

(19)



(11)

EP 3 022 016 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.12.2017 Patentblatt 2017/51

(51) Int Cl.:
B25C 1/00 (2006.01) B25C 1/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14738848.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/065073

(22) Anmeldetag: **15.07.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/007701 (22.01.2015 Gazette 2015/03)

(54) **STEUERUNGSVERFAHREN UND HANDWERKZEUGMASCHINE**

CONTROL METHOD AND HAND TOOL MACHINE

PROCÉDÉ DE COMMANDE ET MACHINE-OUTIL MANUELLE

(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

- **HANNOSCHOECK, Nikolaus**
CH-9472 Grabs (CH)
- **BOEHM, Christoph**
CH-9473 Gams (CH)
- **CLAUSI, Donato**
CH-9470 Buchs (CH)

(30) Priorität: **16.07.2013 EP 13176596**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.05.2016 Patentblatt 2016/21

(74) Vertreter: **Hilti Aktiengesellschaft**
Corporate Intellectual Property
Feldkircherstrasse 100
Postfach 333
9494 Schaan (LI)

(73) Patentinhaber: **Hilti Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(72) Erfinder:
• **RAGGL, Klaus**
CH-8004 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 131 026 EP-A2- 1 223 009
WO-A1-2005/063449 US-A- 6 123 241
US-A1- 2010 108 734

EP 3 022 016 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine handgehaltene Werkzeugmaschine, wie sie unter Anderem beispielsweise aus US 2010/108736 A, WO2005/063449 A1 oder US 2004/134961 A bekannt sind. Eine Brennkammer mit einem Kolben wird mit Luft und einem brennbaren Gas gefüllt. Das Gasgemisch wird gezündet, worauf die Verbrennungsgase den Kolben beschleunigen. Die Bewegungsenergie des Kolbens wird genutzt, einen Nagel in ein Werkstück zu treiben. Ein Kolbenkompressor verdichtet die Luft und speist diese in ein Reservoir ein. Die Brennkammer wird aus dem Reservoir gespeist. Der erhöhte Luftdruck ermöglicht in einer kleineren Brennkammer die gleiche Luftmenge für die Verbrennung einzuspeisen. Allerdings führen der zusätzliche Kompressor und die für ihn benötigte Energiequelle zu einem erhöhten Gewicht und Größe des Setzgeräts.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0002] Die erfindungsgemäße Handwerkzeugmaschine zum Setzen eines Nagels hat einen von einem Anwender betätigbaren Sicherheitsmechanismus und einen betätigbaren Taster zum Auslösen eines Setzens des Nagels. In einer Brennkammer ist ein Gemisch aus brennbaren Gas und Luft zündbar. Ein Kolben ist in der Brennkammer beweglich angeordnet, um von den Verbrennungsgasen in Setzrichtung beschleunigt zu werden. Ein Stempel an dem Kolben ist zum Vortreiben des Nagels vorgesehen. Ein Kompressor zum Verdichten der Luft in der Brennkammer ist über einen Kanal mit der Brennkammer direkt verbunden. Ein Ventil, das den Kanal oder die Brennkammer mit der Umgebung verbindet, ist zwischen dem Betätigen des Sicherheitsmechanismus und dem Betätigen des Tasters geöffnet.

[0003] Die Handwerkzeugmaschine ist mit einem Bypass versehen, der die von dem Kompressor geförderte Luft in die Umgebung ableitet. Aufgrund des geöffneten Bypasses ergibt sich ein deutlicher Verlust der von dem Kompressor geförderten Luft. Insgesamt belaufen sich die Verluste auf über 30 %. Dennoch erweist sich dies als hilfreich, um den Kompressor kleiner und fragiler ausulegen. Der Kompressor, welcher vorzugsweise aus einem schnell drehenden Elektromotor und einem Lüfterrad besteht, wird während der Beschleunigungsphase aus dem Stillstand geringeren mechanischen Belastungen ausgesetzt. Der Kompressor ist ab Betätigen des Sicherheitsmechanismus vorzugsweise eingeschaltet, zuvor ausgeschaltet.

[0004] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass das geöffnete Ventil, ausgelegt ist, einen Luftstrom von wenigstens 1.000 ccm pro Sekunde des Kompressors in die Umgebung abzuleiten. Die Größe der Brennkammer liegt vorzugsweise im Bereich von 200 ccm und 500 ccm.

[0005] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass das Ventil, nach Betätigen des Tasters geschlossen ist.

[0006] Ein Steuerungsverfahren für eine Handwerkzeugmaschine zum Setzen von Nägeln, die eine Brennkammer, einen Kompressor, einen Kanal, welcher den Kompressor mit der Brennkammer verbindet, ein Ventil, einen Sicherheitsmechanismus und einen vom Anwender betätigbaren Taster aufweist, hat folgende Schritte. Der Kompressor wird ansprechend auf ein Betätigen des Sicherheitsmechanismus eingeschaltet. Die von dem Kompressor geförderte Luft strömt in den Kompressor mit einer Brennkammer verbindenden Kanal ein. Der Kanal mündet in der Brennkammer. Das Ventil wird geöffnet. Das Ventil verbindet nun den Kanal oder die Brennkammer mit der Umgebung damit wenigstens ein Teil der von dem Kompressor geförderten Luft in die Umgebung abfließt. Das Ventil wird ansprechend auf ein Betätigen des Tasters geschlossen. Ein brennbares Gas wird in die Brennkammer eingeleitet. Das Gasgemisch wird gezündet, wenn ein Druck der Luft in der Brennkammer einen vorgegebenen Wert erreicht. Der Kompressor wird ausgeschaltet, wenn ein Druck der Luft in der Brennkammer den vorgegebenen Wert erreicht.

[0007] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der Kompressor einen Elektromotor und ein Lüfterrad aufweist. Der Elektromotor wird auf eine Drehzahl von wenigstens 75 % einer Betriebsdrehzahl mit Betätigen des Sicherheitsmechanismus beschleunigt. Ansprechend auf das Betätigen des Tasters wird der Elektromotor auf die Betriebsdrehzahl von wenigstens 2.000 Umdrehungen pro Sekunde beschleunigt.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0008] Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand von exemplarischen Ausführungsformen und Figuren. In den Figuren zeigen:

Fig. 1 ein Setzgerät für Nägel

Fig. 2 ein Steuerungsdiagramm für das Setzgerät,

Fig. 3 ein Verlauf der Drehzahl eines Kompressors,

Fig. 4 ein Verlauf der Strom bzw. Leistungsaufnahme eines Elektromotors,

Fig. 5 ein Blockdiagramm einer Motorsteuerung für den Elektromotor

[0009] Gleiche oder funktionsgleiche Elemente werden durch gleiche Bezugszeichen in den Figuren indiziert, soweit nicht anders angegeben.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0010] Fig. 1 zeigt als Beispiel einer handgehaltenen Werkzeugmaschine schematisch ein brennkraftgetrie-

benes Setzgerät **1** für Nägel **2**. Das Setzgerät **1** drückt den Nagel **2** in Setzrichtung **3** in ein Werkstück. Die hierfür notwendige Energie wird durch Verbrennen eines Gasgemisches in einer Brennkammer **4** des Setzgeräts **1** bereitgestellt. Der Anwender kann das Setzgerät **1** während des Betriebs, d.h. beim Setzen der Nägel **2**, mittels eines Handgriffs **5** halten und führen. Das Setzgerät **1** ist hierfür entsprechend kompakt und leicht aufgebaut.

[0011] Die Brennkammer **4** ist in Setzrichtung **3** durch einen Kolben **6** abgeschlossen, der parallel zu der Setzrichtung **3** beweglich ist. Der Kolben **6** wird durch die sich ausdehnenden Verbrennungsgase in Setzrichtung **3** beschleunigt. Der Kolben **6** ist mit einem Stempel **7** versehen, welcher in einen Lauf **8** hineinragt. Ein Nagel **2** kann in den Lauf **8** eingelegt werden, einzeln per Hand oder automatisiert durch ein Magazin **9**. Der mit dem Kolben **6** bewegte Stempel **7** drückt den Nagel **2** aus dem Lauf **8** heraus, in das Werkstück hinein.

[0012] Den Setzvorgang löst der Anwender durch Betätigen eines Sicherheitstasters **10** und eines Auslösetasters **11** aus. Eine Gerätesteuerung **12** befüllt ansprechend auf das Betätigen die Brennkammer **4** mit dem Gasgemisch und zündet das Gasgemisch mittels eines Zünders **13** in der Brennkammer **4**.

[0013] Das Gasgemisch setzt sich aus einem brennbaren Gas und Luft zusammen. Das brennbare Gas enthält vorzugsweise leichtflüchtige, kurzketige Kohlenwasserstoffe. Das brennbare Gas wird vorzugsweise mittels einer Kartusche **14** bereitgestellt. Die Kartusche **14** ist in einer Aufnahme in dem Gehäuse **15** angeordnet. Die Kartusche **14** ist entnehmbar und gegen eine volle Kartusche **14** austauschbar oder die Kartusche **14** ist wiederbefüllbar. Ein steuerbares Dosierventil **16** ist zwischen der Kartusche **14** und der Brennkammer **4** angeordnet. Die Gerätesteuerung **12** öffnet und schließt das Dosierventil **16** und dosiert somit die Menge an brennbaren Gas, welche für einen Setzvorgang in die Brennkammer **4** eingespeist wird.

[0014] Die Brennkammer **4** wird durch einen Kompressor **17** aktiv mit Luft befüllt. Die Luft stellt den für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff bereit. Der Kompressor **17** beinhaltet ein Lüfterrad **18** und einen bürstenlosen Elektromotor **19**. Das Lüfterrad **18** ist als Radiallüfter ausgelegt, welcher die Luft längs seiner Achse ansaugt und in radialer Richtung ausbläst. Das Lüfterrad **18** fördert mit einer Umdrehung weniger als 5 ccm, z.B. zwischen 0,5 ccm (Kubikzentimeter) und 2 ccm. Die Betriebsdrehzahl ist größer als 2.000 (zwei Tausend) Umdrehungen pro Sekunde (120.000 rpm), um einen Luftstrom zwischen 2.000 ccm und 10.000 ccm pro Sekunde zu erreichen.

[0015] Der Kompressor **17** speist die Brennkammer **4** direkt. Zwischen dem Kompressor **17** und der Brennkammer **4** ist kein Puffer angeordnet, welcher von dem Kompressor **17** aufgeladen würde, und aus welchem bei Bedarf die Brennkammer **4** befüllt würde. Ein durchgehender Kanal **20** beginnt an dem Kompressor **17** und endet

an der Brennkammer **4**. Der Kanal **20** mündet in einem Einlassventil **21** der Brennkammer **4**. Das Einlassventil **21** ist von der Gerätesteuerung **12** gesteuert. Der Kanal **20** hat in der dargestellten Ausführungsform ein Bypassventil **22**. Der von dem Kompressor **17** erzeugte Luftstrom kann durch das geöffnete Bypassventil **22** in das Gehäuse **15**, d.h. in die Umgebung, abfließen. Die Gerätesteuerung **12** kann das Bypassventil **22** schließen, worauf der Luftstrom vollständig in die Brennkammer **4** strömt. Alternativ oder zusätzlich kann ein Bypassventil **23** in der Brennkammer **4** vorgesehen sein. Der Luftstrom fließt in die Brennkammer **4** ein, und kann durch das geöffnete Bypassventil **23** entweichen. Das Bypassventil **22**, **23**, ggf. einschließlich weiterer Leitungen, ist ausgelegt, geöffnet einen Luftstrom von wenigstens 1000 ccm pro Sekunde in die Umgebung abzuleiten.

[0016] Der Elektromotor **19** des Kompressors **17** wird aus einer Batterie **24** gespeist. Die Batterie **24** enthält vorzugsweise Batteriezellen auf Basis einer Lithium-Ionen Technologie. Die Batterie **24** kann neben der Brennkammer **4** und dem Kompressor **17** dauerhaft in dem Gehäuse **15** angeordnet sein, alternativ kann die Batterie **24** abnehmbar an dem Gehäuse **15** befestigt sein.

[0017] Der Setzvorgang wird mit Verweis auf das Steuerungsschema in Fig. 2 und den Zeitverlauf in Fig. 3 erläutert. Das Setzgerät **1** ist anfänglich **T01** in einem Ruhezustand **S01**. Die Brennkammer **4** ist entlüftet, in der Brennkammer **4** befindet sich im Wesentlichen nur Luft unter Umgebungsdruck. Der Kompressor **17** ist abgeschaltet und fördert keine Luft. Der Kolben **6** ist vorzugsweise in seiner das Volumen der Brennkammer **4** minimierenden Ausgangsstellung.

[0018] Der Anwender drückt den Lauf **8** gegen das Werkstück. Der beispielhafte Lauf **8** ist gegen eine Feder **25** in das Gehäuse **15** verschiebbar. Der Sicherheitstaster **10** wird dabei betätigt **T02**. Die Gerätesteuerung **12** prüft fortlaufend **S02**, ob der Sicherheitstaster **10** betätigt gehalten ist. Sollte der Anwender den Sicherheitstaster **10** lösen, indem das Setzgerät **1** nicht mehr an das Werkstück angepresst wird, unterbricht die Gerätesteuerung **12** den Setzvorgang und überführt das Setzgerät **1** in seinen Ruhezustand **S01**.

[0019] Ansprechend auf das Betätigen des Sicherheitstasters **10** wird der Kompressor **17** eingeschaltet **S03**. Die Drehzahl **26** des Elektromotors **19** wird von anfänglich Null auf einen Zwischenwert **27** beschleunigt. Der Zwischenwert **27** liegt beispielsweise über 2500 Umdrehungen pro Sekunde. Der Zwischenwert **27** liegt vorzugsweise zwischen 50 % und 90 % der Betriebsdrehzahl **28**. Die Gerätesteuerung **12** öffnet **S04** das Bypassventil **22**, **23** vorzugsweise zu Beginn oder während des Beschleunigens auf den Zwischenwert **27**. Das Einlassventil **21** der Brennkammer **4** kann dabei geöffnet sein. Falls das Bypassventil **23** in der Brennkammer **4** angeordnet ist, wird das Einlassventil **21** mit dem Bypassventil **23** geöffnet. Nach Erreichen **T03** des Zwischenwerts **27**, hält der Elektromotor **19** die Drehzahl **26** bei **S05**. Die Bypassventile **22**, **23** bleiben vollständig geöffnet. Die

Gerätesteuerung **12** wartet **S06** auf das Betätigen des Auslösetasters **11**. Falls der Auslösetaster **11** nicht innerhalb einer vorgegebenen Dauer nach dem Betätigen **T02** des Sicherheitstasters **10** erfolgt, wird der Kompressor **17** abgeschaltet. Das Setzgerät **1** kehrt in den Ruhezustand **S01** zurück.

[0020] Der Anwender betätigt nach dem Sicherheitstaster **10** den Auslösetaster **11 (T04)**. Die Gerätesteuerung **12** prüft **S07**, ob der Sicherheitstaster **10** nach wie vor betätigt ist, andernfalls wird der Setzvorgang abgebrochen. Ansprechend auf den betätigten Sicherheitstaster **10** beschleunigt **S08** der Kompressor **17** auf seine Betriebsdrehzahl **28**. Die Betriebsdrehzahl **28** ist größer als 2.000 Umdrehungen pro Sekunde (180.000 rpm). Die Förderleistung des Kompressors **17** erreicht einen Wert von 3 Liter pro Sekunde bis 10 Liter pro Sekunde.

[0021] Das Bypassventil **22** wird ansprechend auf das Betätigen des Auslösetasters **11** geschlossen **S09**. Das Schließen **S09** erfolgt vorzugsweise mit Beginn **T04** des Beschleunigens, kann auch während des Beschleunigens oder bei Erreichen **T05** der Betriebsdrehzahl **28** erfolgen. Der Luftstrom fließt nun vollständig in die Brennkammer **4** ein. Die Brennkammer **4** ist nicht hermetisch dicht abgeschlossen, sondern ermöglicht einen Abfluss zwischen 0,3 und 0,8 Liter pro Sekunde. Beispielsweise kann das Bypassventil **23** offen bleiben oder nur teilweise geschlossen werden. Der winzige Radiallüfter kann nur einen geringen statischen Druckunterschied aufbauen. Die Funktionsweise erfordert permanent einen hohen Luftstrom, auch wenn der Solldruck im Wesentlichen bereits erreicht ist. Der Druck in der Brennkammer **4** erhöht sich aufgrund des höheren Zuflusses als Abflusses auf einen Sollwert zwischen 1,3 und 3,5. Der Sollwert (Kompression) ist einheitslos als Druckverhältnis der Luft in der Brennkammer **4** zu der Umgebung angegeben. Die Kompression wird durch die Gerätesteuerung **12** vorgegeben. Die Gerätesteuerung **12** ermittelt die Kompression basierend auf der Umgebungstemperatur und dem Umgebungsdruck. Die Gerätesteuerung **12** ermittelt **S10** eine Dauer (Zeitpunkt **T06**), welche der Kompressor **17** benötigt, um die Kompression in der Brennkammer **4** zu erreichen. Bis dahin wird der Kompressor **17** mit der Betriebsdrehzahl **28** betrieben **S11**.

[0022] Nachdem die Bypassventile **22, 23** geschlossen sind, wird das brennbare Gas in die Brennkammer **4** eingespritzt **S12**. Die Menge des brennbaren Gases ermittelt die Gerätesteuerung **12** basierend auf der Umgebungstemperatur und dem Umgebungsdruck. Die Menge brennbaren Gases und die Menge der Luft sind aufeinander abgestimmt, um eine gewünschte Setzen-
50
ergie zu erreichen. Der Zeitpunkt für das Einspritzen des brennbaren Gases ist auf die Verwendung des Typs des Bypassventils **22, 23** abgestimmt. Bei dem Bypassventil **23** hinter der Brennkammer **4** erweist es sich als vorteilhaft, das brennbare Gas erst kurz vor Erreichen der Kompression in die Brennkammer **4** einzuspritzen. Der Druck in der Brennkammer **4** sollte beispielsweise mehr als 75 % des Solldrucks bereits erreicht haben. Bei dem By-

passventil vor der Brennkammer **4** erweist es sich als vorteilhaft, das brennbare Gas frühzeitig einzuspeisen, wenn im Wesentlichen noch kein Druck in der Brennkammer **4** aufgebaut ist. Die Brennkammer **4** ist nicht druckdicht ausgelegt. Ein Luftstrom aus der Brennkammer **4** ist erwünscht, da der schnell-drehende Kompressor **17** einen permanenten Luftstrom benötigt. Jedoch soll dabei nicht das kostbare Brenngas mit ausgespült werden. Allerdings soll das brennbare Gas vor Erreichen der Kompression eingespeist sein. Mit Schließen des Einlassventils **21** fällt der Druck rasch ab, beispielsweise wenigstens 0,1 bar pro 100 ms (Millisekunden).

[0023] Sobald die Gerätesteuerung **12** ermittelt **S13**, dass die Dauer verstrichen **T06** ist, d.h. der Soll-druck erreicht ist, wird das Einlassventil **21** geschlossen **S14** und der Kompressor **17** abgeschaltet **S15**. Alternativ oder zusätzlich kann ein Drucksensor **29** in der Brennkammer **4** vorgesehen sein, der das Erreichen der Kompression ermittelt.

[0024] Sobald das Einlassventil **21** geschlossen ist **T06**, wird das brennbare Gas gezündet **S16**. Die Gerätesteuerung **12** übermittelt ein entsprechendes Steuerungssignal an den Zünder **13**. Die Dauer **T04-T06** zwischen dem Betätigen des Auslösetasters **11** durch den Anwender und dem Zünden **S15** liegt im Bereich von 50 ms bis 150 ms. Die Dauer **T04-T06** ist in Hinblick auf Sicherheitserfordernisse kurz gewählt. Der Anwender sollte in dieser Zeit nicht in der Lage sein, das Setzgerät **1** von dem Werkstück abzuheben. Der Kolben **6** wird wie beschrieben beschleunigt und treibt den Nagel **2** in das Werkstück. Das Erkalten der Verbrennungsgase führt zu einem Unterdruck in der Brennkammer **4**, was den Kolben **6** in seine Ausgangsstellung zurückzieht. Das Einlassventil **21** ist dabei geschlossen, ebenso das Bypassventil **23**.

[0025] Der Kompressor **17** und die Batterie **24** für die Versorgung des Kompressors **17** sind zusätzliche Komponenten, welche mit ihrem Gewicht zu dem Gesamtgewicht des Setzgeräts **1** beitragen. Die Kompression der Luft ermöglicht jedoch die Brennkammer **4** kleiner ausulegen, da in dem geringeren Volumen die gleiche Sauerstoffmenge eingebracht wird. Das Volumen und Gewicht der Brennkammer **4** kann reduziert werden. Die effektive Gewichtsreduktion ist wohl nur für ein Kompressionsverhältnis zwischen 1,3 und 3,5 realisierbar. Die Gewichtsänderung der Brennkammer **4** für ein Kompressionsverhältnis von weniger als 1,3 wiegt die zusätzlichen Komponenten noch nicht auf. Ein Kompressionsverhältnis von mehr als 3,5 ermöglicht zwar eine sehr leichte Brennkammer **4**, jedoch wird der Vorteil durch Gewicht des Kompressors oder Probleme mit der Dauerfestigkeit des Kompressors aufgehoben. Mit einer Kompression zwischen 1,3 und 3,5 kann eine Verringerung des Gesamtgewichts erreicht werden, wenn der Kompressor **17** mit einer hohen Drehzahl **26** und einem kleinen Radiallüfter ausgelegt wird. Die Drehzahl **26** soll über 2.000 Umdrehungen pro Sekunde liegen. Falls eine Kompression **[K]** von größer als 1,3 benötigt ist, ist eine

Steigerung der Drehzahl [D] **26** von wenigstens jeweils 67 Umdrehungen pro Sekunde für jedes Prozentpunkt der Kompression erforderlich: $D = 6.700 (K-1)$.

[0026] Der Elektromotor **19** wird von einem Batteriepaket **24** gespeist. Die hohen Beschleunigungswerte des Elektromotors **19** führen zu hohen Spitzenströmen, welche insbesondere gängige Batteriezellen basierend auf Lithium-Ionen Technologie erheblich belasten. Der Elektromotor **19** ist daher mit einer Motorsteuerung **30** versehen, welche die hohe Beschleunigung bei mäßiger Belastung des Batteriepakets **24** erreicht. Die Motorsteuerung **30** regelt die Leistungsaufnahme **31** des Elektromotors **19** während der Beschleunigungsphase auf eine Soll-Leistung **32** aus. Die Besonderheit der geregelten Leistungsaufnahme ist, dass anfänglich ein hoher Strom **33** in den noch ruhenden Elektromotor **19** eingespeist wird und der Strom **33** mit steigender Drehzahl des Elektromotors **19** verringert wird. Mit der Drehzahl **26** steigt die über dem Elektromotor **19** abfallende Spannung **34**, welche multipliziert mit dem Strom **33** die Leistungsaufnahme **31** definiert.

[0027] Die Motorsteuerung **30** regelt vorzugsweise die Drehzahl **26** des Elektromotors **19** auf einen Sollwert **35**. Der Sollwert **35** kann je nach Phase des Setzens der Zwischenwert **27** oder die Betriebsdrehzahl **28** sein. Die beispielhafte Motorsteuerung **30** ist in dem Blockschaltbild von Fig. 5 dargestellt. Der Elektromotor **19** ist mit einem Sensor **36** zum Bestimmen der aktuellen Ist-Drehzahl **26** versehen. Der Sensor **36** kann beispielsweise einen Hallsensor beinhalten oder die Drehzahl anhand der periodisch variierten induzierten Spannung in den Motorspulen bestimmen. Andere Sensoren, welche bei bürstenlosen Motoren gebräuchlich sind, können gleichfalls zur Anwendung kommen. Ein Komparator **37** vergleicht die Soll-Drehzahl **35** mit der Ist-Drehzahl **26** und gibt ein entsprechendes Stellsignal **38** aus. Das Stellsignal **38** ist ein Maß für den Strom, welcher in den Elektromotor **19** eingespeist werden soll. Ein Begrenzer **39** vergleicht das Stellsignal **38** mit einem zulässigen Grenzwert und verringert das Stellsignal **38** bei Überschreiten des Grenzwerts auf den Grenzwert. Das limitierte Stellsignal **40** wird einer Regelschleife **41** zugeführt, welche den Strom **33** in dem Elektromotor **19** mit einem Komparator **42** auf das limitierte Stellsignal **40** ausregelt. Die Regelschleife **41** kann beispielsweise die an dem Elektromotor **19** anliegende Spannung **34**, ein Pulsweitenverhältnis etc. zum Regeln des Stroms **33** verändern.

[0028] Die Drehzahlregelung der Motorsteuerung **30** ist durch eine Rückkopplung der Ist-Drehzahl **26** in den Begrenzer **39** um die Leistungsregelung beim Beschleunigen ergänzt. Während des Beschleunigens des Elektromotors **19** führt die noch große Abweichung der Ist-Drehzahl **26** von der Soll-Drehzahl **35**, dazu dass der Begrenzer **39** das Stellsignal **38** auf den Grenzwert limitiert. Der Begrenzer **39** stellt den Grenzwert [G] invers proportional zu der Ist-Drehzahl [D] **26** ein: $G = a / D$. Der Grenzwert ist anfänglich bei niedriger Ist-Drehzahl **26** hoch, wodurch gefordert von dem Stellsignal **38** ein ent-

sprechend hoher Strom **33** in den Elektromotor **19** eingepreßt wird. Der höchste Strom **33** ergibt sich beim Beschleunigen aus der Ruhe heraus. Ein Proportionalitätsfaktor [a] ist vorzugsweise derart gewählt, dass beim Beschleunigen aus der Ruhe heraus, die maximal zulässige Leistung der Batterie **24** abgerufen wird. Der Proportionalitätsfaktor kann fest vorgegeben sein. Bevorzugt wird der Proportionalitätsfaktor in Abhängigkeit des Ladezustands der Batterie **24** bestimmt. Der Proportionalitätsfaktor wird mit fallendem Ladezustand verringert. Ferner kann der Proportionalitätsfaktor mit sinkender Umgebungstemperatur verringert werden. Mit steigender Ist-Drehzahl **26** verringert sich der Grenzwert und ebenso der in dem Elektromotor **19** fließende Strom **33**. Wenn der Elektromotor **19** die Soll-Drehzahl **35** erreicht hat, ist das Stellsignal **38** gering und nicht mehr durch den Grenzwert beeinflusst. Die Leistungsregelung ist nicht mehr aktiv.

[0029] Die Motorsteuerung **30** kann gleichermaßen für einen Motor **43** verwendet werden, der den Kolben **6** in der Brennkammer **4** entgegen der Setzrichtung **3** in die Grundstellung zurückführt. Der Motor **43** kann über ein Getriebe **44** mit dem Kolben **6** verbunden sein. Das Getriebe **44** hat vorzugsweise einen Freilauf, welcher bei einer Bewegung des Kolbens **6** in Setzrichtung **3** den Motor **43** abkoppelt.

[0030] Das Setzgerät **1** hat einen Temperatursensor **45**, um die Temperatur der Umgebung zu bestimmen. Die Gerätesteuerung **12** ermittelt basierend auf der Temperatur die Menge brennbaren Gases und die Menge von Luft, um den Nagel **2** mit der gewünschten Setzenergie zu setzen. Die Stütztabelle enthält für unterschiedliche Temperaturen und für unterschiedliche Setzenergien die zugehörigen Mengen brennbaren Gases und Luft bzw. Druck in der Brennkammer **4**. Die Kompression der Luft wird mit abnehmender Temperatur verringert, zudem wird die Menge brennbaren Gases in der Brennkammer **4** verringert.

[0031] Das Setzgerät **1** kann ein Stellelement **46** aufweisen, das dem Anwender ermöglicht die Setzenergie einzustellen. Eine Variation der Setzenergie ist beispielsweise vorteilhaft, um das Setzen in unterschiedlichen Untergrund zu optimieren oder das Setzen eines Nagels **2** mit einer weichen Unterlegscheibe aus Silikon zu ermöglichen. Die Gerätesteuerung **12** erfasst die eingestellte Setzenergie und bestimmt anhand von Tabellen die notwendige Menge brennbaren Gases und den in der Brennkammer **4** zu erreichenden Druck. Letzteres legt die Menge von Sauerstoff in der Brennkammer **4** fest. Die einzelnen Werte können durch Versuchsreihen vorab bestimmt und in einer Tabelle abgelegt sein. Die Motorsteuerung **30** passt vorzugsweise die Betriebsdrehzahl **28** in Abhängigkeit des zu erreichenden Drucks an, bei verringertem Druck ist eine geringere Drehzahl **26** ausreichend.

Patentansprüche

1. Handwerkzeugmaschine (1) zum Setzen eines Nagels (2) mit:

einem von einem Anwender durch Anpressen der Handwerkzeugmaschine an ein Werkstück betätigbaren Sicherheitsmechanismus (10) und einen betätigbaren Taster (11) zum Auslösen eines Setzens des Nagels (2);
einer Brennkammer (4), in welcher ein Gemisch aus brennbaren Gas und Luft zündbar ist;
einem Kolben (6), der in der Brennkammer (4) von Verbrennungsgasen in Setzrichtung (3) bewegbar angeordnet ist;
einem an dem Kolben (6) angeordneten Stempel (7) zum Vortreiben des Nagels (2);
einem Kompressor (17) zum Verdichten der Luft in der Brennkammer (4),
einem Kanal (20), der den Kompressor (17) mit der Brennkammer (4) verbindet,

gekennzeichnet durch

ein Ventil (22, 23), das den Kanal (20) oder die Brennkammer (4) mit der Umgebung verbindet, wobei das Ventil (22, 23) zwischen dem Betätigen des Sicherheitsmechanismus (10) und dem Betätigen des Tasters (11) geöffnet ist.

2. Handwerkzeugmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (17) ab Betätigen des Sicherheitsmechanismus (10) eingeschaltet ist.

3. Handwerkzeugmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil (22, 23) ausgelegt ist, einen Luftstrom von wenigstens 1000 ccm pro Sekunde des Kompressors (17) in die Umgebung abzuleiten.

4. Handwerkzeugmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil (22, 23) nach Betätigen des Tasters (11) geschlossen ist.

5. Handwerkzeugmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (17) einen Elektromotor (19) und ein Lüfterrad (18) aufweist.

6. Steuerungsverfahren für eine Handwerkzeugmaschine (1) zum Setzen von Nägeln, die eine Brennkammer (4), einen Kompressor (17), einen Kanal (20), welcher den Kompressor (17) mit der Brennkammer (4) verbindet, ein Ventil, einen Sicherheitsmechanismus (10) und einen vom Anwender betätigbaren Taster (11) aufweist, mit folgenden Schritten:

Einschalten des Kompressors (17) ansprechend auf ein Betätigen des Sicherheitsmechanismus (10) durch Anpressen der Handwerkzeugmaschine an ein Werkstück, wobei eine von dem Kompressor (17) geförderte Luft in einen den Kompressor (17) mit einer Brennkammer (4) verbindenden Kanal (20) einströmt, Öffnen des Ventils (22, 23), das geöffnet den Kanal (20) oder die Brennkammer (4) mit der Umgebung verbindet, damit wenigstens ein Teil der von dem Kompressor (17) geförderten Luft in die Umgebung abfließt, Schließen des Ventils (22, 23) ansprechend auf ein Betätigen des Tasters (11), Einspeisen eines brennbaren Gases in die Brennkammer (4), Zünden des Gasgemisches, wenn ein Druck der Luft in der Brennkammer (4) einen vorgegebenen Wert erreicht, und Ausschalten des Kompressors (17), wenn der Druck der Luft in der Brennkammer (4) den vorgegebenen Wert erreicht.

7. Steuerungsverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kompressor (17) einen Elektromotor (19) und ein Lüfterrad (18) aufweist, wobei der Elektromotor (19) auf eine Drehzahl (26) von wenigstens 75 % einer Betriebsdrehzahl (28) mit Betätigen des Sicherheitsmechanismus beschleunigt wird und ansprechend auf Betätigen des Tasters (11) auf die Betriebsdrehzahl (28) von wenigstens 2.000 Umdrehungen pro Sekunde beschleunigt wird.

Claims

1. Hand-held power tool (1) for setting a nail (2), comprising:

a safety mechanism (10) which can be actuated by a user by pressing the hand-held power tool against a workpiece and a button (11) which can be activated to trigger setting of a nail (2);
a combustion chamber (4) in which a mixture of combustible gas and air can be ignited;
a piston (6) which is arranged in the combustion chamber (4) and is movable in the setting direction (3) by combustion gases;
a plunger (7) arranged on the piston (6) for driving the nail (2);
a compressor (17) for compressing the air in the combustion chamber (4);
a passage (20) which connects the compressor (17) to the combustion chamber (4),
characterised by
a valve (22, 23) which connects the passage (20) or the combustion chamber (4) to the envi-

ronment, the valve (22, 23) being open between the actuation of the safety mechanism (10) and the actuation of the button (11).

2. Hand-held power tool (1) according to Claim 1, **characterised in that** the compressor (17) is switched on upon actuation of the safety mechanism (10). 5
3. Hand-held power tool (1) according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the valve (22, 23) is designed to divert an air flow of at least 1000 cm³ per second of the compressor (17) into the environment. 10
4. Hand-held power tool (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the valve (22, 23) is closed after the button (11) has been actuated. 15
5. Hand-held power tool (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the compressor (17) includes an electric motor (19) and a fan wheel (18). 20
6. Control method for a hand-held power tool (1) for setting nails comprising a combustion chamber (4), a compressor (17), a passage (20) connecting the compressor (17) to the combustion chamber (4), a valve, a safety mechanism (10) and a button (11) actuable by the user, the control method comprising the following steps: 25
 - switching on the compressor (17) in response to an actuation of the safety mechanism (10) by pressing the hand-held power tool against a workpiece, whereby air delivered by the compressor (17) flows into a passage (20) connecting the compressor (17) to a combustion chamber (4), 30
 - opening the valve (22, 23) which, when opened, connects the passage (20) or the combustion chamber (4) to the environment, so that at least a portion of the air delivered by the compressor (17) is discharged into the environment, 35
 - closing the valve (22, 23) in response to an actuation of the button (11), 40
 - feeding a combustible gas into the combustion chamber (4), 45
 - igniting the gas mixture when a pressure of the air in the combustion chamber (4) reaches a predetermined value, and 50
 - switching off the compressor (17) when the pressure of the air in the combustion chamber (4) reaches the predefined value.
7. Control method according to Claim 6, **characterised in that** the compressor (17) includes an electric motor (19) and a fan wheel (18), the electric motor (19) being accelerated to a rotational speed (26) of at 55

least 75% of an operating rotational speed (28) upon actuation of the safety mechanism, and is accelerated to the operating rotational speed (28) of at least 2000 revolutions per second in response to actuation of the button (11).

Revendications

1. Machine-outil manuelle (1) destinée à poser un clou (2), comportant :
 - un mécanisme de sécurité (10) pouvant être actionné par un utilisateur en pressant la machine-outil manuelle sur une pièce, et un bouton-poussoir (11) pouvant être actionné pour déclencher la pose du clou (2),
 - une chambre de combustion (4) dans laquelle un mélange constitué d'un gaz combustible et d'air peut être enflammé,
 - un piston (6) agencé dans la chambre de combustion (4) de manière à pouvoir être déplacé par des gaz de combustion dans une direction de pose (3),
 - un poinçon (7) agencé sur le piston (6) pour pousser le clou (2) vers l'avant,
 - un compresseur (17) pour comprimer l'air dans la chambre de combustion (4),
 - un canal (20) reliant le compresseur (17) à la chambre de combustion (4),
 - caractérisée par**
 - un clapet (22, 23) établissant une liaison entre le canal (20) ou la chambre de combustion (4) et le milieu environnant, le clapet (22, 23) étant ouvert entre l'actionnement du mécanisme de sécurité (10) et l'actionnement du bouton-poussoir (11).
2. Machine-outil manuelle (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le compresseur (17) est mis en marche dès l'actionnement du mécanisme de sécurité (10).
3. Machine-outil manuelle (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le clapet (22, 23) est conçu pour dévier un écoulement d'air d'au moins 1 000 cm³ par seconde du compresseur (17) dans le milieu environnant.
4. Machine-outil manuelle (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le clapet (22, 23) est fermé après l'actionnement du bouton-poussoir (11).
5. Machine-outil manuelle (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le compresseur (17) comporte un moteur électrique (19) et une roue de ventilateur (18).

6. Procédé de commande pour une machine-outil manuelle (1) destinée à poser des clous, la machine-outil manuelle comportant une chambre de combustion (4), un compresseur (17), un canal (20) reliant le compresseur (17) à la chambre de combustion (4), un clapet, un mécanisme de sécurité (10) et un bouton-poussoir (11) pouvant être actionné par l'utilisateur, comportant les étapes suivantes consistant à :

mettre en marche le compresseur (17) en réponse à un actionnement du mécanisme de sécurité (10) en pressant la machine-outil manuelle sur une pièce, dans lequel de l'air fourni par le compresseur (17) s'écoule dans un canal (20) reliant le compresseur (17) à une chambre de combustion (4),
 ouvrir le clapet (22, 23) qui, à l'état ouvert, relie le canal (20) ou la chambre de combustion (4) à le milieu environnant, de sorte qu'au moins une partie de l'air fourni par le compresseur (17) est évacuée dans le milieu environnant,
 fermer le clapet (22, 23) en réponse à un actionnement du bouton-poussoir (11),
 introduire un gaz combustible dans la chambre de combustion (4),
 enflammer le mélange gazeux lorsqu'une pression de l'air dans la chambre de combustion (4) atteint une valeur prédéfinie, et
 arrêter le compresseur (17) lorsque la pression de l'air dans la chambre de combustion (4) atteint la valeur prédéfinie.

7. Procédé de commande selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le compresseur (17) comporte un moteur électrique (19) et une roue de ventilateur (18), dans lequel le moteur électrique (19) est accéléré à une vitesse de rotation (26) égale à au moins 75 % d'une vitesse de rotation opérationnelle (28) en actionnant le mécanisme de sécurité, et est accéléré en réponse à l'actionnement du bouton-poussoir (11) jusqu'à la vitesse de rotation opérationnelle (28) d'au moins 2 000 tours par seconde.

45

50

55

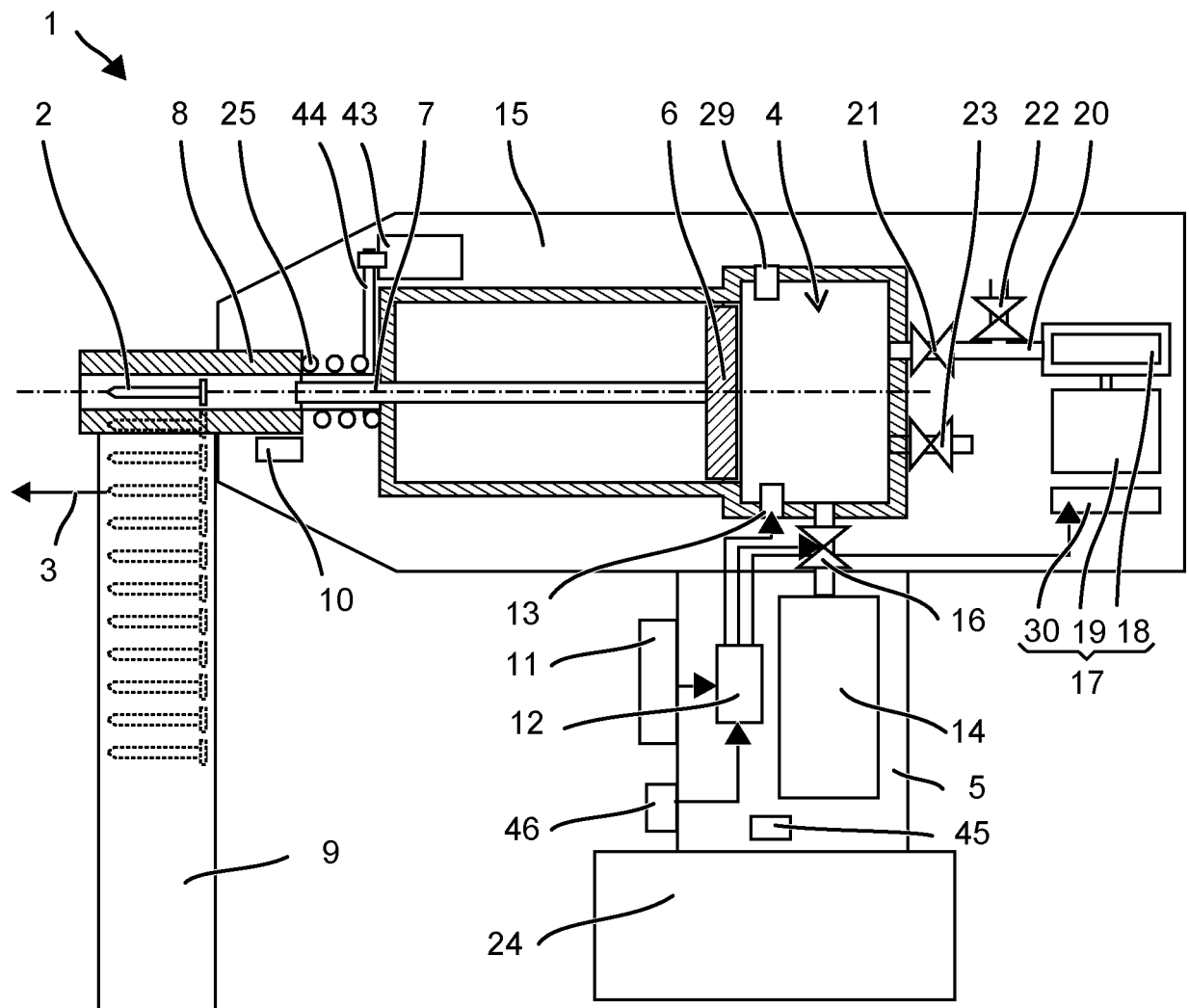


Fig. 1

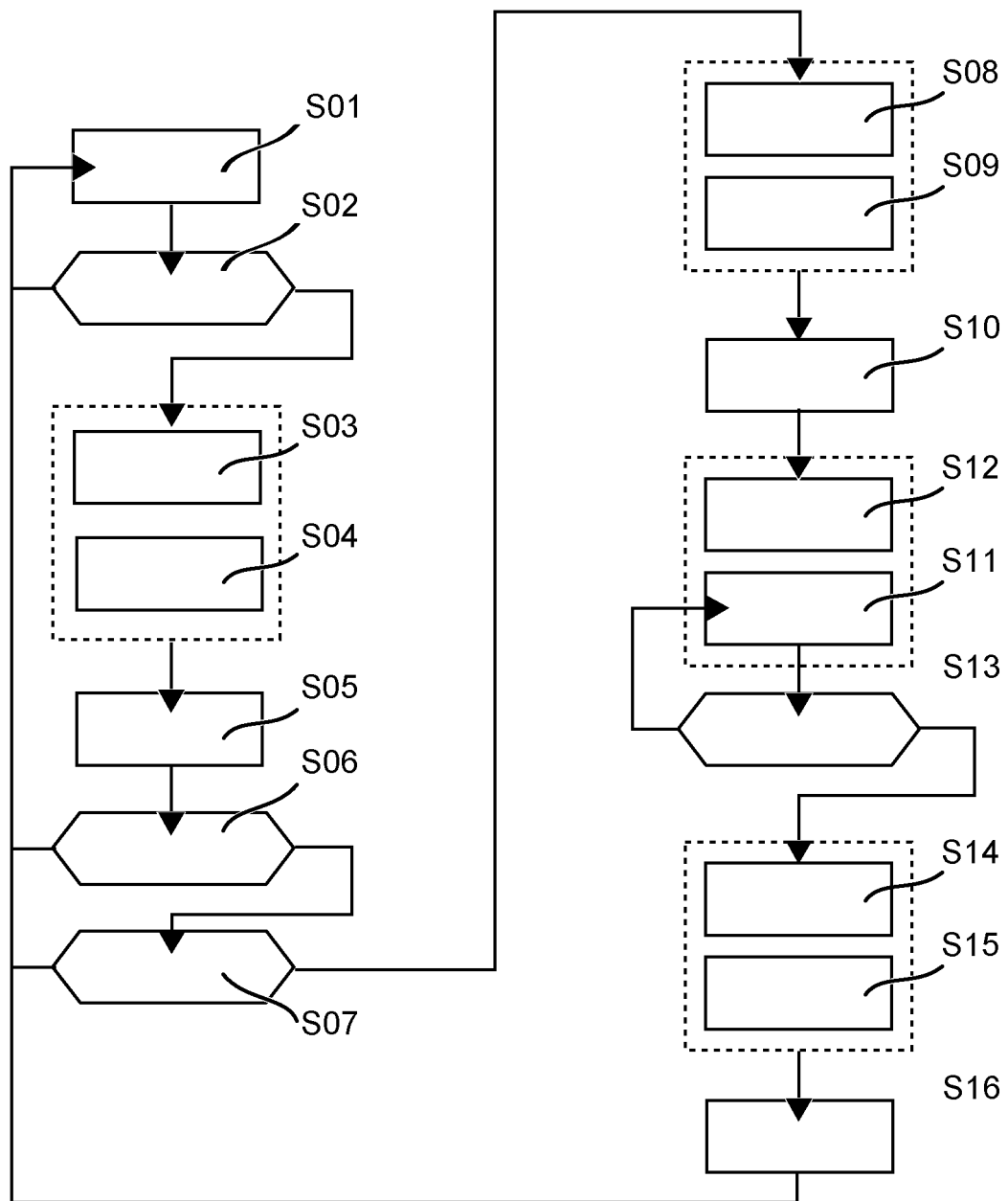


Fig. 2

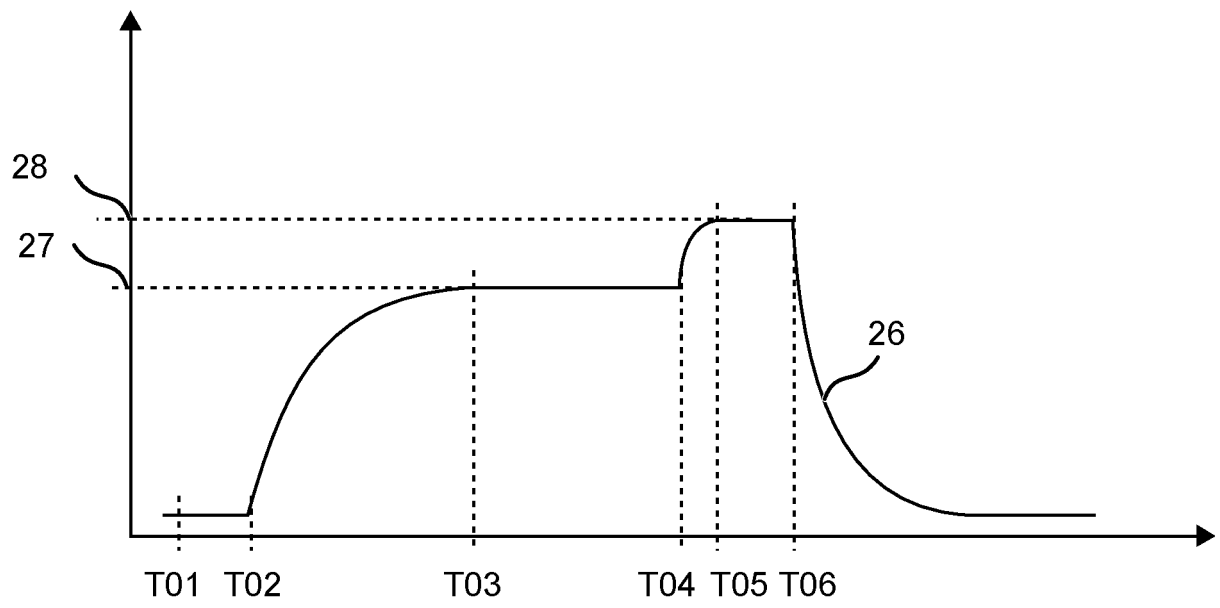


Fig. 3

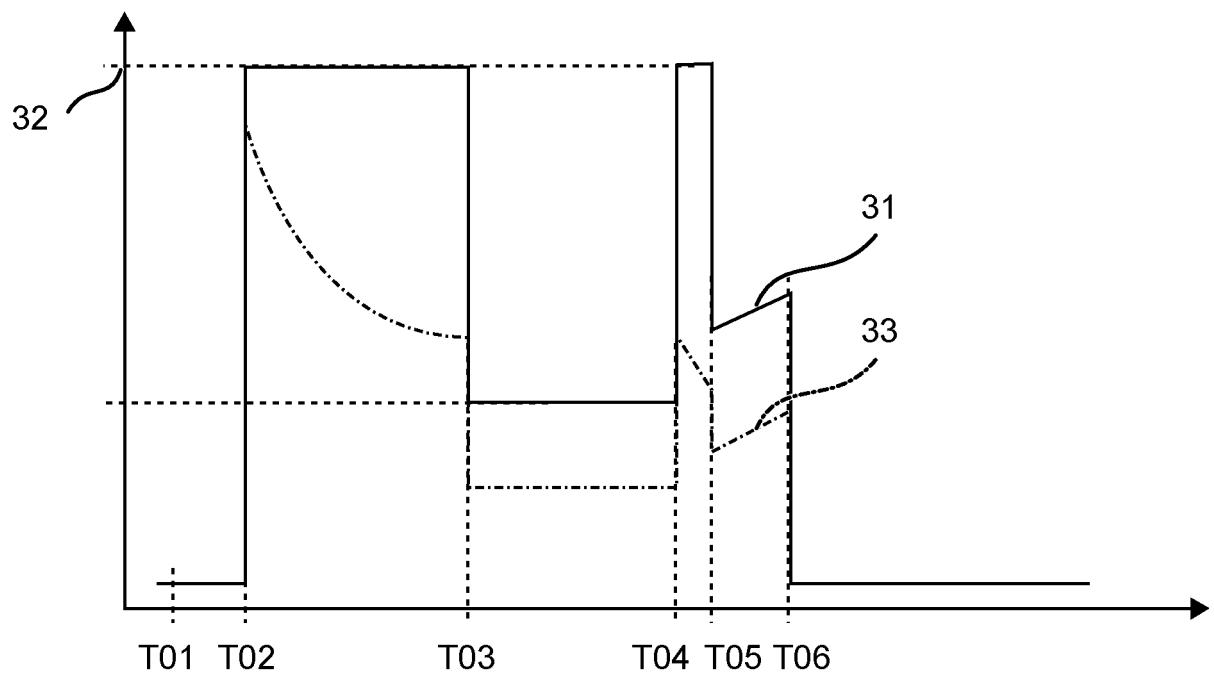


Fig. 4

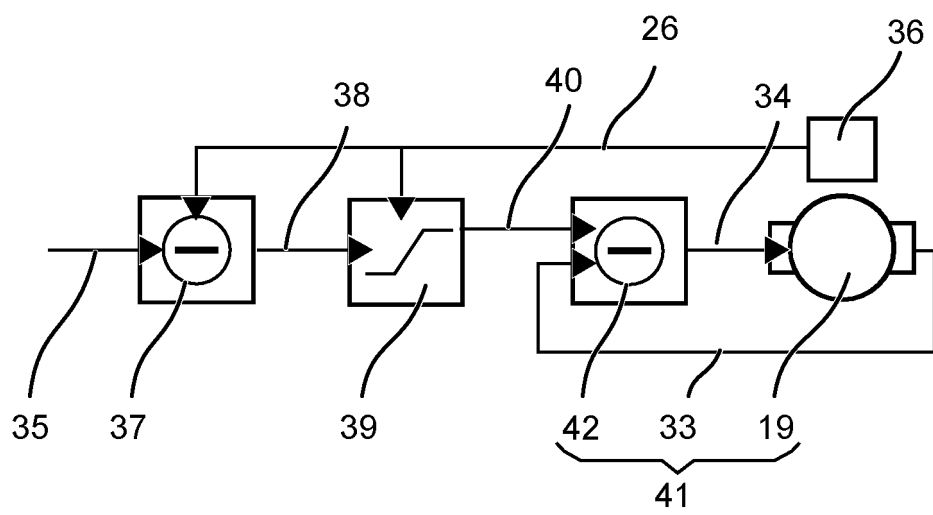


Fig. 5

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

- US 2010108736 A [0001]
- WO 2005063449 A1 [0001]
- US 2004134961 A [0001]