



(11) **EP 2 213 420 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.01.2012 Patentblatt 2012/04**

(51) Int Cl.:  
**B25D 9/14 (2006.01) B25D 11/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09178639.2**

(22) Anmeldetag: **10.12.2009**

(54) **Steuerungsverfahren und Handwerkzeugmaschine**

Control method and power tool

Procédé de commande et machine-outil manuelle

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **30.01.2009 DE 102009000515**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.08.2010 Patentblatt 2010/31**

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

(72) Erfinder:  
• **Cecchin, Holger  
82178, Puchheim (DE)**  
• **Manschitz, Erwin  
82110, Germering (DE)**

- **Meiendres, Germar  
86899, Landsberg (DE)**
- **Mössnang, Franz  
86899, Landsberg (DE)**
- **Hammerstingl, Stefan  
81375, München (DE)**

(74) Vertreter: **Söllner, Oliver et al  
Hilti Aktiengesellschaft  
Corporate Intellectual Property  
Feldkircherstrasse 100  
9494 Schaan (LI)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 303 651 EP-A1- 1 109 034**  
**EP-A2- 1 170 095 EP-A2- 1 645 230**  
**DE-A1- 2 820 128 DE-A1- 10 117 123**  
**DE-A1- 19 628 945 DE-A1-102005 028 918**  
**US-A- 5 984 020 US-A1- 2005 000 998**

**EP 2 213 420 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 ein Verfahren zum Steuern einer pneumatisch, insbesondere elektropneumatisch, schlagenden Handwerkzeugmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine elektropneumatisch schlagende Handwerkzeugmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 12. Insbesondere ist das Verfahren ein Steuerungsverfahren zum Reduzieren von Leerschlägen einer Handwerkzeugmaschine.

### BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

**[0002]** Aus der EP 0 303 651 B1 ist ein Verfahren zum Unterbrechen einer Antriebstätigkeit für einen elektropneumatischen Meisselhammer und Bohrhammer bekannt. Dieses Verfahren dient dazu im Fall eines Blockierens des Antriebsstrang zu unterbrechen, um einen Anwender zu schützen. Ein Blockieren eines Meisselhammers wird anhand einer Stellung eines Werkzeuges oder eines Schlagkörpers in einem Schlagwerk erkannt. Ein Blockieren einer Drehbewegung wird anhand eines Überschreitens von Beschleunigungswerten erkannt.

**[0003]** Der in der EP 0 303 651 B1 zitierte elektropneumatischer Meisselhammer aus der DE 28 20 128 schaltet baubedingt ab, wenn ein Anwender den Meisselhammer anhebt. Ein Werkzeug fällt in einen in Schlagachse angebrachten Anschlag. Ein Flugkolben kann nun soweit vorliegen, dass der Flugkolben eine im Führungsrohr angebrachte Lüftungsöffnung zwischen dem Flugkolben und einem Erregerkolben nicht weiter verschliesst. Der Erregerkolben kann den Flugkolben nicht mehr ansaugen, weil ein Druckausgleich über die Lüftungsöffnung erfolgt. Das Schlagwerk wird somit auf passive Weise deaktiviert. Sobald der Anwender den Meisselhammer aufsetzt, wird der Flugkolben durch das Werkzeug über die Lüftungsöffnung geschoben. Der Erregerkolben kann den Flugkolben wieder ansaugen und das Schlagwerk ist aktiv.

**[0004]** EP 1 170 095 A2 beschreibt ein schlagendes Elektrohandwerkzeug gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 12 sowie ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, mit einem motorgetriebenen pneumatischen Schlagwerk. Eine Kontrolleinheit überwacht eine Position eines der schlagenden Elemente, z.B. Werkzeugs, Döppers, Flugkolbens. Verschiebt sich das schlagende Element in einer für einen Leerschlag markante Position, wird eine Drehzahl des antreibenden Motors auf 10% bis 50% einer Arbeitsdrehzahl abgesenkt.

### OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das eine Leistungsaufnahme einer elektropneumatisch schlagenden Handwerkzeugmaschine beim Abheben von einem Werkstück reduziert,

d.h. wenn keine Gegenkraft auf ein elektropneumatisches Schlagwerk wirkt.

**[0006]** Das erfindungsgemässe Verfahren gemäß Anspruch 1 zum Steuern einer elektropneumatisch schlagenden Handwerkzeugmaschine führt folgende Schritte aus. Es wird eine Beschleunigung erfasst, die längs einer Schlagrichtung der Handwerkzeugmaschine wirkt. Eine Antriebsleistung wird verringert, wenn die erfasste Beschleunigung grösser als ein Schwellwert ist, wobei der Schwellwert grösser als Beschleunigungen gewählt wird, die beim schlagenden Betrieb der Handwerkzeugmaschine auf ein Werkstück auftreten.

**[0007]** Ein Flugkolben schlägt periodisch auf ein Werkzeug, ggf. über einen zwischengeschalteten Döpper, wenn das Werkzeug in Kontakt mit einem Werkstück ist, d.h. im vorgesehenen Anwendungsbetrieb. Der Impuls und die kinetische Energie des Flugkolbens werden auf das Werkzeug und in das Werkstück übertragen. Die auftretenden Beschleunigungswerte des gekoppelten Systems aus Flugkolben und Werkzeug sind bedingt durch deren gemeinsame Masse gering. Zudem wird der Flugkolben bzw. der Döpper typischerweise durch das Werkzeug gestoppt, bevor diese eine entsprechende Fangeinrichtung in Schlagrichtung erreichen. Die auf die Handwerkzeugmaschine übertragenen Beschleunigungswerte beim Schlagen sind im vorgesehenen Anwendungsbetrieb gering.

**[0008]** Beim Leerschlagen, d.h. das Werkzeug hat keinen Kontakt zu einem Werkstück, werden der Impuls und die gesamte kinetische Energie des Flugkolbens in die Fangeinrichtung der Handwerkzeugmaschine übertragen. Es treten vergleichsweise grosse Beschleunigungswerte verglichen zum vorgesehenen Anwendungsbetrieb auf.

**[0009]** Die auftretenden Beschleunigungen, z.B. die entsprechenden Spitzenwerte, sowohl im vorgesehenen Betrieb als auch beim Leerschlagen sind für durch den Aufbau und die Leistungsgrössen einer Handwerkzeugmaschine, ggf. noch durch das Werkzeug, vorgegeben. Die Beschleunigungswerte können für einen Typ von Handwerkzeugmaschine ausgemessen werden. Der Schwellwert kann unter Berücksichtigung der gemessenen Werte gewählt werden.

**[0010]** Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Handwerkzeugmaschine gemäß Anspruch 12 mit einer Antriebswelle, einem pneumatischen Schlagwerk, einem Beschleunigungssensor und einer Auswertungsrichtung zum Ausführen des obig genannten Steuerungsverfahrens.

**[0011]** Es erfolgt erfindungsgemäss ein Erfassen eines Nachschlagens durch Prüfen wenigstens eines der folgenden Kriterien. Erstes Kriterium: die Beschleunigung tritt in Schlagrichtung auf und überschreitet betragsmässig den Schwellwert; Zweites Kriterium: die Beschleunigung überschreitet betragsmässig den Schwellwert zweimal im Abstand einer ersten Zeitspanne und Drittes Kriterium: die Beschleunigung überschreitet betragsmässig den Schwellwert zweimal innerhalb einer

zweiten Zeitspanne. Die Antriebsleistung wird verringert, wenn ein Nachschlagen erfasst wird.

**[0012]** In den Unteransprüchen sind Ausgestaltungen des erfindungsgemässen Steuerungsverfahrens beschrieben.

**[0013]** Bei einem harten Aufsetzen der Handwerkzeugmaschine auf ein Werkstück kann eine hohe Beschleunigung auftreten, welche den Schwellwert betragsmässig überschreitet. In diesem Fall sollte jedoch die Leistung nicht reduziert werden, da ein Anwender nun Material von dem Werkstück abtragen möchte. Ein Leerschlagen kann von einem harten Aufsetzen anhand der Richtung der Beschleunigung unterschieden werden. Bei einem harten Aufsetzen wirken die Kräfte von dem Werkzeug in Richtung zur Handwerkzeugmaschine. Beim Leerschlagen treten sowohl Kräfte in als auch gegen die Schlagrichtung auf. Daher kann es sich als vorteilhaft erweisen, ein Leerschlagen anhand der in Schlagrichtung auftretenden Kräfte zu ermitteln und/oder anhand einem zweifachen Überschreiten durch die negativen und die positiven Spitzenwerte der Beschleunigung. Ebenso kann genutzt werden, dass ein Leerschlagen mit einer vorgegebenen Periode auftritt.

**[0014]** Eine Ausgestaltung sieht vor, dass für das dritte Kriterium entweder die Beschleunigung jeweils einmal in Schlagrichtung und entgegen der Schlagrichtung betragsmässig den Schwellwert überschreitet oder die Beschleunigung zwischen dem zweimaligen betragsmässigen Überschreiten des Schwellwerts auf Null zurückgeht. Die zweite Zeitspanne kann kürzer als eine Zeitspanne zwischen zwei Schlägen im schlagenden Betrieb auf ein Werkstück gewählt werden.

**[0015]** Das Leerschlagen tritt periodisch auf, wobei die Periode von dem Antrieb vorgegeben ist. Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die erste Zeitspanne von einer aktuellen Drehzahl einer Antriebswelle abhängig gewählt wird. Die erste Zeitspanne kann das Inverse der aktuellen Drehzahl sein.

**[0016]** Eine Weiterbildung sieht vor, dass nach einem Erfassen eines Nachschlagens die Antriebsleistung von einer hohen Antriebsleistung auf eine mittlere Antriebsleistung abgesenkt wird. Ein einmaliges Überschreiten des Schwellwerts kann durch ein nicht vorgesehenes Ereignis erfolgen. Sobald ein beim Nachschlagen zu erwartendes nachfolgendes Überschreiten ausbleibt, kann die Antriebsleistung rasch wieder erhöht werden. Andernfalls ist die Antriebsleistung bereits reduziert und Verringern auf in einen Ruhemodus mit geringer Antriebsleistung kann ebenso schnell erfolgen.

**[0017]** Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Antriebsleistung auf eine niedrige Antriebsleistung abgesenkt wird, falls nach dem Erfassen eines Nachschlagens innerhalb einer dritten Zeitspanne nochmals ein Nachschlagen erfasst wird.

**[0018]** Falls nach einem Erfassen eines Nachschlagens innerhalb einer vierten Zeitspanne kein weiteres Nachschlagen erfasst wird, wird die Antriebsleistung auf die hohe Antriebsleistung erhöht. Das Steuerungsver-

fahren stellt die volle Leistung des Antriebs zur Verfügung und beginnt seinen Ablauf von vorne, wenn kein Nachschlagen mehr erfasst wird. Das Nachschlagen setzt beispielsweise aus, wenn der Anwender die Handwerkzeugmaschine auf ein Werkstück aufsetzt oder wenn ein Flugkolben eines Schlagwerks zur Ruhe kommt.

**[0019]** Die dritte und/oder vierte Zeitspanne können in Abhängigkeit einer aktuellen Drehzahl einer Antriebswelle gewählt werden. Ein Nachschlagen erfolgt in einem Rhythmus, der durch die Antriebswelle vorgegeben ist. Daher kann anhand der Drehzahl bestimmt werden, in welchem zeitlichen Abstand nach einem ersten Nachschlagen ein zweites Nachschlagen erfolgen müsste.

**[0020]** In einer Weiterbildung wird zum Einstellen der Antriebsleistung eine Drehzahl einer Antriebswelle eingestellt. Eine niedrige Drehzahl für die niedrige Antriebsleistung kann mit weniger als 35% einer hohen Drehzahl für die hohe Antriebsleistung gewählt werden. Eine mittlere Drehzahl für die mittlere Antriebsleistung kann zwischen 75% und 85% einer hohen Drehzahl für die hohe Antriebsleistung gewählt werden. Eine resonante Drehzahl regt ein pneumatisches Schlagwerk der Handwerkzeugmaschine resonant an und eine hohe Drehzahl, die um weniger als 10% von der resonanten Drehzahl abweicht, kann für die hohe Antriebsleistung gewählt werden. Die resonante Anregung zeichnet sich dadurch aus, dass mit dem höchsten Wirkungsgrad die Anregungsleistung in das Schlagwerk übertragen wird.

**[0021]** Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der Beschleunigungssensor und die Auswertungseinrichtung in einem Elektronikmodul integriert sind.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0022]** Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand von exemplarischen Ausführungsformen und Figuren. In den Figuren zeigen:

- Fig. 1 einen elektropneumatischen Meisselhammer;
- Fig. 2 ein Schlagwerk eines elektropneumatischen Meisselhammers;
- Fig. 3 schematisierte Beschleunigungswerte beim Betrieb eines Meisselhammers und
- Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Steuerungsverfahrens.

**[0023]** Gleiche oder funktionsgleiche Elemente werden durch gleiche Bezugszeichen in den Figuren indiziert, soweit nicht anders angegeben.

#### AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

**[0024]** Fig. 1 zeigt schematisch als Beispiel für eine schlagende Handwerkzeugmaschine einen elektro-

pneumatischen Meißelhammer 1, andere nicht dargestellte Beispiele sind unter anderem Bohrhämmer, Kombihämmer.

**[0025]** In einem Maschinengehäuse 2 ist ein Antriebsstrang mit einem primären Antrieb 3, einer Antriebswelle 4 und einem Schlagwerk 5 angeordnet. Zwischen den primären Antrieb 3 und die Antriebswelle 4 kann ein Getriebe 7 geschaltet sein. Der primäre Antrieb 3 ist vorzugsweise ein Elektromotor, beispielsweise ein Universalmotor oder ein bürstenloser Motor. Die Antriebswelle 4 wird mit Drehzahlen im Bereich zwischen 1 Hz und 100 Hz, zum Beispiel mit 10 Hz bis 60 Hz durch den primären Antrieb 3 gedreht. Die Drehbewegung der Antriebswelle 4 wird durch das Schlagwerk 5 in eine periodische Schlagbewegung längs einer Schlagachse 8 übertragen. Ein in einer Werkzeughalterung 9 gehaltenes Werkzeug wird durch die periodischen Schläge längs der Schlagachse 8 in Schlagrichtung 100 aus dem Meißelhammer 1 heraus getrieben. Ein Rückholen des Werkzeuges in den Meißelhammer 1 gegen die Schlagrichtung 100 erfolgt durch Anpressen des Meißelhammers 1 an ein Werkstück.

**[0026]** Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes Schlagwerk 5.

**[0027]** Ein Führungsrohr 10 führt einen Erregerkolben 12 und einen Flugkolben 13 entlang der Schlagachse 8. Der Erregerkolben 12 und der Flugkolben 13 sind form-schlüssig zu einer Innenwandung 11 des Führungsrohrs 10 ausgebildet. Ein luftdichter Abschluss kann durch Dichtungsringe 15, 16 erreicht werden. Eine erste Lüftungsöffnung 17 verbindet im Bereich des Erregerkolbens 12 einen Innenraum des Führungsrohrs 10 mit einem Außenraum des Führungsrohrs 10. Eine zweite Lüftungsöffnung verbindet im Bereich des Flugkolbens 13 einen Innenraum des Führungsrohrs 10 mit einem Außenraum des Führungsrohrs 10.

**[0028]** An einem Werkzeug-seitigen Ende des Führungsrohrs 10 ist ein Döpper 20 in einer Döpperführung 21 gelagert. Die Döpperführung 21 begrenzt eine Bewegung des Döppers 20 in Schlagrichtung 100 und entgegen der Schlagrichtung 100. Ein Werkzeug-zugewandtes Ende 22 ist in Kontakt mit einem Werkzeug, das in der Werkzeughalterung 9 gehalten wird. Ein Werkzeug-abgewandtes Ende 23 des Döppers 20 ragt aus der Döpperführung 21 in den Innenraum des Führungsrohrs 10.

**[0029]** Der Erregerkolben 12 wird durch die Antriebswelle 4 zu einer periodischen Bewegung längs der Schlagachse 14 gezwungen. Die Antriebswelle 4 wird um ihre Drehachse 30 gedreht und bewegt dabei einen zur Drehachse 30 exzentrisch angeordneten Exzenterzapfen 31. Der Exzenterzapfen 31 ist mit einem Gestänge 32 mit dem Erregerkolben 12 verbunden. Der halbe Hub des Erregerkolbens 12 entspricht etwa dem Abstand 33 des Exzenterzapfens 31 von der Drehachse 30.

**[0030]** Aufgrund eines durch den Erregerkolben 12 und den Flugkolben 13 in dem Führungsrohr 10 abgeschlossenen Luftvolumens folgt der Flugkolben 13 der gezwungenen Bewegung des Erregerkolbens 12. Wenn der Erregerkolben 12 in Schlagrichtung 100 bewegt wird,

wird der Flugkolben 13 in Schlagrichtung 100 beschleunigt. Der Flugkolben 13 schlägt auf das Werkzeug-abgewandte Ende 23 des Döppers 20. Der Impuls des Flugkolbens 13 wird dabei in einem quasi-elastischen Stoß auf den Döpper 20 und das Werkzeug übertragen. Der Flugkolben 13 wird nach dem Stoß entgegen der Schlagrichtung 100 durch den Erregerkolben 12 beschleunigt, wenn der Erregerkolben 12 sich entgegen der Schlagrichtung 100 bewegt. Der Bewegungsablauf wird periodisch mit einer Frequenz entsprechend der Drehzahl der Antriebswelle 4 wiederholt.

**[0031]** Fig. 3 zeigt schematisch die auftretenden Beschleunigungswerte  $a$  in dem Maschinengehäuse 2, aufgetragen über die Zeit  $t$ , wobei ein positiver Beschleunigungswert  $a$  eine Beschleunigung in Schlagrichtung 100 angibt. Zunächst setzt ein Anwender die Handwerkzeugmaschine 1 auf dem Werkzeug auf (82). Danach kommt der vorgesehene Anwendungsbetrieb 83, in dem das Werkstück durch die Schläge des Meißelhammers 1 bearbeitet wird. Nachfolgend tritt ein Leerschlag 84 auf, weil der Anwender den Meißelhammer 1 anhebt, z.B. um ihn an eine andere Stelle auf dem Werkstück zu positionieren.

**[0032]** Im vorgesehenen Anwendungsbetrieb 83 treten die Schläge des Flugkolbens 13 auf den Döpper 20 periodisch mit Zeitabständen  $T$  auf, die durch die Drehzahl der Antriebswelle vorgegeben sind. Das Muster der Beschleunigung  $a$  bei einem der Schläge kann in zwei Phasen 80, 81 unterteilt werden. In einer ersten Phase 80 wird ein positiver Beschleunigungswert  $a_1$  erfasst, das heißt eine Beschleunigung in Schlagrichtung 100. Dies ist dem Ereignis zuzuordnen, wenn der Döpper 20 und das Werkzeug aus der Werkzeugmaschine 1 heraus beschleunigt werden. Deren Beschleunigung  $a$  wird vermutlich aufgrund von Reibung in der Döpperführung 21 und in der Werkzeugaufnahme 9 und beim Anschlag des Döppers 20 am Werkzeug-zugewandten Ende 24 der Döpperführung 21 zum Teil auf das Maschinengehäuse 2 übertragen. In der zweiten Phase 81 wird ein negativer Beschleunigungswert  $a_2$  erfasst, zu dem vermutlich eine Entspannung beim Schlag elastisch verformter Komponenten und/oder ein Rückschlag des Döppers 20 am Ende 25 der Döpperführung 21 beitragen. Die Spitzenwerte und die Zeitintegrale des positiven Beschleunigungswerts  $a_1$  und des negativen Beschleunigungswerts  $a_2$  können sich unterscheiden, sind jedoch typischerweise um nicht mehr als einen Faktor zwei verschieden.

**[0033]** Falls ein Anwender den Meißelhammer 1 von dem Werkstück abhebt, können der Döpper 20 und das Werkzeug den vom Flugkörper 13 übertragenen Impuls nicht an ein Werkstück abgeben, sondern schlagen ungebremst in die jeweiligen Enden 24 ihrer Führungen 21. Dies wird als Leerschlag bezeichnet. Daher ergeben sich hohe Beschleunigungswerte  $a_3$ ,  $a_4$  im Maschinengehäuse 2 während des Leerschlags 84. Die Amplitude der Beschleunigungswerte  $a_3$ ,  $a_4$  ist je nach Bauweise des Meißelhammers 1 und der Masse des Werkzeugs um wenigstens den Faktor zwei größer als die Beschleu-

nigungswerte  $a_1$ ,  $a_2$  während des vorgesehenen Anwendungsbetriebs 83, d.h. beim Schlagen auf ein Werkstück.

**[0034]** Es sind passive Lösungen bekannt, die ein periodisches Auftreten von Leerschlägen verhindern. Bei einem Leerschlag muss der Flugkolben 13 einen grösseren Weg zurücklegen, da der Döpper 20 in Schlagrichtung 100 verschoben ist. Die Wegstrecken werden derart dimensioniert, dass beim Leerschlag ein Bewegungsablauf des Flugkolbens 13 aus Resonanz zu der Anregung durch den Erregerkolben 12 gerät. Zusätzlich kann die Belüftungsöffnung 18 so angeordnet werden, dass die Belüftungsöffnung 18 bei einem Leerschlag den Innenraum des Führungsrohrs 10 zwischen dem Flugkolben 13 und dem Erregerkolben 12 belüftet. Die Bewegung des Flugkolbens 13 an den Erregerkolben 12 wird soweit entkoppelt, dass der Flugkolben 13 zwischen Döpper 20 und der Belüftungsöffnung 18 stehen bleibt. Die Gestaltungsfreiheit, insbesondere die Länge, eines Schlagwerks 5 ist somit jedoch durch das gewünschte Abschaltverhalten beim Leerschlag limitiert.

**[0035]** Ein Leerschlag 84 kann ebenfalls in zwei Phasen 85, 86 unterteilt werden. In der ersten Phase 85 ergibt sich ein positiver Beschleunigungswert  $a_3$ , d.h. eine Beschleunigung  $a$  in Schlagrichtung 100. Der positive Beschleunigungswert  $a_3$  korreliert unter Anderem mit dem Anschlagen des Flugkörpers 13 und/oder des Döppers 20 in Werkzeug-zugewandten Enden 24 ihrer Führungen 10, 21. In der zweiten Phase 86 ergibt sich ein negativer Beschleunigungswert  $a_4$ , zu dem vermutlich eine Entspannung von Komponenten, die während der ersten Phase 85 elastisch verformt wurden, und/oder ein Rückschlag des Döppers 20 am Ende 25 der Döpperführung 21 beitragen. Der zeitliche Abstand zwischen zwei Leerschlägen entspricht der Periode  $T$  bzw. der Vorgabe durch die aktuelle Drehzahl der Antriebswelle 4.

**[0036]** Das Aufsetzen 82 des Meisselhammers 1 auf einem Werkstück weist eine andere Signatur in Bezug auf die auftretende Beschleunigung  $a_5$  auf. Der Beschleunigungswert  $a_5$  kann etwa gleichgroß wie die absoluten Beschleunigungswerte  $a_3$ ,  $a_4$  sein. Die Amplitude und das Zeitintegral der Beschleunigungswerte beim Aufsetzen sind stark von einem Anwender, einen Werkstück und einer Situation, wie z.B. bei einem Durchbruch, abhängig. Jedoch zeigt der Schlag typischerweise beim Aufsetzen im Wesentlichen nur eine einzige Phase mit negativen Beschleunigungswerten, das heißt eine Beschleunigung  $a$  entgegen der Schlagrichtung 100. Außerdem wird der Meisselhammer üblicherweise im Abstand von wenigen Sekunden neu aufgesetzt, so dass innerhalb einer Periode  $T$  eine entsprechende Beschleunigung  $a_5$  nur einmalig auftritt.

**[0037]** Beim Aufsetzen des Meisselhammers 1 wünscht ein Anwender typischerweise die maximal zur Verfügung stehende Schlagleistung. Bei einem Abheben des Meisselhammers 1 soll ein Leerschlagen möglichst unterdrückt werden, um die Belastungen auf den Meisselhammer 1 und den Anwender zu verringern.

**[0038]** In Zusammenhang mit dem Flussdiagramm von Fig. 4 ist ein beispielhaftes Steuerverfahren für den Meisselhammer 1 beschrieben.

**[0039]** In Reaktion auf ein Betätigen eines System-  
5 schalters 40 wird eine Systemsteuerung 41 aktiviert oder getriggert. Die Systemsteuerung 41 weist eine Motor-  
steuerung 42 an, den primären Antrieb 3 zu beschleuni-  
gen (S1). Die Drehzahl  $N$  der Antriebswelle 4 erreicht  
10 dabei eine hohe Drehzahl  $N_1$ . Die hohe Drehzahl  $N_1$  kann im Bereich von 80% bis 100% der nominell maxi-  
malen Drehzahl liegen. Die hohe Drehzahl  $N_1$  ist vor-  
zugsweise so auf das Schlagwerk 5 abgestimmt, dass  
der Erregerkolben 12 die Bewegung des Flugkolbens 13  
15 resonant anregt. Wenn die hohe Drehzahl  $N_1$  erreicht  
ist, schlägt das Schlagwerk 5 im Abstand der Peri-  
odendauer  $T$  (S2). Die Periodendauer  $T$  zwischen zwei  
Schlägen entspricht dem Inversen der hohen Drehzahl  
 $N_1$  oder einem ganzzahligen Vielfachen des Inversen  
der hohen Drehzahl  $N_1$ .

**[0040]** Ein Beschleunigungssensor 43 erfasst die auf-  
20 tretende Beschleunigung  $a$ . Der Beschleunigungssensor  
43 kann in dem Schlagwerk 5, an dem Führungsrohr 10  
Schlagwerks 5, in einer Elektronikgruppe zur Ansteue-  
rung des primären Antriebs 4 abseits des Schlagwerks  
25 5, z.B. der Systemsteuerung 41, oder an anderen Orten  
innerhalb des Maschinengehäuses 2 angeordnet sein.  
Die Signale des Beschleunigungssensors 43 werden an  
eine Auswertungseinrichtung 44 weitergeleitet.

**[0041]** Die Auswertungseinrichtung 44 vergleicht die  
30 auftretenden Beschleunigungswerte  $a$  mit einem  
Schwellwert  $A$  (S3). Der Betrag des Schwellwerts  $A$  ist  
größer als Beschleunigungswerte  $a_1$ , die typischerwei-  
se im vorgesehenen Anwendungsbetrieb 83 auftreten,  
und geringer als typische Beschleunigungswerte  $a_5$   
35 während eines Leerschlagens 84 gewählt. Der Schwell-  
wert  $A$  ist an den jeweiligen Meisselhammer 1 und ge-  
gebenenfalls auch an ein verwendetes Werkzeug anzu-  
passen. In der dargestellten Ausführungsform spricht die  
Auswertungseinrichtung 44 nur auf positive Beschleuni-  
40 gungswerte  $a$  an, d.h. auf eine Beschleunigung in Rich-  
tung der Schlagachse 100.

**[0042]** Eine Verzweigung S4 des Steuerungsverfah-  
rens erfolgt mit dem Ereignis, wenn der Schwellwert  $A$   
durch einen positiven Beschleunigungswert  $a$  überschrit-  
ten wird (linker Ast des Flussdiagramms). Andernfalls  
überwacht die Auswertungseinrichtung 44 weiterhin die  
45 auftretenden Beschleunigungswerte  $a$  (rechter Ast des  
Flussdiagramms).

**[0043]** Ansprechend auf ein Überschreiten des  
50 Schwellwerts  $A$  kann ein Zeitpunkt  $t_1$  des Überschreitens  
erfasst werden. Die Auswertungseinrichtung 44 kann  
beispielsweise einen Zeitgeber 45 starten oder zurück-  
setzen.

**[0044]** Die Auswertungseinrichtung 44 weist die Sy-  
55 stemsteuerung 41 an, die Drehzahl der Antriebswelle 4  
auf eine mittlere Drehzahl  $N_2$  abzusenken (S5). Die mitt-  
lere Drehzahl  $N_2$  kann um 15% bis 30% niedriger als die  
zuvor eingestellte hohe Drehzahl  $N_1$  sein.

**[0045]** Die Auswertungseinrichtung 44 prüft, ob innerhalb einer Zeitspanne T1 der Schwellwert A ein weiteres Mal überschritten wird (S6). Die Auswertungseinrichtung 44 kann beispielsweise durch den Zeitgeber 45 getriggert werden, der zuvor von der Auswertungseinrichtung 44 gestartet oder zurückgesetzt wurde. Die Zeitspanne T1 ist länger als die Periodendauer T, beispielsweise bis 50% grösser. Die Zeitspanne T1 kann in Abhängigkeit der aktuellen mittleren Drehzahl N2 bestimmt werden. Bei einem Leerschlagen 84 werden innerhalb der Zeitspanne T1 seit dem letzten Leerschlag ein weiterer Leerschlag und entsprechende Beschleunigungswerte a4, a5 erwartet.

**[0046]** Eine Verzweigung S7 des Steuerungsverfahrens erfolgt, wenn entweder die Zeitspanne T1 überschritten oder der Schwellwert A ein weiteres Mal überschritten wird. Falls einerseits innerhalb der Zeitspanne T1 der Schwellwert A nicht überschritten wird, wird die Drehzahl N der Antriebswelle auf die hohe Drehzahl N1 angehoben (S8). Der Meisselhammer 1 arbeitet wieder mit voller Leistung. Das Steuerungsverfahren kehrt zu Schritt S3 zurück.

**[0047]** Falls andererseits innerhalb der Zeitspanne T1 der Schwellwert A ein weiteres Mal überschritten wird, wird die Drehzahl N der Antriebswelle 4 auf eine niedrige Drehzahl N3 abgesenkt (S9). Die niedrige Drehzahl N3 kann beispielsweise 10% bis 30% der nominell maximalen Drehzahl betragen. Die niedrige Drehzahl N3 ist vorzugsweise so gewählt, dass die Anregung seiner Bewegung durch den Erregerkolben 12 ausserhalb einer Resonanz liegt. Die Ankopplung der Bewegung des Erregerkolbens 12 an den Flugkolben 13 wird geringer und es kann weniger Energie übertragen werden. In einer anderen Ausgestaltung ist vorgesehen, den Primärantrieb 3 vollständig abzuschalten.

**[0048]** Zudem kann eine Belüftungsöffnung 18 vorgesehen sein, die beim Leerschlag zumindest zeitweise geöffnet ist. Die Belüftungsöffnung 18 kann wie in der zuvor beschriebenen passiven Leerschlagdämpfung angeordnet sein. Der Flugkörper 13 verschliesst die Belüftungsöffnung 18, wenn der Flugkörper 13 an dem bis zum Anschlag in das Führungsrohr 10 eingerückten Döpper 20 anliegt. Die Belüftungsöffnung 18 liegt frei, wenn der Flugkörper 13 an einem Werkzeug-seitigen Anschlag anliegen kann, weil der Döpper 20 aus dem Führungsrohr 10 bis zu einem Werkzeug-seitigen Anschlag 24 ausgerückt ist. Aufgrund der Belüftungsöffnung 18 ist die Ankopplung des Flugkolbens 13 zusätzlich geschwächt und die Bewegung kann des Flugkolbens 13 kann unter anderem aufgrund von Reibungsverlusten zum Erliegen kommen.

**[0049]** Die Auswertungseinrichtung 44 prüft fortlaufend, ob weitere Leerschläge erfolgen (S10). Der Zeitgeber 45 wird beispielsweise jedesmal durch die Auswertungseinrichtung 44 zurückgesetzt, wenn der Schwellwert A überschritten wird. Wird innerhalb einer zweiten Zeitspanne T2 kein weiteres Überschreiten erfasst, verzweigt das Steuerungsverfahren (S11). Die

Drehzahl N der Antriebswelle 4 wird auf die hohe Drehzahl N1 erhöht (S12). Das Steuerungsverfahren kehrt zu Schritt S3 zurück.

**[0050]** Die Zeitspanne T2 kann gleich der Zeitspanne T1 gewählt werden. Alternativ kann die Zeitspanne T2 bis zu dem fünffachen, z.B. dem dreifachen, der Periodendauer T gewählt werden. Die Zeitspanne T2 kann in Abhängigkeit der aktuellen niederen Drehzahl N2 bestimmt werden. Falls das Schlagwerk 5 noch nachschlägt, sollte die Zeitspanne T2 so gewählt werden, dass innerhalb von T2 ein weiterer Schlag zu erwarten ist.

**[0051]** Das Schlagwerk 5 kann bei der veränderten niedrigen Drehzahl N3 weniger Energie auf den Flugkörper 13 und damit auf den Döpper 20 übertragen. Die Leerschläge werden in Folge schwächer und die Beschleunigungswerte a4, a5 des Leerschlags geringer. Jedoch könnte mit einem Erhöhen der Drehzahl der Antriebswelle 4 auf die hohe Drehzahl N1 das Schlagwerk 5 unter Umständen wieder angeregt werden. In einer Weiterbildung wird deshalb der Schwellwert A verringert, wenn eine erste Anzahl von Leerschlägen, d.h. Überschreiten des Schwellwerts A, detektiert wurden. Die erste Anzahl kann zwischen drei und zehn liegen. Der Schwellwert A kann auch kontinuierlich mit jedem erfassten Leerschlag auf einen geringeren Schwellwert A2 abgesenkt werden. Der geringere Schwellwert A2 kann beispielsweise die Hälfte des Schwellwerts A betragen, ist jedoch grösser als die Beschleunigungswerte a1, a2 im vorgesehenen Anwendungsbetrieb.

**[0052]** Nach einer gewissen Anzahl von Leerschlägen kann der Flugkörper 13 vollständig zum Stehen gelangen. Es ergibt sich, dass der Flugkörper 13 zwischen der Belüftungsöffnung 18 und dem Döpper 20 zum Stehen kommt. Selbst wenn nun die Drehzahl der Antriebswelle 4 auf die hohe Drehzahl N1 erhöht wird, bleibt der Flugkörper 13 stehen. Es bedarf nun eines Aufsetzens des Meisselhammers 1 auf ein Werkstück, damit das Werkzeug den Flugkörper 13 über die Belüftungsöffnung 18 schiebt, um den Flugkörper 13 wieder an den Erregerkolben 12 anzukoppeln.

**[0053]** Die zuvor beschriebene Ausführungsform unterscheidet ein Aufsetzen von einem Leerschlagen anhand zweier Kriterien. Erstens werden nur Beschleunigungswerte a in Schlagrichtung 100 berücksichtigt und zweitens wird geprüft, ob nach einem ersten Schlag (S3) ein zweiter Schlag (S6) erfolgt. Das Steuerungsverfahren kann vereinfacht nur eines der beiden Kriterien anwenden.

**[0054]** Eine andere Ausgestaltung nutzt, dass bei einem Aufsetzen die Beschleunigung a nur eine Phase und beim Leerschlagen zwei Phasen aufweist. In Schritt S3 wird nach dem Überschreiten des Schwellwerts A geprüft, ob innerhalb einer Zeitspanne T3 nochmals ein Überschreiten des Schwellwerts A erfolgt. Die Zeitspanne T3 innerhalb der die zweite Phase beim Nachschlagen erfolgt, ist charakteristisch für einen Meisselhammer 1. Die Zeitspanne T3 kann somit ausgemessen und in der Auswertungseinrichtung 44 abgespeichert hinterlegt

werden. Eine Weiterbildung sieht vor, dass geprüft wird, dass die Beschleunigungswerte in erster und zweiter Phase unterschiedliche Vorzeichen aufweisen. Alternativ kann geprüft werden, ob ein Nulldurchgang der Beschleunigung zwischen den beiden Phasen auftritt. Die Beschleunigung  $a$  kann dann vorzeichenlos bestimmt werden. Die Schritte S6 und S10 können analog adaptiert werden.

**[0055]** In einer Ausgestaltung wird die Drehzahl der Antriebswelle 4 unmittelbar von der hohen Drehzahl N1 auf die niedrige Drehzahl N3 abgesenkt, wenn erstmalig eine Beschleunigung  $a$  erfasst wird, die einem Nachschlagen zugeordnet wird. Die Schritte S5, S6, S7 und S8 können entfallen.

**[0056]** In einer weiteren Ausgestaltung werden die Beschleunigungswerte durch Dehnungstreifen erfasst. Die Dehnungstreifen sind vorzugsweise an dem Maschinengehäuse 2 angeordnet. Die auftretenden Beschleunigungen führen zu einer entsprechenden Stauchung und Dehnung des Maschinengehäuses 2 oder von in dem Maschinengehäuse 2 angeordneten Elementen. Die Beschleunigung wird von den Dehnungstreifen typischerweise als Änderung eines Widerstandswerts oder einer Kapazität erfasst.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer pneumatisch schlagenden Handwerkzeugmaschine **gekennzeichnet durch** die Schritten:

Erfassen einer Beschleunigung ( $a$ ) längs einer Schlagachse (8) der Handwerkzeugmaschine (1),

Erfassen eines Auftretens eines Nachschlagens **durch** Prüfen wenigstens eines der folgenden Kriterien,

erstes Kriterium: die Beschleunigung ( $a$ ) tritt in Schlagrichtung (100) auf und überschreitet betragsmässig einen Schwellwert ( $A$ ), wobei der Schwellwert ( $A$ ) grösser als maximale Beschleunigungswerte ( $a_1$ ,  $a_2$ ) gewählt ist, die bei einem schlagenden Betrieb der Handwerkzeugmaschine (1) auf ein Werkstück auftreten;

zweites Kriterium: die Beschleunigung ( $a$ ) überschreitet betragsmässig den Schwellwert ( $A$ ) zweimal im Abstand einer ersten Zeitspanne ( $T$ ), die abhängig von einer aktuellen Drehzahl ( $N$ ) einer Antriebswelle (4) gewählt ist, und drittes Kriterium: die Beschleunigung ( $a$ ) überschreitet betragsmässig den Schwellwert ( $A$ ) zweimal innerhalb einer zweiten Zeitspanne ( $T_3$ ), die kürzer als eine Zeitspanne zwischen zwei Schlägen im schlagenden Betrieb gewählt ist; und

Verringern der Antriebsleistung, wenn ein Nachschlagen erfasst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das dritte Kriterium entweder die Beschleunigung jeweils einmal in Schlagrichtung (100) und entgegen der Schlagrichtung (100) betragsmässig den Schwellwert ( $A$ ) überschreitet oder die Beschleunigung zwischen dem zweimaligen betragsmässigen Überschreiten des Schwellwerts ( $A$ ) auf Null zurückgeht.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Zeitspanne ( $T_3$ ) kürzer als eine Zeitspanne ( $T$ ) zwischen zwei Schlägen im schlagenden Betrieb auf ein Werkstück gewählt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einem Erfassen eines Nachschlagens die Antriebsleistung von einer hohen Antriebsleistung auf eine mittlere Antriebsleistung abgesenkt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** falls nach dem Erfassen eines Nachschlagens innerhalb einer dritten Zeitspanne ( $T_2$ ) nochmals ein Nachschlagen erfasst wird, die Antriebsleistung auf eine niedrige Antriebsleistung abgesenkt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** falls nach einem Erfassen eines Nachschlagens innerhalb einer vierten Zeitspanne ( $T_3$ ) kein weiteres Nachschlagen erfasst wird, die Antriebsleistung auf die hohe Antriebsleistung erhöht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritte und/oder vierte Zeitspanne in Abhängigkeit einer aktuellen Drehzahl einer Antriebswelle (4) gewählt werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Einstellen der Antriebsleistung eine Drehzahl ( $N$ ) einer Antriebswelle (4) eingestellt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine niedrige Drehzahl ( $N_3$ ) für die niedrige Antriebsleistung von weniger als 35% einer hohen Drehzahl ( $N_1$ ) für die hohe Antriebsleistung gewählt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine mittlere Drehzahl ( $N_2$ ) für die mittlere Antriebsleistung zwischen 75% und 85% einer hohen Drehzahl ( $N_1$ ) für die hohe Antriebsleistung gewählt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **da-**

**durch gekennzeichnet, dass** eine resonante Drehzahl ein pneumatisches Schlagwerk der Handwerkzeugmaschine (1) resonant anregt und eine hohe Drehzahl (N) für die hohe Antriebsleistung gewählt wird, die um weniger als 10% von der resonanten Drehzahl abweicht.

## 12. Handwerkzeugmaschine mit:

einer Antriebswelle (4),  
einem pneumatischen Schlagwerk (5), und  
einem Beschleunigungssensor **gekennzeichnet durch** eine Auswertungseinrichtung zum Ausführen eines der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 11.

## 13. Handwerkzeugmaschine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beschleunigungssensor und die Auswertungseinrichtung in einem Elektronikmodul integriert sind.

## Claims

### 1. A method of controlling a pneumatically percussive hand-held power tool **characterized by** the following steps:

detecting an acceleration (a) along a percussion axis (8) of the hand-held power tool (1),  
detecting the occurrence of a residual strike by checking at least one of the following criteria,  
first criterion: the acceleration (a) occurs in direction of percussion (100) and its magnitude exceeds a threshold value (A), the threshold value (A) being set greater than maximum acceleration values (a1, a2) occurring during percussive operation of the hand-held power tool (1) on a workpiece;  
second criterion: the magnitude of the acceleration (a) exceeds the threshold value (A) twice in the space of a first time interval (T), which is set as a function of an actual rotational speed (N) of a drive shaft (4), and  
third criterion: the magnitude of the acceleration (a) exceeds the threshold value (A) twice within a second time interval (T3), which is set shorter than a time interval between two impacts during percussive operation; and  
reducing the driving power if a residual strike is detected.

### 2. A method according to Claim 1, **characterized in that**, for the third criterion, either the magnitude of the acceleration exceeds the threshold value (A) once in direction of percussion (100) and once counter to the direction of percussion (100), or else the magnitude of the acceleration falls back to zero be-

tween the two occasions when it exceeds the threshold value (A).

### 3. A method according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the second time interval (T3) is set shorter than a time interval (T) between two impacts on a workpiece during percussive operation.

### 4. A method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** on detection of a residual strike the driving power is reduced from a high driving power to a medium driving power.

### 5. A method according to Claim 4, **characterized in that** if, following detection of a residual strike, a residual strike is once again detected within a third time interval (T2), then the driving power is reduced to a low driving power.

### 6. A method according to Claim 4 or 5, **characterized in that** if, following detection of a residual strike, no further residual strike is detected within a fourth time interval (T3), then the driving power is increased to the high driving power.

### 7. A method according to Claim 5 or 6, **characterized in that** the third and/or fourth time intervals are set as a function of an actual rotational speed of a drive shaft (4).

### 8. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a rotational speed (N) of a drive shaft (4) is set for adjusting the driving power.

### 9. A method according to Claim 8, **characterized in that** a low rotational speed (N3) for the low driving power is set at less than 35% of a high rotational speed (N1) for the high driving power.

### 10. A method according to Claim 8 or 9, **characterized in that** a medium rotational speed (N2) for the medium driving power is set at between 75% and 85% of a high rotational speed (N1) for the high driving power.

### 11. A method according to one of Claims 8 to 10, **characterized in that** a resonant rotational speed resonantly excites a pneumatic percussion mechanism of the hand-held power tool (1) and a high rotational speed (N) which deviates by less than 10% from the resonant rotational speed is set for the high driving power.

### 12. A hand-held power tool comprising:

a drive shaft (4),  
a pneumatic percussion mechanism (5), and  
an acceleration sensor,

**characterized by**

evaluating means for implementing one of the methods according to Claims 1 to 11.

13. A hand-held power tool according to Claim 12, **characterized in that** the acceleration sensor and the evaluating means are incorporated into one electronic module.

**Revendications**

1. Procédé pour commander une machine-outil manuelle à percussion pneumatique, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes consistant à :

détecter une accélération (a) le long d'un axe de percussion (8) de la machine-outil manuelle (1),  
détecter l'apparition d'une percussion résiduelle en contrôlant au moins l'un des critères suivants :

premier critère : l'accélération (a) se produit dans la direction de percussion (100) et sa grandeur dépasse une valeur de seuil (A), la valeur de seuil (A) étant choisie pour être supérieure à des valeurs d'accélération maximales (a1, a2) qui apparaissent dans un mode de percussion de la machine-outil manuelle (1) sur une pièce,  
deuxième critère : la grandeur de l'accélération (a) dépasse deux fois la valeur de seuil (A) sur un premier intervalle de temps (T) qui est choisi en fonction de la vitesse de rotation actuelle (N) d'un arbre d'entraînement (4), et  
troisième critère : la grandeur de l'accélération (a) dépasse deux fois la valeur de seuil (A) sur un deuxième intervalle de temps (T3) qui est choisi plus court qu'un intervalle de temps entre deux percussions en mode de percussion, et  
réduire la puissance d'entraînement lorsqu'une percussion résiduelle est détectée.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour le troisième critère, soit la grandeur de l'accélération dépasse la valeur de seuil (A) une fois dans la direction de percussion (100) et une fois dans la direction de percussion (100) opposée, soit la grandeur de l'accélération retourne à zéro entre les instants où la valeur de seuil (A) est franchie deux fois.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le deuxième intervalle de temps (T3) est plus court qu'un intervalle de

temps (T) entre deux percussions en mode de percussion sur une pièce.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**après une détection d'une percussion résiduelle, la puissance d'entraînement est réduite d'une puissance d'entraînement élevée à une puissance d'entraînement moyenne.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** si après la détection d'une percussion résiduelle sur un troisième intervalle de temps (T2), une percussion résiduelle est encore détectée, la puissance d'entraînement est réduite à une puissance d'entraînement faible.
6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** si après une détection d'une percussion résiduelle sur un quatrième intervalle de temps (T3), aucun autre percussion résiduelle n'est détectée, la puissance d'entraînement est augmentée jusqu'à la puissance d'entraînement élevée.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** le troisième et/ou quatrième intervalle de temps est choisi en fonction de la vitesse de rotation actuelle d'un arbre d'entraînement (4).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une vitesse de rotation (N) d'un arbre d'entraînement (4) est établie afin de régler la puissance d'entraînement.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'**une petite vitesse de rotation (N3) pour la puissance d'entraînement faible est choisie inférieure à 35 % d'une grande vitesse de rotation (N1) pour la puissance d'entraînement élevée.
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'**une vitesse de rotation moyenne (N2) pour la puissance d'entraînement moyenne est choisie entre 75 % et 85 % d'une grande vitesse de rotation (N1) pour la puissance d'entraînement élevée.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce qu'**une vitesse de rotation de résonance excite un mécanisme de percussion pneumatique de la machine-outil manuelle (1) en résonance et une grande vitesse de rotation (N) est choisie pour la puissance d'entraînement élevée, laquelle vitesse s'écarte de moins de 10 % de la vitesse de rotation de résonance.
12. Machine-outil manuelle comportant :
- un arbre d'entraînement (4),  
un mécanisme de percussion pneumatique (5),

et  
un capteur d'accélération, **caractérisée par** un  
dispositif d'évaluation pour mettre en oeuvre l'un  
des procédés des revendications 1 à 11.

5

13. Machine-outil manuelle selon la revendication 12,  
**caractérisée en ce que** le capteur d'accélération et  
le dispositif d'évaluation sont intégrés dans un mo-  
dule électronique.

10

15

20

25

30

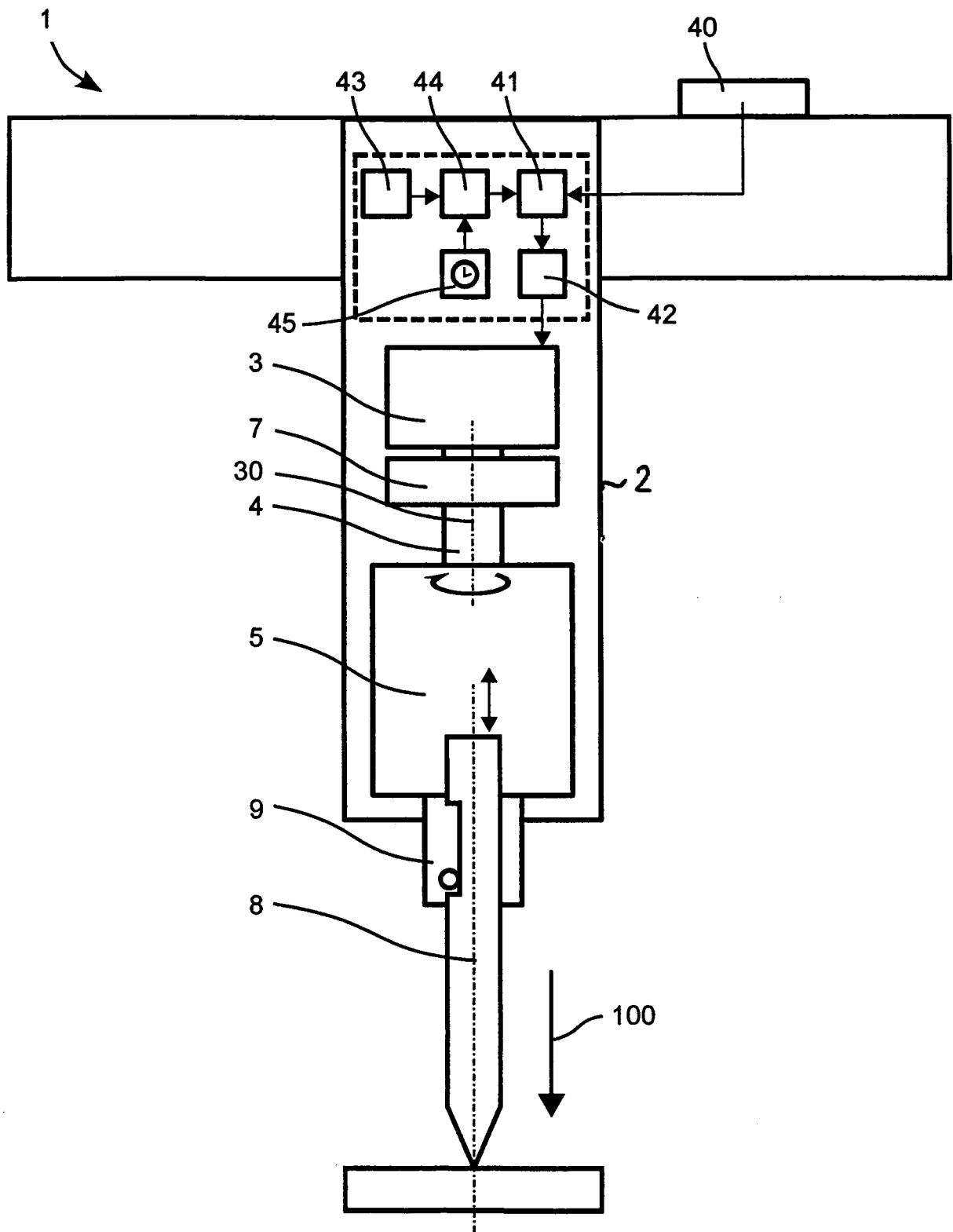
35

40

45

50

55



**Fig. 1**

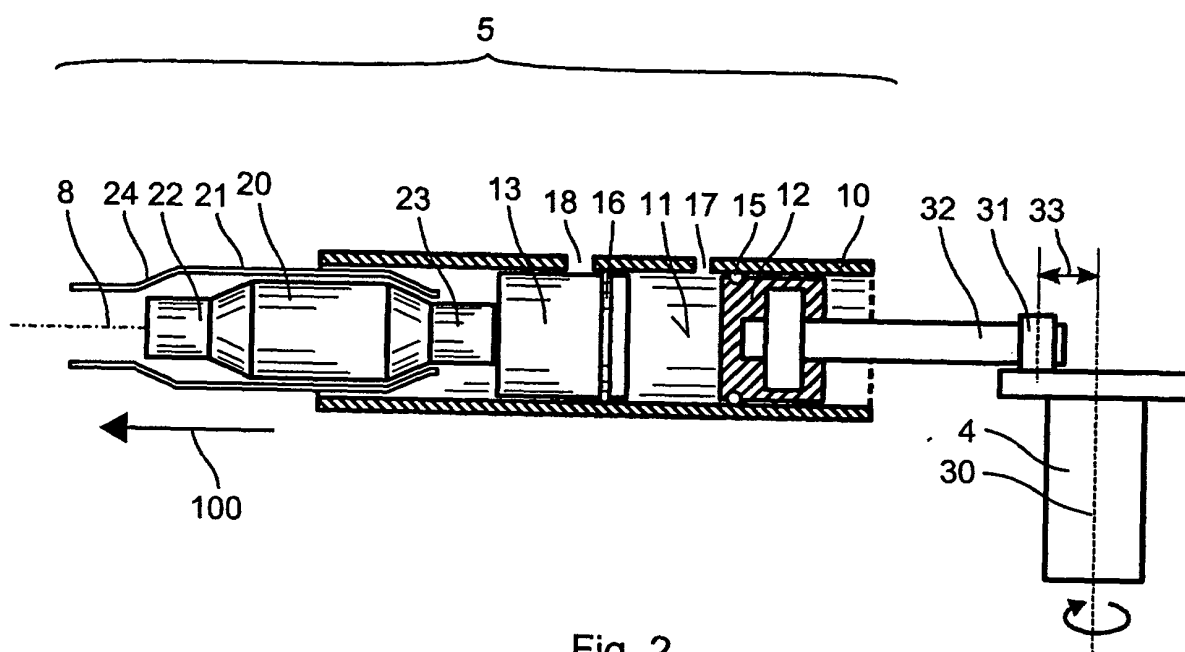


Fig. 2

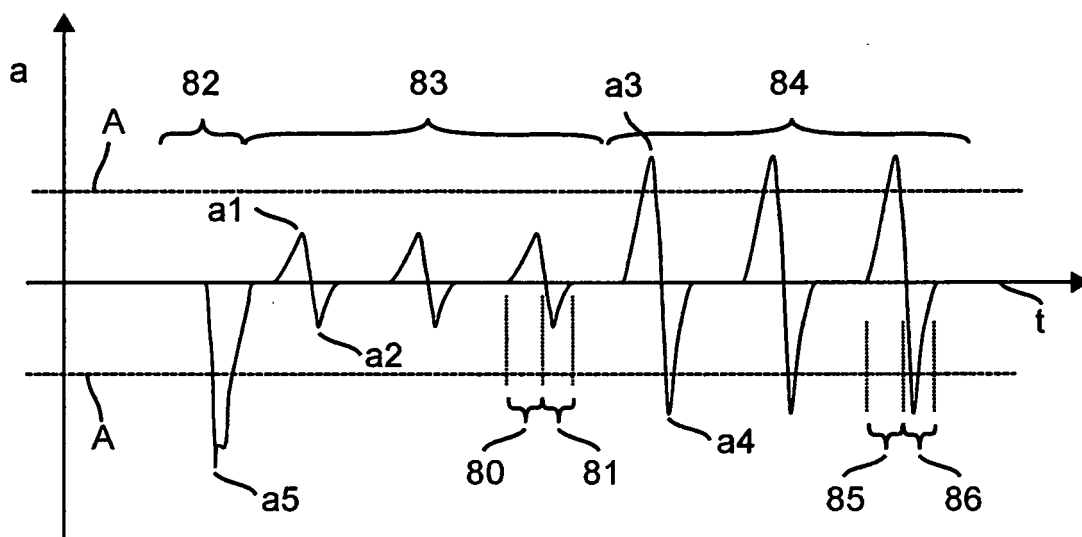


Fig. 3

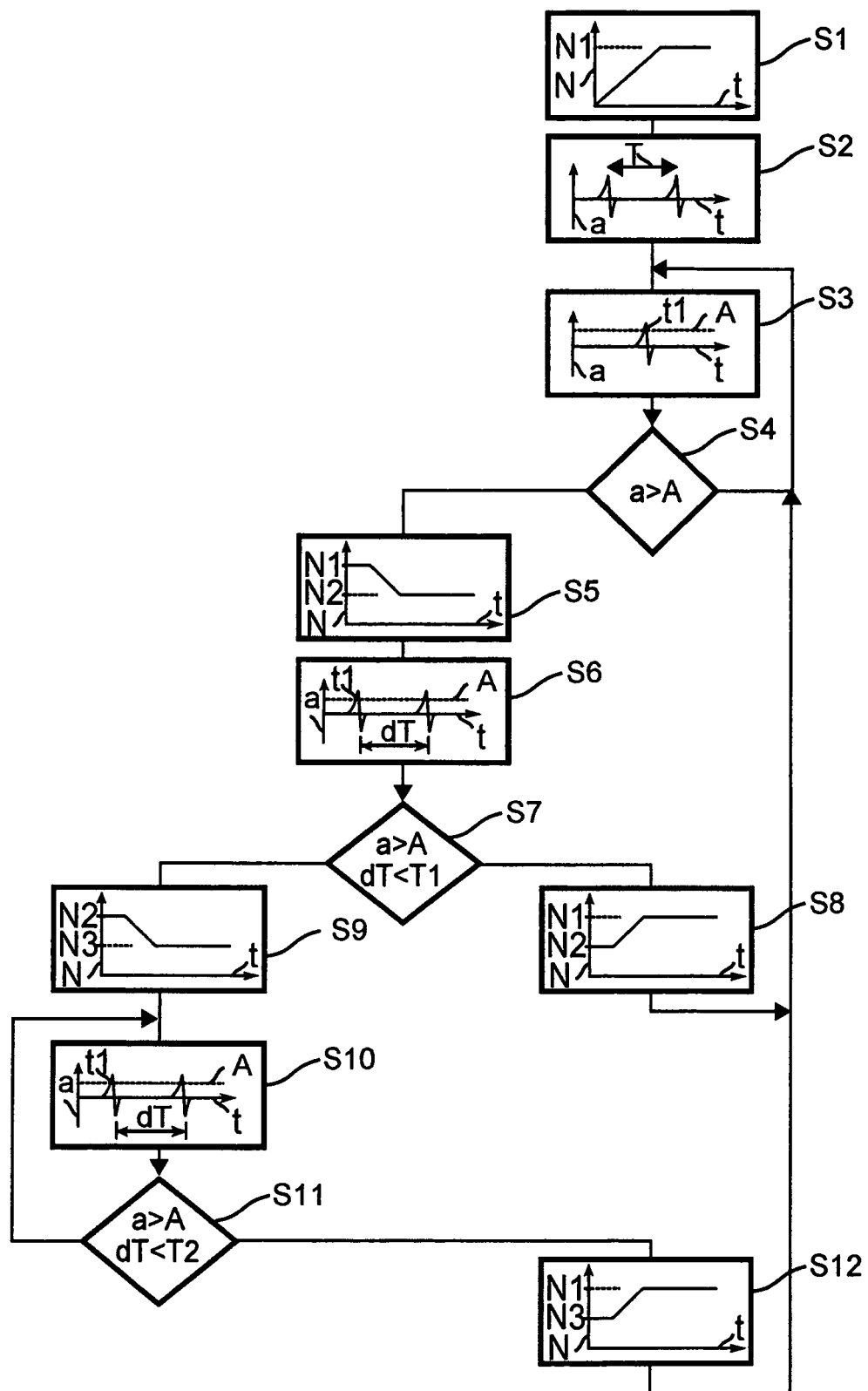


Fig. 4

**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**

- EP 0303651 B1 [0002] [0003]
- DE 2820128 [0003]
- EP 1170095 A2 [0004]