in die pneumatische Kammer **15** ein.

[0030] Fig. 8 zeigt die Luftmenge **47** (Masse) in der pneumatischen Kammer **15** aufgetragen über die y-Ach-

se. Die gestrichelte Linie gibt die Luftmenge des herkömmlichen gleichgroßen Schlagwerks an. Dessen Luftmenge bleibt näherungsweise konstant, d.h. entspricht der Luftmenge des neutralen Volumens bei Umgebungsdruck. Erkennbar steigt die Luftmenge in der pneumatischen Kammer **15** um wenigstens 50 % an. Der Druck **32** in der pneumatischen Kammer **15** erreicht vorzugsweise innerhalb 10 % der Periodendauer **27** (36 Grad) ab Öffnen des Ventils **46** einen Druck von 2 bar. Insbesondere steigt der Druck auf über 2 bar an, bevor der Erreger **12** den hinteren Totpunkt (0 Grad) erreicht.

[0031] Das Ventil **46** schließt zum Zeitpunkt **48** weggesteuert in Abhängigkeit der Stellung des Erregers **12**. Das Ventil **46** schließt spätestens, wenn der Erreger **12** sich bei seiner Vorwärtsbewegung zu dem vorderen Totpunkt **23** mehr als den halben Hub **24** von dem hinteren Totpunkt **22** entfernt hat (90 Grad). Verzugsweise schließt das Ventil **46** erst, wenn der Erreger **12** sich mehr als 10 % von dem hinteren Totpunkt **22** entfernt hat (ca. 10 Grad).

[0032] Das beispielhafte Ventil **46** ist eine Öffnung **46** in dem Führungsrohr **17**. Der mit der Innenwand **33** des Führungsrohrs **17** bündig abschließende Erreger **12** bildet den Verschlusskörper des Ventils **46**. Das Ventil **46** ist geschlossen, wenn der Erreger **12** mit seiner Mantelfläche oder seinem Dichtring die Öffnung **49** überdeckt. Die Öffnung **46** ist längs der Arbeitsachse **10** auf der Höhe der Stirnfläche **35** bzw. des Dichtrings angeordnet, die diese einnehmen, wenn der Erreger **12** je nach Bewegungsrichtung das Ventil **46** öffnen bzw. schließen soll.

[0033] Anstelle die Öffnung **46** unmittelbar durch den Erreger **12** zu verschließen, kann ein Verschluss synchron zu dem Erreger **12** bewegt und als Verschlusskörper für die Öffnung **49** angeordnet sein. Der Verschluss kann beispielsweise von dem Exzenter **14** angetrieben sein. Die Position der Öffnung **46** ist damit nicht mehr an die von dem Erreger **12** eingenommenen Stellungen gebunden. Ferner kann anstelle eines mechanisch Aktuators ein elektrisch betätigtes Ventil verwendet werden. Ein Sensor erfasst beispielsweise die Position des Erregers **12** und schaltet ansprechend auf die erfassten Position das Ventil.

[0034] Dem weggesteuerten Ventil **46** ist vorzugsweise ein Rückschlagventil **50** nachgeschaltet. Das Rückschlagventil **50** verhindert ein Rückströmen von Luft aus der pneumatischen Kammer **15** in die Druckkammer **41**, wenn der Druck **32** in der pneumatischen Kammer **15** den Druck in der Druckkammer **41** übersteigt. Der Schwellwert für den Druck **32**, ab dem das Rückschlagventil **50** schließt, entspricht dem Druck auf den die Druckkammer **41** durch die Pumpe **40** aufgeladen wird.

[0035] Etwas bevor der Erreger **12** den hinteren Totpunkt **22** erreicht beginnt der Schläger **13** den Erreger **12** einzuholen. Spätestens wenn der Erreger **12** den hinteren Totpunkt überschreitet (Fig. 2) und seine Bewegung in Schlagrichtung **11** beginnt, verringert sich der Abstand **20** zwischen Erreger **12** und Schläger **13**. Das

Volumen der pneumatischen Kammer **15** sinkt und die Luft wird durch Erreger **12** und Schläger **13** komprimiert. Der Druck **32** in der pneumatischen Kammer **15** steigt auf einen Wert höher als in der Druckkammer **41** und das Rückschlagventil **50** schließt. Der Zeitpunkt **51** des Schließens liegt etwa zwischen 5 % und 15 % einer Periodendauer **27** nach dem Öffnen (**52**), vorzugsweise deutlich bevor der Erreger **12** seinen hinteren Totpunkt **22** erreicht und deutlich bevor das weggesteuerte Ventil **46** schließt (**48**).

[0036] Final erreicht der Druck in der pneumatischen Kammer **15** wenigstens 8 bar jedoch vorzugsweise höchstens 15 bar, z.B. höchstens 12 bar, wenn der Schläger **13** den hinteren Umkehrpunkt **29** erreicht (Fig.3). Das vergleichbare herkömmliche Schlagwerk erreicht einen maximalen Druck von 20 bar.

[0037] Der Druck in der pneumatischen Kammer **15** ist für wenigstens 40 % vorzugsweise wenigstens 50 % der Periodendauer **27** größer als der Umgebungsdruck. Der Druck bei der Kompression im hinteren Umkehrpunkt **29** des Schlägers **13** ist jedoch mit einem Wert zwischen 6 bar und 10 bar moderat. Dem einhergehenden moderaten Druckwechsel muss der Anwender nur mit einer moderaten Anpresskraft entgegenwirken. Die Druckkammer **41** hat eine dämpfende Wirkung. Bei herkömmlichen Schlagwerken ohne die Überdruckkammer **41** ergibt sich nur für 20 % bis 25 % der Periodendauer **27** ein Überdruck in der pneumatischen Kammer **15**. Dafür steigt der Spitzenwert der Kompression auf wenigstens 15 bar, um die gleiche Energie von dem Erreger **12** auf den Schläger **13** übertragen zu können.

[0038] Eine Unterdruckkammer **53** ist in dem Maschinengehäuse **18** angeordnet. Die Unterdruckkammer **53** ist ein geschlossener Raum mit starren Wänden. Beispielsweise kann die Unterdruckkammer **53** als Hülse das Führungsrohr **17** umgeben. Das Volumen der Unterdruckkammer **53** liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 50 % und 200 % des neutralen Volumens. Die Pumpe **40** saugt aus der Unterdruckkammer **53** Luft ab, um den Druck in der Unterdruckkammer **53** auf 0,3 bar bis 0,7 bar abzusenken. In der dargestellten Ausführungsform pumpt die Pumpe **40** Luft aus der Unterdruckkammer **53** in die Überdruckkammer **41**. In alternativen Ausführungsformen kann für jede der Kammern **41**, **53** eine eigene Pumpe vorgesehen sein. Ferner kann die Pumpe **40** mit einem druckgesteuerten Ventil versehen sein, welches ein Ansaugen von Luft aus der Umgebung zusätzlich zu der Luft aus der Unterdruckkammer **53** ermöglicht.

[0039] Die Unterdruckkammer **53** ist mit der pneumatischen Kammer **15** durch eine Öffnung **54** in dem Führungsrohr **17** verbunden. Die Öffnung **54** bildet zusammen mit dem Schläger **13** ein weggesteuertes Ventil. Die Mantelfläche oder der Dichtungsring des Schlägers **13** decken die Öffnung **54** zum Schließen des Ventils **54** ab. Das Ventil **54** ist vorzugsweise offen oder öffnet, wenn der Erreger **12** den Schlagpunkt **28** erreicht. Luft strömt aus der pneumatischen Kammer **15** in die Unter-

druckkammer 53. Die Luftmenge in der pneumatischen Kammer 15 wird um wenigstens 30 % reduziert. Vorzugsweise sinkt der Druck in der pneumatischen Kammer 15 auf weniger als 0,7 bar ab, bevor der Erreger 12 den vorderen Totpunkt 23 (180 Grad) erreicht. Das Ventil 54 schließt zum Zeitpunkt 55, bevor der Schläger 13 ein Drittel seiner Wegstrecke 31 bis zu dem hinteren Umkehrpunkt 28 zurückgelegt hat. Der Druck 32 in der pneumatischen Kammer 15 bleibt vorzugsweise für etwa 20 % bis 30 % der Periodendauer 27 des Erregers 12 unterhalb des Umgebungsdrucks.

[0040] Das beispielhaft mit dem Schläger 13 als Verschlusskörper ausgebildete Ventil 54 öffnet zum Zeitpunkt 56, bevor der Schläger 13 den Schlagpunkt 28 erreicht. Obwohl durch den Druckabfall in pneumatischen Kammer 15 eine bremsende Wirkung auf den Schläger 13 zu erwarten wäre, zeigt sich ein nur vernachlässigbarer Effekt durch das geöffnete Ventil 54.

Patentansprüche

1. Handwerkzeugmaschine

mit einer Werkzeugaufnahme (2) zum Haltern eines meißelnden Werkzeugs auf einer Arbeitsachse (10), mit einem pneumatischen Schlagwerk (6), wobei das Schlagwerk (6) einen durch einen Motor (5) um einen Hub (24) zwischen einem werkzeugfernen Totpunkt (22) und einem werkzeugnahen Totpunkt (23) hin-und-her getriebenen Erreger (12), einen auf der Arbeitsachse (10) zwischen einem werkzeugfernen Umkehrpunkt (23) und einem Schlagpunkt hin-und-her bewegten Schläger (13), und eine von dem Erreger (12) und dem Schläger (13) abgeschlossene pneumatische Kammer (15), die die Bewegung des Schlägers (13) an die Bewegung des Erregers (12) ankoppelt, aufweist und mit einer Dämpfeinrichtung (39), die den Druck (32) in der pneumatischen Kammer (15) erhöht, wenn der Erreger (12) sich bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt (22) auf weniger als den halben Hub (24) an den werkzeugfernen Totpunkt (22) angenähert hat.

2. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (39) den Druck (32) in der pneumatischen Kammer (15) erhöht, bevor der Erreger (12) bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt (22) sich auf weniger als 10 % des Hubs (24) an den werkzeugfernen Totpunkt (22) angenähert hat.

3. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (39) eine Pumpe (40) beinhaltet, die über in Abhängigkeit der Position des Erregers (12) wegge-

steuerte Ventileinrichtung (46) mit der pneumatischen Kammer (15) verbunden ist.

4. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weggesteuerten Ventileinrichtung (46) eine Öffnung (46) zu der pneumatischen Kammer (15) beinhaltet und der Erreger (12) die Öffnung (46) freigibt, wenn der Erreger (12) sich auf weniger als den halben Hub (24) an den werkzeugfernen Totpunkt (22) angenähert hat.

5. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weggesteuerten Ventileinrichtung (46) ein druckgesteuertes Ventil (50) nachgeschaltet ist, welches einen Luftstrom von der pneumatischen Kammer (15) zu der Dämpfeinrichtung (22) unterbindet.

6. Handwerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (39) den Druck (32) in der pneumatischen Kammer (15) auf wenigstens 1,5 bar und/oder höchstens auf 3,0 bar einstellt.

7. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (39) den Druck (32) in der pneumatischen Kammer (15) für wenigstens 40 % einer Periodendauer (27) über 2 bar hält.

8. Handwerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (22) den Druck in der pneumatischen Kammer (15) während der Bewegung des Schlägers (13) in Richtung zu dem Erreger (12) verringert, wenn der Schläger (13) weniger als ein Drittel der Wegstrecke (31) des Schlagpunkts (28) von dem hinteren Umkehrpunkt (29) von dem Schlagpunkt (28) entfernt ist.

9. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (39) den Druck in der pneumatischen Kammer (15) auf einen Wert von wenigstens 0,3 bar und höchstens 0,7 bar absenkt.

10. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dämpfeinrichtung (39) eine Pumpe (40) beinhaltet, welche über eine von dem Schläger (13) gesteuerte Ventileinrichtung (54) mit der pneumatischen Kammer (15) verbunden ist.

11. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die von dem Schläger (13) gesteuerte Ventileinrichtung (54) eine Öffnung (54) zu der pneumatischen Kammer (15) beinhaltet, welche von dem Schläger (13) freigegeben wird,

wenn der Schläger (13) weniger als ein Drittel der Distanz (31) des Schlagpunkt (28) von dem hinteren Umkehrpunkt (29) von dem Schlagpunkt (28) entfernt ist.

5

12. Steuerungsverfahren für eine Handwerkzeugmaschine, die eine Werkzeugaufnahme (2) zum Haltern eines meißelnden Werkzeugs auf einer Arbeitsachse (10) und ein pneumatisches Schlagwerk (6) aufweist, wobei das Schlagwerk (6) einen durch einen Motor (5) um einen Hub zwischen einem werkzeugfernen Totpunkt (22) und einem werkzeugnahen Totpunkt (23) hin-und-her getriebenen Erreger (12), einen auf der Arbeitsachse (10) zwischen einem werkzeugfernen Umkehrpunkt (23) und einem Schlagpunkt (28) hin-und-her bewegten Schläger (13), und eine von dem Erreger (12) und dem Schläger (13) abgeschlossene pneumatische Kammer (15), die die Bewegung des Schlägers (13) an die Bewegung des Erregers (12) ankoppelt, aufweist mit den Verfahrensschritten:

10

15

20

Erhöhen des Drucks (32) in der pneumatischen Kammer (15) durch eine Pumpe (40), wenn der Erreger (12) sich bei seiner Bewegung in Richtung zu dem werkzeugfernen Totpunkt (22) auf weniger als den halben Hub (24) an den werkzeugfernen Totpunkt (22) angenähert hat.

25

13. Steuerungsverfahren nach Anspruch 12 **gekennzeichnet durch** den Verfahrensschritt:

30

Verringern des Drucks (32) in der pneumatischen Kammer (15) **durch** eine Pumpe (40), wenn der Schläger (13) weniger als ein Drittel der Wegstrecke (31) zwischen dem Schlagpunkt (28) und dem hinteren Umkehrpunkt (29) von dem Schlagpunkt (28) entfernt ist.

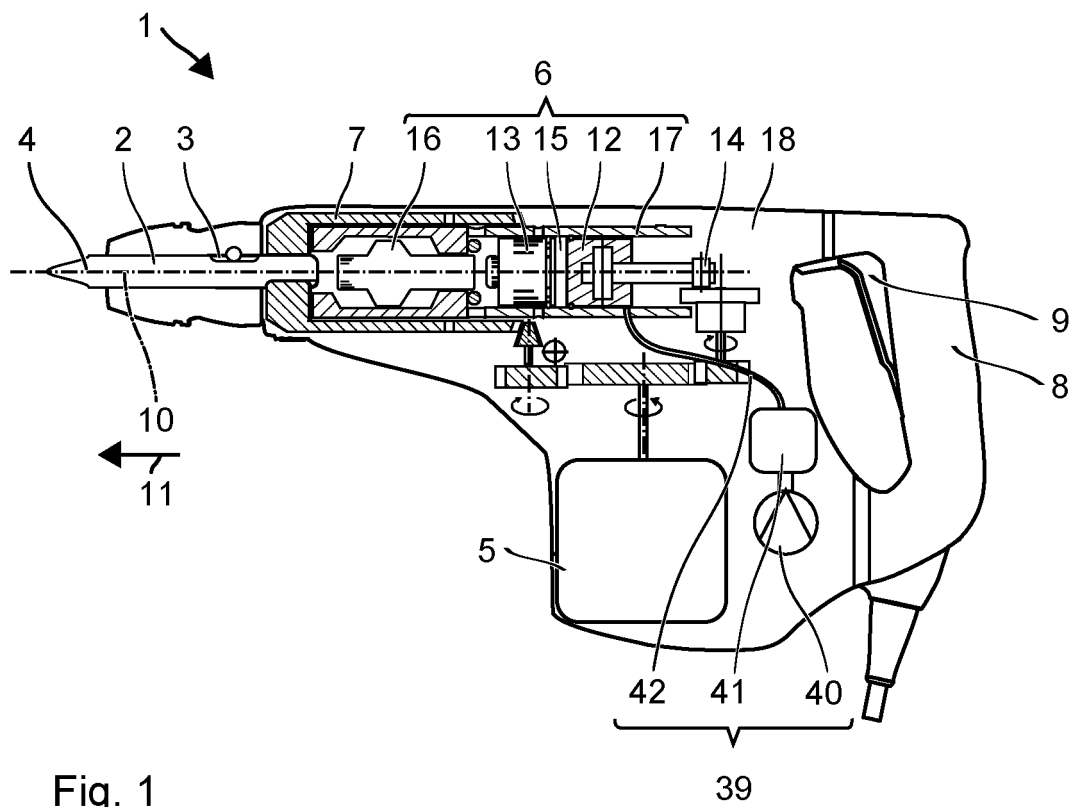
35

40

45

50

55



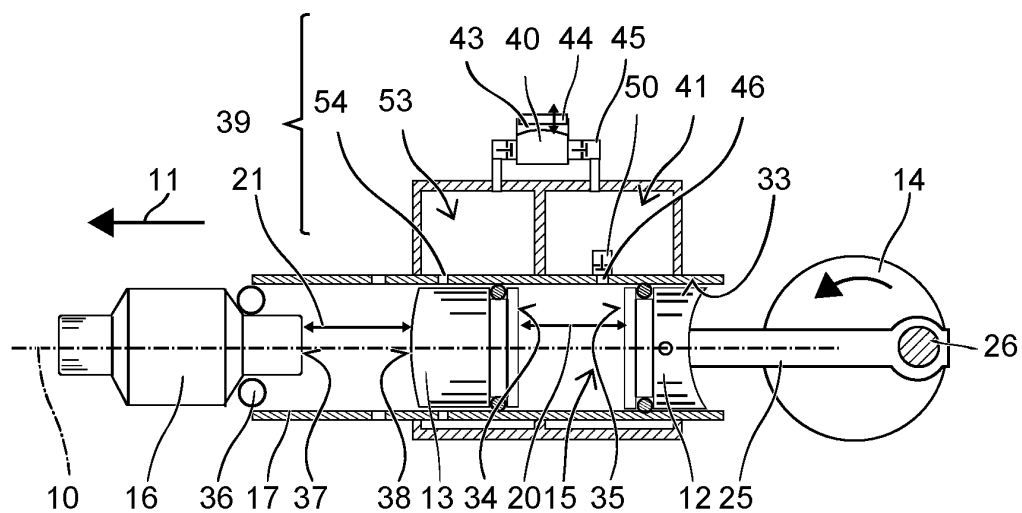


Fig. 2

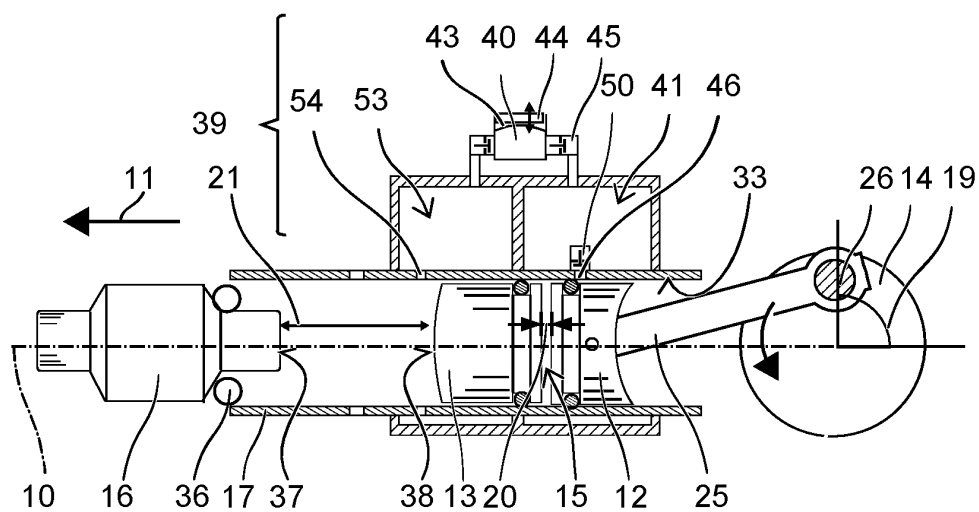


Fig. 3

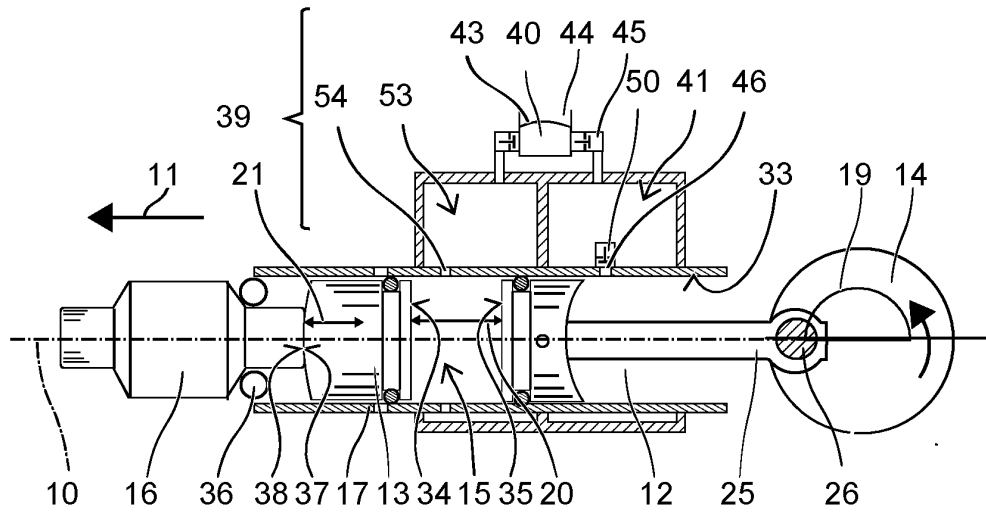


Fig. 4

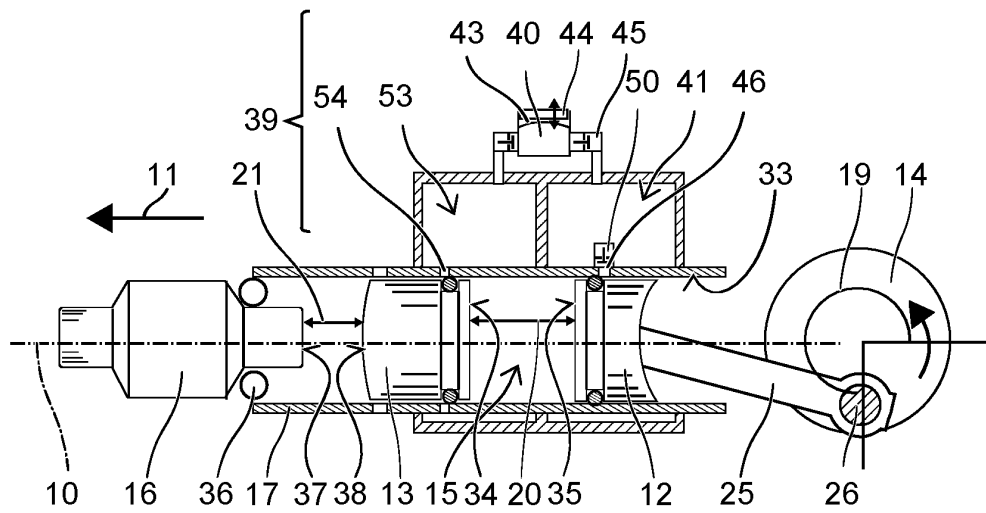


Fig. 5

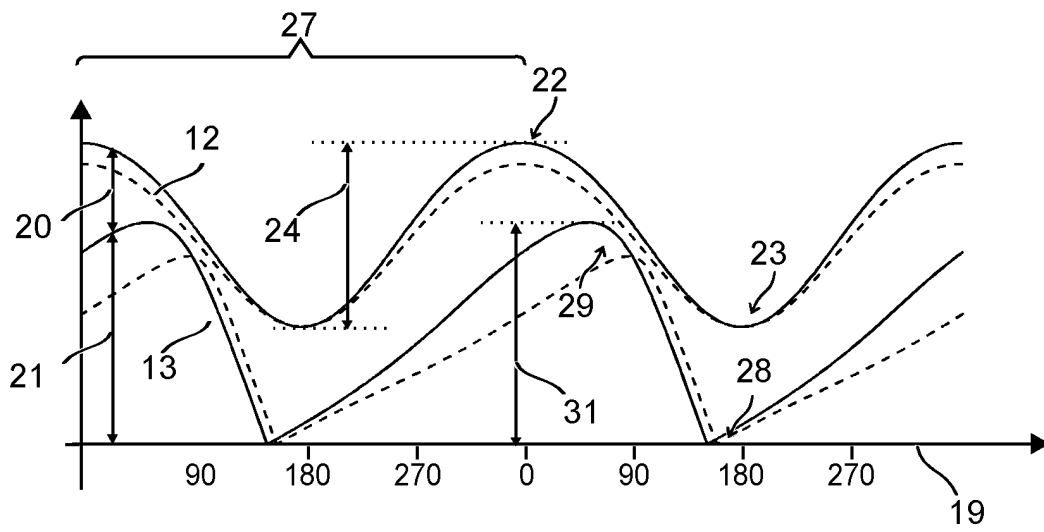


Fig. 6

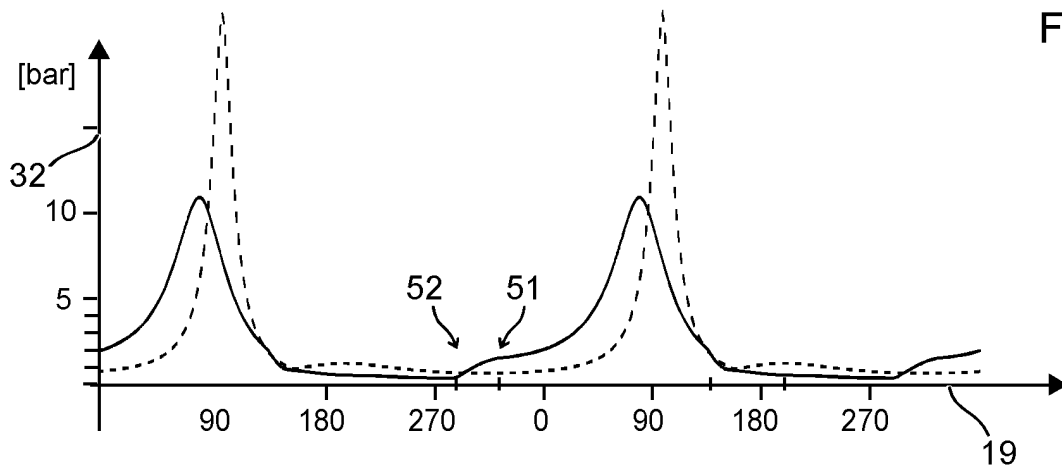


Fig. 7

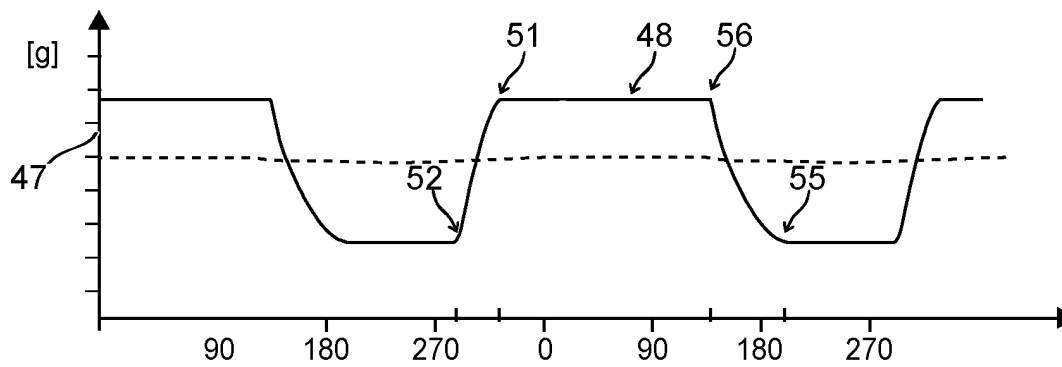


Fig. 8

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2854953 C2 [0002]