

(19)



(11)

EP 2 826 601 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2015 Patentblatt 2015/04

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

(21) Anmeldenummer: **13176597.6**

(22) Anmeldetag: **16.07.2013**

(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

- **Boehm, Christoph**
9473 Gams (CH)
- **Bralla, Dario**
9470 Buchs (CH)

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

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

(72) Erfinder:
• **Raggl, Klaus**
8050 Zürich (CH)

(54) Steuerungsverfahren und Handwerkzeugmaschine

(57) Ein Steuerungsverfahren ist für eine Handwerkzeugmaschine ausgelegt, die einen Elektromotor, eine Stromquelle zum Versorgen des Elektromotors und einen Taster, zum Aktivieren einer Betriebsfunktion der Handwerkzeugmaschine aufweist. Ansprechend auf ein

Betätigen des Tasters, wird der Elektromotor auf eine Soll-Drehzahl beschleunigt. Während des Beschleunigens regelt eine Motorsteuerung eine Leistungsaufnahme des Elektromotors auf eine konstante Soll-Leistung aus.

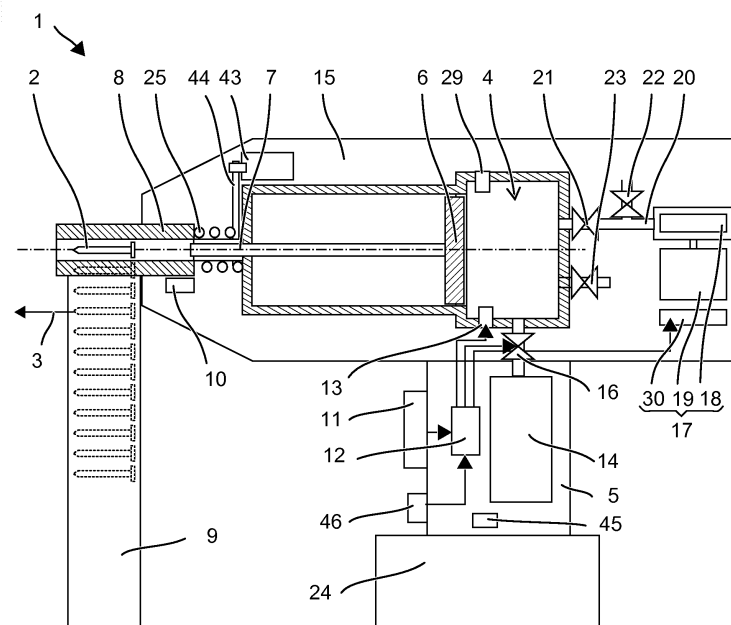


Fig. 1

EP 2 826 601 A1

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine handgehaltene Werkzeugmaschine, wie sie unter Anderem beispielsweise aus US 2010/108736 A 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] Das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren ist für eine Handwerkzeugmaschine ausgelegt, die einen Elektromotor, eine Stromquelle zum Versorgen des Elektromotors und einen Taster, zum Aktivieren einer Betriebsfunktion der Handwerkzeugmaschine aufweist. Der Elektromotor kann insbesondere Teil eines Kompressors mit einem Lüfterrad auf der Motorwelle sein, insbesondere bei einem gasbetriebenen Setzgerät. Ebenso kann der Elektromotor zum Rückholen eines Kolbens in eine Brennkammer eines Setzgerätes eingesetzt sein. Ansprechend auf ein Betätigen des Tasters, wird der Elektromotor auf eine Soll-Drehzahl beschleunigt. Während des Beschleunigens regelt eine Motorsteuerung eine Leistungsaufnahme des Elektromotors auf eine konstante Soll-Leistung aus.

[0003] Das Batteriepaket trägt mit einem großen Anteil zu dem Gesamtgewicht einer Handwerkzeugmaschine bei. Das Batteriepaket wird entsprechend einer geforderten Kapazität, nomineller Spannung, und ihrer zulässigen Belastbarkeit hinsichtlich der Maximalleistung ausgewählt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht das Gesamtgewicht zu verringern, da dieses die Anforderungen an die zulässige Belastbarkeit reduziert. Die Maximalleistung des Batteriepakets, oder anderer Stromquellen z.B. zu kühlender Leistungsbaulemente, wird nur in Hinblick auf die Soll-Leistung während der Beschleunigungsphase des Elektromotors ausgelegt. Das Steuerungsverfahren ist allerdings nachteilig in Hinblick auf den Energieverbrauch aufgrund der höheren ohmschen Verluste. Für die gleiche Beschleunigungsarbeit wird ein größerer Strom eingepreßt, als bei einer herkömmlichen Beschleunigung mit einem konstanten Strom.

[0004] Die Motorsteuerung kann einen Strom in dem Elektromotor auf einen Grenzwert beschränken. Ein

Sensor bestimmt eine Drehzahl des Elektromotors. Die Motorsteuerung verringert den Grenzwert mit zunehmender Drehzahl. Das Steuerungsverfahren prägt keinen konstanten Strom in den Elektromotor ein, sondern einen mit der Drehzahl sich verringernenden Strom. Der Grenzwert ist vorzugsweise etwa invers proportional zu der Drehzahl.

[0005] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der ruhende Elektromotor mit einem maximalen Strom beschleunigt und der Strom mit zunehmender Drehzahl des Elektromotors bis zum Erreichen der Soll-Drehzahl reduziert wird.

[0006] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der Elektromotor ein Lüfterrad antreibt, welches Luft in eine Brennkammer der Handwerkzeugmaschine fördert.

[0007] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der Elektromotor ausgeschaltet wird, wenn ein Druck in der Brennkammer einen Sollwert erreicht. Aus einer Kartusche kann brennbares Gas in die Brennkammer eingespeist werden und das Gemisch aus brennbaren Gas und Luft bei Erreichen des Sollwerts gezündet werden.

[0008] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der Elektromotor einen Kolben einer Brennkammer der Handwerkzeugmaschine in eine Grundstellung zurücktreibt.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0009] 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

[0010] Gleiche oder funktionsgleiche Elemente werden durch gleiche Bezugszeichen in den Figuren indiziert, soweit nicht anders angegeben.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0011] Fig. 1 zeigt als Beispiel einer handgehaltenen Werkzeugmaschine schematisch ein brennkraftgetriebenes 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 Setz-

gerät **1** ist hierfür entsprechend kompakt und leicht aufgebaut.

[0012] 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.

[0013] 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**.

[0014] Das Gasgemisch setzt sich aus einem brennbaren Gas und Luft zusammen. Das brennbare Gas enthält vorzugsweise leichtflüchtige, kurzkettige 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.

[0015] 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.

[0016] 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 Ge-

rätesteuerung **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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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**.

[0020] 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.

[0021] Der Anwender betätigt nach dem Sicherheits-

taster **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.

[0022] 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**.

[0023] 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 Setzenergie 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 Bypassventil 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 schnelldrehende 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).

[0024] Sobald die Gerätesteuerung **12** ermittelt S13, dass die Dauer verstrichen T06 ist, d.h. der Solldruck 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.

[0025] 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**.

[0026] 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: $D = 6.700 (K-1)$.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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 ein: $G = a / D$. Der Grenzwert ist anfänglich bei niedriger Ist-Drehzahl **26** hoch, wodurch gefordert von dem Stellsignal **38** ein entsprechend 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.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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. Steuerungsverfahren für eine Handwerkzeugmaschine (1), die einen Elektromotor (19), eine Stromquelle (24) zum Versorgen des Elektromotors (19) und einen Taster (10, 11) zum Aktivieren einer Betriebsfunktion der Handwerkzeugmaschine (1) aufweist, wobei ansprechend auf ein Betätigen des Tas-

- ters (10, 11) der Elektromotor (19) auf eine Soll-Drehzahl (35) beschleunigt wird und während des Beschleunigens eine Motorsteuerung (30) eine Leistungsaufnahme des Elektromotors (19) auf eine Soll-Leistung (32) ausregelt. 5
2. Steuerungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (36) eine Drehzahl (26) des Elektromotors (19) bestimmt und die Motorsteuerung (30) einen Strom (33) in dem Elektromotor (19) auf einen Grenzwert beschränkt, und die Motorsteuerung (30) den Grenzwert mit zunehmender Drehzahl (26) verringert. 10
3. Steuerungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grenzwert invers proportional zu der Drehzahl (26) ist. 15
4. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ruhende Elektromotor (19) mit einem maximalen Strom (33) beschleunigt und der Strom (33) mit zunehmender Drehzahl (26) des Elektromotors (19) bis zum Erreichen der Soll-Drehzahl (35) reduziert wird. 20 25
5. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (19) ein Lüfterrad (18) antreibt, welches Luft in eine Brennkammer (4) der Handwerkzeugmaschine (1) fördert. 30
6. Steuerungsverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (19) ausgeschaltet wird, wenn ein Druck in der Brennkammer (4) einen Sollwert erreicht. 35
7. Steuerungsverfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus einer Kartusche (14) brennbares Gas in die Brennkammer (4) eingespeist wird und das Gemisch aus brennbaren Gas und Luft bei Erreichen des Drucks gezündet wird. 40
8. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (19) einen Kolben (6) entgegen einer Setzrichtung (3) in eine Brennkammer (4) der Handwerkzeugmaschine (1) schiebt. 45
9. Handwerkzeugmaschine (1) zum Setzen eines Nagels (2) mit: 50
- einem von einem Anwender betätigbaren Taster (11) zum Auslösen eines Setzens des Nagels (2),
- einem längs einer Setzrichtung (3) beweglichen Kolben (6), der mit einem Stempel (7) zum Vortreiben des Nagels (2) versehen ist, 55
- einer Brennkammer (4), in welcher ein Gemisch

aus brennbaren Gas und Luft zum Antreiben des Kolben (6) zündbar ist,

einem von einem Elektromotor (19) angetriebenen Kompressor (17), der die Luft in der Brennkammer (4) vor dem Zünden verdichtet, **gekennzeichnet durch** eine Motorsteuerung (30), die den Elektromotor (19) ansprechend auf das Betätigen des Tasters (11) nach einem der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9 beschleunigt.

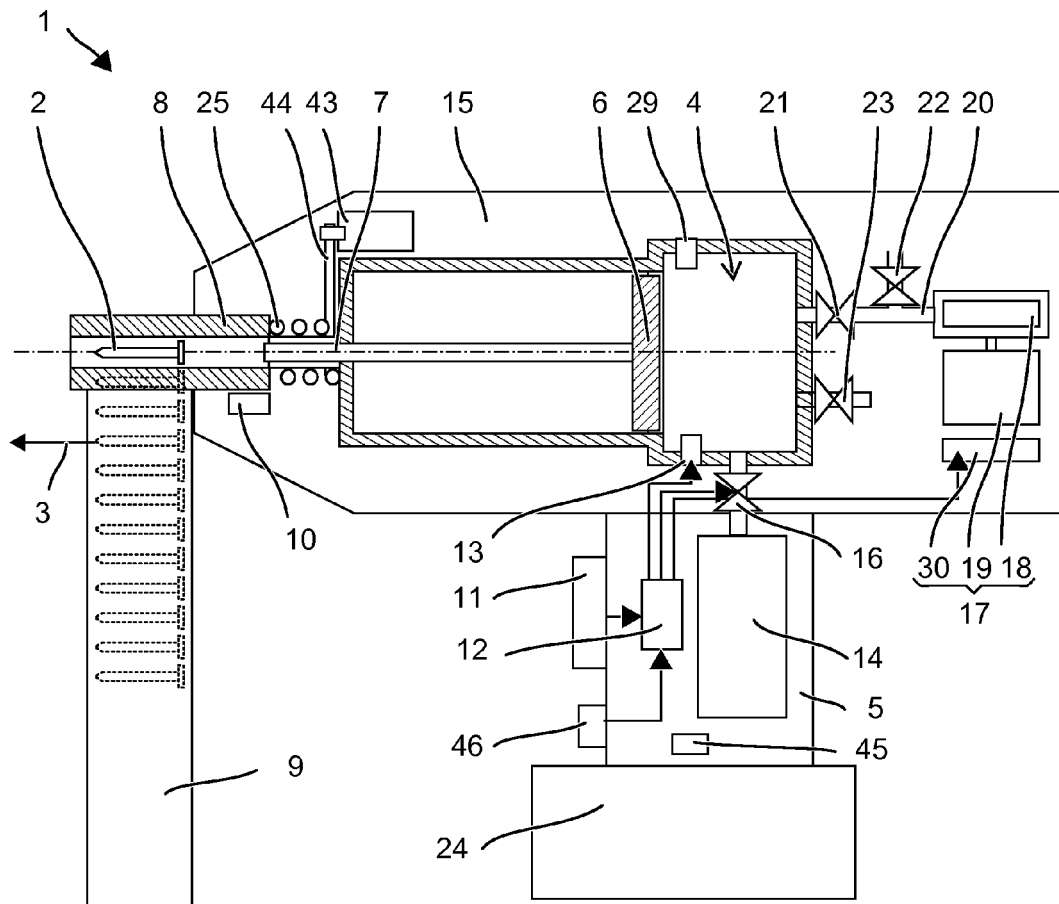


Fig. 1

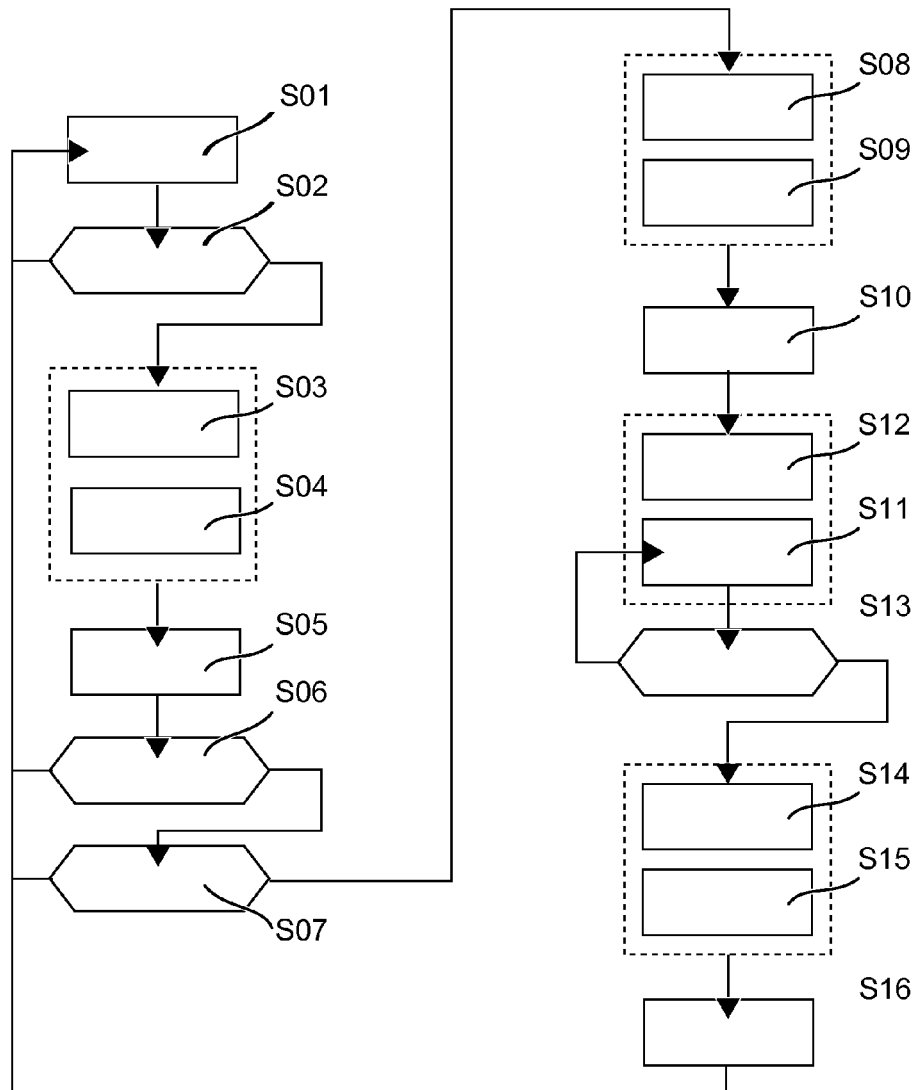


Fig. 2

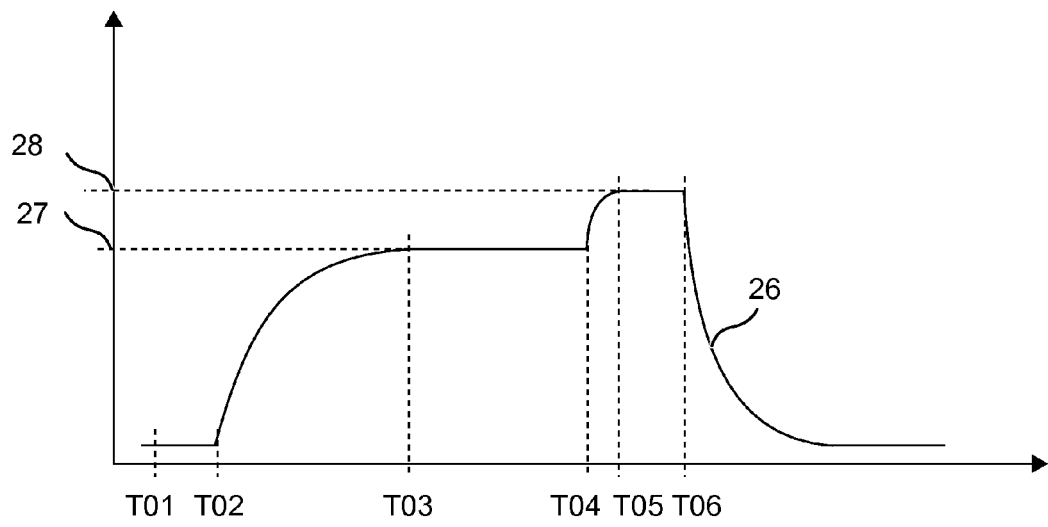


Fig. 3

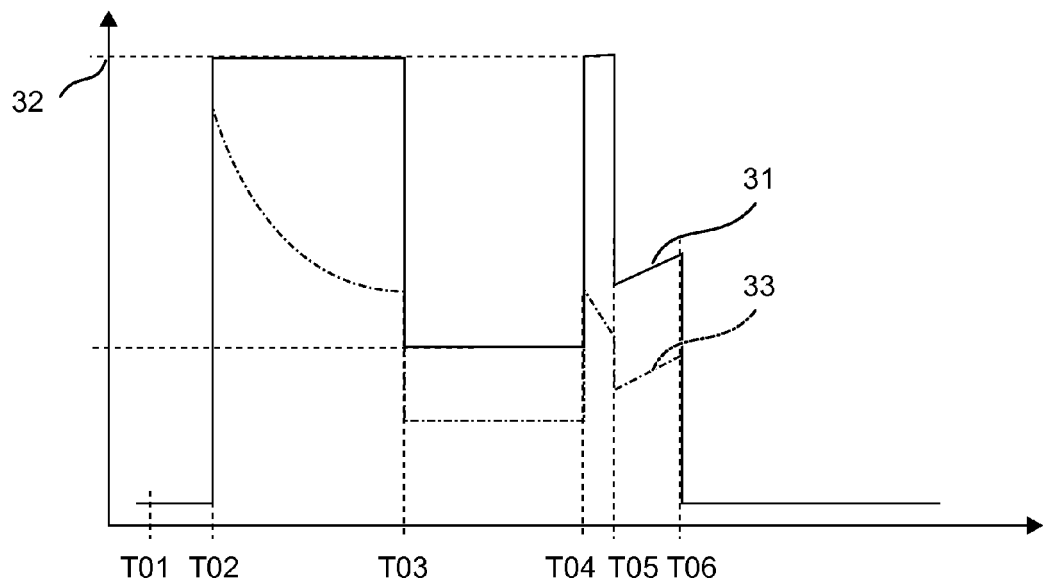


Fig. 4

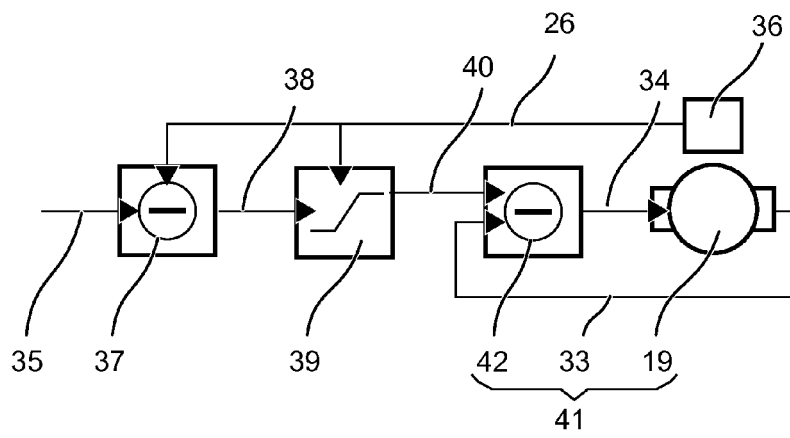


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 17 6597

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X Y	WO 2013/053002 A1 (POLY SYSTEMS PTY LTD [AU]) 18. April 2013 (2013-04-18) * Seite 3, Absatz 3 * * Seite 4, Absatz 3 - Absatz 7 * * Seite 4, Absatz 10 - Seite 5, Absatz 1 * * Seite 6, Absatz 11 - Seite 10, Absätze 1, 3 * * Ansprüche 5-7 * * Abbildungen *	1,4,5, 7-9 2,6	INV. B25C1/08 B25C1/00
X Y	US 2004/045997 A1 (BIRK DANIEL J [US] ET AL) 11. März 2004 (2004-03-11) * Absatz [0016] * * Absatz [0026] - Absatz [0028] * * Absatz [0033] * * Absatz [0046] - Absatz [0048] * * Absatz [0051] - Absatz [0056] * * Absatz [0060] * * Absatz [0073] * * Absatz [0076] - Absatz [0077] * * Abbildungen *	1-3,5-7, 9 4	
X	DE 103 58 571 A1 (HILTI AG [LI]) 7. Juli 2005 (2005-07-07) * Zusammenfassung; Abbildungen * * Absatz [0009] * * Absatz [0013] * * Anspruch 1 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B25C
X	EP 2 402 119 A2 (HILTI AG [LI]) 4. Januar 2012 (2012-01-04) * Absatz [0132] - Absatz [0142] * * Absatz [0155] - Absatz [0160] * * Absatz [0163] * * Absatz [0183]; Abbildungen *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 14. Februar 2014	Prüfer van Woerden, N
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 17 6597

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2008/032881 A1 (HITACHI KOKI KK [JP]; SHIMA YUKIHIRO; INANIWA MASAHIRO; ODA HIROYUKI;) 20. März 2008 (2008-03-20) * Seite 24, Zeile 2 - Zeile 7 * * Seite 25, Zeile 5 - Zeile 10 * * Seite 40, Zeile 17 - Zeile 21 * * Seite 43, Zeile 20 - Zeile 24 * * Seite 53, Zeile 19 - Seite 54, Zeile 9 * * Seite 60, Zeile 15 - Seite 61, Zeile 11 * * Seite 67, Zeile 19 - Seite 68, Zeile 3 * * Seite 68, Zeile 22 - Zeile 24 * * Seite 71, Zeile 3 - Zeile 8 * * Seite 73, Zeile 3 - Zeile 13 * * Seite 74, Zeile 4 - Zeile 8 * * Abbildungen 16-25 *	1,4	
Y	US 2005/001004 A1 (FUJISAWA HARUHISA [JP] ET AL) 6. Januar 2005 (2005-01-06) * Absatz [0076] - Absatz [0078] * * Abbildungen *	2,4	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	WO 2007/061808 A2 (ILLINOIS TOOL WORKS [US]; MOELLER LARRY M [US]; ZHAO HANXIN [US]) 31. Mai 2007 (2007-05-31) * Seite 15, Zeile 6 - Seite 16, Zeile 17 * * Seite 19, Zeile 1 - Zeile 5 * * Abbildungen 3-5 *	6	
A	DE 10 2008 000973 A1 (HILTI AG [LI]) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) * Absatz [0024] - Absatz [0027] * * Abbildungen *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 14. Februar 2014	Prüfer van Woerden, N
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 13 17 6597

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2007/116239 A1 (BLACK & DECKER [US]) 18. Oktober 2007 (2007-10-18) * Absatz [0056] * * Absatz [0061] * * Absatz [0074] * * Absatz [0089] - Absatz [0092] * * Abbildungen 12-20 * -----	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 14. Februar 2014	Prüfer van Woerden, N
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
 EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 17 6597

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-02-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013053002 A1	18-04-2013	KEINE	
US 2004045997 A1	11-03-2004	AU 2003267128 A1 TW 1317683 B US 2004045997 A1 WO 2004024396 A1	30-04-2004 01-12-2009 11-03-2004 25-03-2004
DE 10358571 A1	07-07-2005	KEINE	
EP 2402119 A2	04-01-2012	AU 2011202816 A1 CA 2742542 A1 CN 102284930 A DE 102010030127 A1 EP 2402119 A2 JP 2012000761 A KR 20110136725 A RU 2011123860 A TW 201201973 A US 2011303729 A1	12-01-2012 15-12-2011 21-12-2011 15-12-2011 04-01-2012 05-01-2012 21-12-2011 20-12-2012 16-01-2012 15-12-2011
WO 2008032881 A1	20-03-2008	JP 4692933 B2 JP 2008068357 A TW 200835579 A US 2009255972 A1 WO 2008032881 A1	01-06-2011 27-03-2008 01-09-2008 15-10-2009 20-03-2008
US 2005001004 A1	06-01-2005	AU 2004202711 A1 CA 2471618 A1 DE 602004006466 T2 EP 1488891 A2 EP 1810792 A1 JP 4665432 B2 JP 2005028568 A US 2005001004 A1	13-01-2005 20-12-2004 31-01-2008 22-12-2004 25-07-2007 06-04-2011 03-02-2005 06-01-2005
WO 2007061808 A2	31-05-2007	AU 2006318794 A1 CA 2629761 A1 CN 101331005 A EP 1954450 A2 NZ 568396 A US 2009314817 A1 WO 2007061808 A2	31-05-2007 31-05-2007 24-12-2008 13-08-2008 30-06-2011 24-12-2009 31-05-2007
DE 102008000973 A1	08-10-2009	DE 102008000973 A1 US 2009251330 A1	08-10-2009 08-10-2009

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 17 6597

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-02-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007116239 A1	18-10-2007	AU 2006341531 A1	13-12-2007
		CA 2607203 A1	18-10-2007
		CN 201198823 Y	25-02-2009
		EP 1893871 A1	05-03-2008
		WO 2007116239 A1	18-10-2007

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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]
- US 2004134961 A [0001]