

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. Juni 2012 (21.06.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/079936 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/070791

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. November 2011 (23.11.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 063 148.5
15. Dezember 2010 (15.12.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach
30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WIRNITZER, Bernd**
[DE/DE]; Bergstr. 8/3, 71292 Frieolzheim (DE).
KOEDER, Thilo [DE/DE]; Free Trade Zone, Phase 1,
11900 Bayan Lepas (DE). **MOCK, Stefan** [DE/DE];
Gabaeckerweg 10, 73630 Remshalden (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

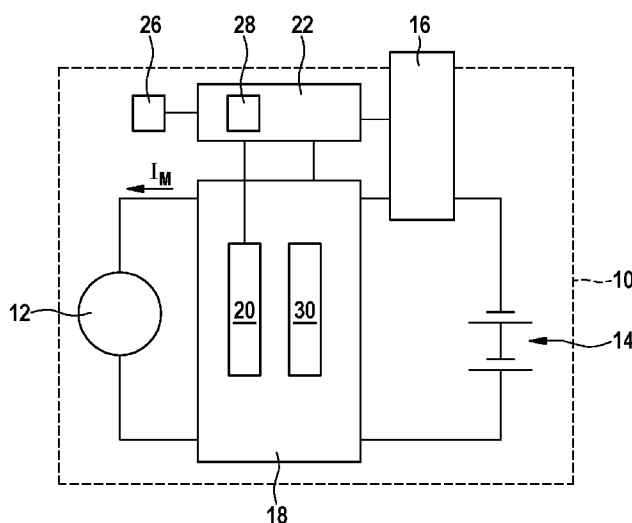
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN ELECTRIC HAND TOOL DRIVEN BY AN ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINES ELEKTROMOTORISCH
ANGETRIEBENEN ELEKTROHANDWERKZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to a method for
operating an electric hand tool (10) driven by an electric
motor, comprising an overload protection for protecting at
least one component (12, 30) of the electric hand tool (10)
against thermal overload. According to the invention,
during the operation of the electric hand tool (10), a current
thermal energy content of the component (12, 30) is
determined on the basis of a current energy inflow (E_i)
and a current energy outflow (E_o) and is compared to a
thermal model of the at least one component (12, 30),
wherein the electric hand tool (10) is switched off when a
critical value (T_{krit}) of the energy content is reached
and/or exceeded, and wherein, at least in a range close to
the critical value (T_{krit}), the energy inflow (E_i) and/or
the energy outflow (E_o) are controlled by means of closed
loop or open loop control depending on at least one
operating parameter which influences the thermal energy
content of the at least one component (12, 30).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einem

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1



Verfahren zum Betreiben eines elektromotorisch angetriebenen Elektrohandwerkzeugs (10) mit einem Überlastschutz zum Schutz wenigstens eines Bauteils (12, 30) des Elektrohandwerkzeugs (10) gegen thermische Überlast. Es wird vorgeschlagen, dass im Betrieb des Elektrohandwerkzeugs (10) aus einem aktuellen Energiezufluss (E_i) und einem aktuellen Energieabfluss (E_o) ein aktueller thermischer Energieinhalt des Bauteils (12, 30) bestimmt und mit einem thermischen Modell des wenigstens einen Bauteils (12, 30) verglichen wird, wobei das Elektrohandwerkzeug (10) bei Erreichen und/oder Überschreiten eines kritischen Werts (T_{krit}) des Energieinhalts abgeschaltet wird und wobei zumindest in einem Bereich nahe des kritischen Werts (T_{krit}) der Energiezufluss (E_i) und/oder der Energieabfluss (E_o) abhängig von wenigstens einem Betriebsparameter geregelt oder gesteuert wird, welcher den thermischen Energieinhalt des wenigstens einen Bauteils (12, 30) beeinflusst.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines elektromotorisch angetriebenen
Elektrohandwerkzeugs

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben eines elektromotorisch angetriebenen Elektrohandwerkzeugs mit einem Überlastschutz zum Schutz wenigstens eines Bauteils des Elektrohandwerkzeugs sowie von einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

20

Bei Elektrowerkzeugen führt ein Blockieren des Motors, etwa beim Festziehen einer Schraube oder Klemmen des Sägeblatts zur Überlastung des Motors, bis dieser thermisch überhitzt ist und dauerhaft beschädigt wird. Im Extremfall kann es zu Rauchentwicklung und zum Abbrennen von brennbaren Teilen des Motors kommen. Dies kann auch bei unsachgemäßem Einsatz von Werkzeugen, wie z.B. der Einsatz eines Schraubers als Rührgerät auftreten.

25

30

35

In der DE 10 2005 038 225 A1 wird ein Verfahren zur Detektion einer Überlastsituation bei einem Elektrohandwerkzeug beschrieben. Bei derartigen Elektrohandwerkzeugen, insbesondere akkubetriebenen Elektrohandwerkzeugen wie z.B. Akkuschrauber oder Akkubohrhämmer besteht die Gefahr, dass im Falle einer Überlastung der Motor blockiert, wobei in dieser Situation die höchstmöglichen Ströme fließen, die bei akkubetriebenen Elektrohandwerkzeugen vom Akkupack abgegeben werden können. Die hohen Ströme haben eine Überhitzung zur Folge, zugleich ist auf Grund des stillstehenden Motors die Kühlung stillgelegt, so dass im Falle des Fortbestehens dieses Zustandes innerhalb sehr kurzer Zeit die Gefahr eines thermischen Versagens einer oder mehrerer beteiligter Komponenten wie z.B. Verbindungsleitungen, des Elektromotors, Lötverbindun-

gen oder dergleichen besteht. Die Gefahr einer thermischen Überhitzung besteht auch für den Fall, dass der Elektromotor ohne ausreichende Abkühlphasen mehrmals hintereinander den blockierten Zustand einnimmt.

5 Um eine Überlastsituation rechtzeitig zu erkennen und ein thermisches Versagen zu vermeiden, wird gemäß der DE 10 2005 038 225 A1 fortlaufend der Betriebsstrom gemessen und mit einem abgespeicherten Grenzstrom verglichen, wobei auf eine thermische Überlastung des Elektrowerkzeuges geschlossen wird, falls
10 die aus mehreren Zyklen aufsummierte und gewichtete Differenz des gemessenen Betriebsstroms und des abgespeicherten Stromgrenzwerts einen Referenzwert überschreitet. Daraufhin wird der Stromkreis, welcher den Elektromotor mit Strom versorgt, durch ein Signal einer Überwachungsvorrichtung unterbrochen. Der Elektromotor ist außer Funktion gesetzt, eine Überhitzung wird wirksam vermieden.

15 Die WO 20009/086990 A1 schlägt vor, bei einem Handwerkzeug mit einem Elektromotor, beispielsweise Akku-Schrauber, Akku-Bohrschrauber, Akku-Kreissägen, Akku-Sticksägen, Akku-Hobel, Akku-Bohrhämmer oder Akku-Schlagbohrmaschinen oder Elektrohandwerkzeuge, die direkt an das Stromnetz
20 angeschlossen werden, die Temperatur bzw. eine mit der Temperatur eines Bauteils des Elektrohandwerkzeugs korrelierenden Strom des Elektromotors während des Betriebes zu messen, wobei im Falle einer Überschreitung einer Referenzgröße auf eine thermisch erhöhte Belastung geschlossen wird. Daraufhin wird ein reduzierter Übergangsbetrieb aktiviert, in welchem der Stromfluss im
25 Stromkreis, der den Elektromotor versorgt, moduliert wird, so dass der weitere Temperaturanstieg gestoppt oder zumindest gebremst wird. Dadurch wird noch vor Erreichen eines thermischen Limits, bei dem eine Überlastung mit einhergehender Zerstörung von Bauteilen besteht, eine Maßnahme getroffen, die zur Folge hat, dass der weitere Temperaturanstieg zumindest gedämpft wird.

30 Offenbarung der Erfindung

35 Die Erfindung geht gemäß einem ersten Aspekt aus von einem Verfahren zum Betreiben eines elektromotorisch angetriebenen Elektrohandwerkzeugs mit ei-

nem Überlastschutz zum Schutz wenigstens eines Bauteils des Elektrohandwerkzeugs gegen thermische Überlast.

Es wird vorgeschlagen, dass im Betrieb des Elektrohandwerkzeugs aus einem aktuellen Energiezufluss und einem aktuellen Energieabfluss ein aktueller thermischer Energieinhalt des Bauteils bestimmt wird und das Elektrohandwerkzeug wenigstens in einem Betriebsbereich abhängig vom thermischen Energieinhalt betrieben wird.

Das Bauteil kann insbesondere ein Elektromotor sein. Alternativ oder zusätzlich kann das Bauteil auch eine Elektronikkomponente, insbesondere eine Leistungselektronikkomponente, des Elektromotors sein. Das Elektrohandwerkzeug kann mittels Akku oder Batterie betrieben sein oder auch mit einer Netzstromversorgung versehen sein.

Insbesondere kann der Energiezufluss und der aktuelle Energieabfluss aus einem thermischen Modell des Bauteils hergeleitet werden. Daraus kann ein zulässiger maximaler Energieinhalt des Bauteils bestimmt werden. Der maximale zulässige Energieinhalt des Bauteils entspricht beispielsweise seiner maximal zulässigen Temperatur.

Ist das Bauteil ein Elektromotor, so kann in einem einfachen thermischen Modell der Energieeintrag z.B. als elektrisch eingebrachte Leistung an dem ohmschen Widerstand des Elektromotors betrachtet werden, der dann auf einfache Weise durch Beobachten des jeweils aktuellen Motorstroms ermittelt werden kann. Für den Energieaustrag kann z.B. ein bestimmter Anteil angenommen werden, der in Abhängigkeit von der aktuell ermittelten Temperatur und/oder der Motordrehzahl variiert werden kann. Damit kann dann auf den aktuellen thermischen Energieinhalt des Elektromotor geschlossen werden. Selbstverständlich kann auch ein komplexeres Modell zugrunde gelegt werden, oder für ein anderes Bauteil ein anderes geeignetes Modell des Bauteils, welches Eintragsmechanismen und Austragsmechanismen für Wärme bezogen auf das Bauteil insbesondere an seinem Einbauort im Elektrohandwerkzeug betrachtet.

So führt ein kurzer Strompeak, der den Maximalwert des zulässigen Motorstroms überschreitet, im Gegensatz zum Stand der Technik nicht automatisch zum Ab-

schalten des Elektrowerkzeugs, sondern es wird der Energiezufluss in das Bauteil durch diesen Strompeak betrachtet. Dabei ist die Energie das Produkt aus Leistung und Zeit. Liegt der Energiezufluss in das Bauteil unterhalb eines zulässigen Grenzwerts des thermischen Energieinhalts des Bauteils, kann das Elektrowerkzeug weiter betrieben werden, da der kurzzeitige Stromanstieg nicht zur Überhitzung des Bauteils bzw. Elektromotors führt.

Es kann vereinfacht davon ausgegangen werden, dass das Bauteil einen gewissen Energieeintrag unbeschadet überstehen kann. In seinem spezifizierten Bereich ist das Elektrowerkzeug dauerhaft, so dass der kritische Energieeintrag nie erreicht wird, sofern das Elektrowerkzeug entsprechend seinen Spezifikationen betrieben wird. So kann das Elektrowerkzeug beispielsweise so spezifiziert sein, dass es mit einer Akkuladung thermisch nicht überlastet wird. Wird der erste Akkupack im Betrieb entleert und ein neuer Akkupack eingesetzt, um sofort mit dem Elektrowerkzeug weiterzuarbeiten, ist die thermische Belastung des Bauteils höher als spezifiziert. Entsprechend kann das Elektrowerkzeug für den Einsatz mehrerer Akkupacks hintereinander ausgelegt sein, ohne dass bei der daraus folgenden Dauerbelastung des Elektrowerkzeugs eine thermische Überlastung, d.h. ein Überschreiten des Grenzwerts des zulässigen thermischen Energieinhalts des Bauteils, auftritt.

Der aktuelle thermische Zustand des Bauteils, etwa des Elektromotors, kann zuverlässig bestimmt werden. Ein entsprechendes thermisches Modell kann beispielsweise aus der Designphase des Elektrowerkzeugs bekannt sein. Die Auslegung des Elektrowerkzeugs erfolgt für eine zulässige thermische Maximalbelastung entsprechend eines maximal zulässigen thermischen Energieinhalts, zu der verschiedene Betriebsparameter beitragen, so dass deren Einfluss auf den thermischen Energieinhalt des Elektromotors (oder entsprechend eines anderen temperaturkritischen Bauteils) leicht abgeleitet werden kann.

Das Bauteil kann zuverlässig gegen Schäden oder Zerstörung geschützt werden, ohne die Leistungsfähigkeit des Elektrowerkzeugs negativ zu beeinflussen. Eine elektrische Schädigung des Elektrowerkzeugs durch Unachtsamkeit des Benutzers kann vermieden werden. Gleichzeitig ist ein sicherer Betrieb des Elektrowerkzeugs auch nahe des kritischen Energieinhalts, d.h. des Grenzwerts, möglich.

Das Elektrowerkzeug kann bei Erreichen und/oder Überschreiten eines Grenzwerts des Energieinhalts abgeschaltet werden. Alternativ oder zusätzlich kann in dem Elektrowerkzeug zumindest in einem Bereich nahe des Grenzwerts der Energiezufluss und/oder der Energieabfluss geregelt oder gesteuert werden. So kann ein oder mehrere Betriebsparameter überwacht werden, welcher den thermischen Energieinhalt des wenigstens einen Bauteils beeinflusst. Der Begriff „gesteuert“ kann auch ein Abschalten des Elektrowerkzeugs einschließen.

Gemäß einer günstigen Weiterbildung kann wenigstens ein Betriebsparameter zur Bestimmung des Energiezuflusses und/oder des Energieabflusses herangezogen werden. Zweckmäßigerweise können dies Betriebsparameter sein, welche beispielsweise aus einer Überwachungselektronik eines Batteriemanagements ableitbar oder bekannt sind, wie sie bei akkubetriebenen Elektrowerkzeugen im Einsatz sind.

Gemäß einer weiteren günstigen Weiterbildung kann der wenigstens eine Betriebsparameter eine oder mehrere folgender Größen umfassen: Motorstrom; Tastverhältnis einer Pulsweitenmodulation zur Ansteuerung des Elektromotors; Motordrehzahl des Elektromotors; Stellung eines Sollwertgebers zum Ein- oder Ausschalten des Elektromotors; elektrische Spannung eines Akkus oder einer Batterie zur Versorgung des Bauteils; Temperatur des Bauteils; Kühlleistung zur Kühlung des Bauteils. Der thermische Zustand des Bauteils, etwa des Elektromotors, kann genauer und schneller erfasst werden.

Die Drehzahl des Elektromotors kann beispielsweise gemessen oder auch in bekannter Weise aus dem Tastverhältnis der Pulsweitenmodulation hergeleitet werden. Ferner kann die Stellung des Sollwertgebers zum Ein- oder Ausschalten des Elektromotors anzeigen, ob der Elektromotor eingeschaltet ist oder ausgeschaltet, woraus sich beispielsweise ableiten lässt, ob das Bauteil bzw. der Elektromotor noch aktiv durch einen Luftstrom gekühlt wird, der durch das Drehen des Elektromotors erzeugt wird und/oder durch ein Lüfterrad des Elektromotors, oder ob eine passive Kühlung durch Wärmeleitung und/oder Konvektion erfolgt.

Gemäß einer weiteren Weiterbildung kann der Motorstrom mit zumindest einem weiteren Betriebsparameter zur Bestimmung des Energieinhalts des Bauteils herangezogen werden. Der Einfluss des wenigstens einen weiteren Betriebsparameters auf den thermischen Energieinhalt des Bauteils kann zuvor aus dem thermischen Modell des Bauteils bestimmt worden sein. Günstigerweise kann durch das Berücksichtigen von solchen Einflussparametern zusätzlich zum Motorstrom die Leistungsfähigkeit und das Betriebsverhalten des Elektrowerkzeugs verbessert werden. Der thermische Zustand des Bauteils und des Elektromotors kann genauer und schneller erfasst werden. Leistungsreserven des Bauteils, insbesondere des Elektromotors, die sonst wegen der nur groben Annäherung an den thermischen Überlastbereich vorgehalten werden müssen, können für Arbeitszwecke eingesetzt werden. Es kann vorteilhaft eine gesamttheitliche Betrachtung der dynamischen Energiebilanz am Bauteil, z.B. am Elektromotor, erfolgen. Dabei ist unter der Energiebilanz eine möglichst weitgehende gesamttheitliche Betrachtung möglichst vieler Einflussparameter auf das thermische Verhalten des Elektromotors zu verstehen. Unter dynamisch ist das aktive Aufsummieren und Subtrahieren der Energiemenge in Abhängigkeit der verwendeten Betriebsparameter über die Zeit zu verstehen.

Dabei stellt schon die Hinzunahme eines weiteren Betriebsparameters, welcher den thermischen Zustand bzw. Energieinhalt des Bauteils beeinflusst, eine Verbesserung und Steigerung der Leistungsfähigkeit des Elektrowerkzeugs dar.

Vorteilhaft kann der Elektromotor im Überlastfall abgeschaltet werden, was zu einer Temperaturerniedrigung des Bauteils führt, oder es kann ein reduzierter Übergangsbetrieb aktiviert werden, in welchem der Stromfluss im Stromkreis, der den Elektromotor versorgt, moduliert wird, so dass ein weiterer Temperaturanstieg des Bauteils verhindert oder zumindest verringert wird.

Weiterhin kann zur Bestimmung des aktuellen thermischen Energieinhalts eine Abkühlzeit des Bauteils berücksichtigt werden. Hier kann insbesondere berücksichtigt werden, ob eine aktive Kühlung erfolgt, bei beispielsweise der Elektromotor im Leerlauf läuft, oder eine passive Kühlung, bei der das Elektrowerkzeug ausgeschaltet ist und die Kühlung hauptsächlich beispielsweise über Konvektion erfolgt. Die Unterscheidung der beiden Zustände kann auch indirekt

über die Stellung des Sollwertgebers und Vorhandensein des Leerlaufstroms erfolgen.

In einer günstigen Weiterbildung kann beim Wiedereinschalten des Elektromotors wenigstens eine aktuelle Temperatur des Bauteils bestimmt und zur Generierung eines Startwerts zur Bestimmung des aktuellen thermischen Energieinhalts des Bauteils verwendet werden.

Wird das Elektrohandwerkzeug komplett ausgeschaltet, schaltet sich üblicherweise dessen Überwachungselektronik zur Vermeidung von Selbstentladung des Akkus bzw. der Batterie nach einer relativ kurzer Zeitspanne ab, so dass die Zeit, in der eine passive Kühlung des Bauteils erfolgt, nur schwer erfasst werden kann. Es ist günstig, wenn die Temperatur des Bauteils erfasst werden kann. Beispielsweise kann hierzu ein Thermoelement am Elektromotor angebracht werden. Bei erneuter Inbetriebnahme kann so ein Startwert für die aktuelle thermische Belastung des Bauteils generiert werden indem die aktuelle Temperatur des Elektromotors ermittelt wird. Die Temperatur des Bauteils kann gemessen und/oder (falls die Zeitdauer der Abschaltung bestimmt werden kann) aus einem Abkühlverhalten des Bauteils abgeleitet werden.

Kann eine Abschaltzeitdauer des Bauteils bestimmt werden, kann eine Historie des Betriebs des Elektrohandwerkzeugs berücksichtigt werden, um den aktuellen thermischen Zustand bzw. Energieinhalt des Bauteils besser zu bestimmen. Es können zusätzliche Elektronikbausteine oder Speicher vorgesehen werden, mit denen ein gewisser zeitlicher Verlauf als Historie von Betriebsparametern des Elektrohandwerkzeugs hinterlegt werden können, um somit auch einen Startwert für die Bestimmung des aktuellen thermischen Energieinhalts des Bauteils zu generieren. Grundsätzlich kann dies mit einem verzögerten Zurücksetzen der Überwachungselektronik des Elektrohandwerkzeugs verglichen werden, nachdem eine kritische Zeitspanne zur Abkühlung des Bauteils abgelaufen ist, ab der die volle eintragbare Energie des Bauteils wieder zur Verfügung steht. Im Stand der Technik wird die Überwachungselektronik zurückgesetzt, sobald das Elektrohandwerkzeug ausgeschaltet und/oder der Akkupack entfernt, beispielsweise gewechselt wird.

Besonders vorteilhaft ist dies für die Zeit des Akkuwechsels oder Batteriewechsels, da in aller Regel das Elektroh Handwerkzeug sofort wieder in Betrieb genommen wird. Ist kein Thermoelement vorgesehen, kann ein elektrischer Puffer vorgesehen sein, der diese kurze Wechselzeit überbrückt, etwa einen Kondensator, eine Knopfzelle, um ein ungewolltes Zurücksetzen der Überwachungselektronik beim Akkuwechsel oder Batteriewechsel zu verhindern. Damit steht der Motorschutz auch nach dem Wechsel mit den aktuellen Betriebsparametern zum thermischen Zustand des Bauteils zur Verfügung.

Es wird ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen, bei der Mittel vorgesehen sind, um im Betrieb des Elektroh Handwerkzeugs aus einem aktuellen Energiezufluss und einem aktuellen Energieabfluss einen aktuellen thermischen Energieinhalt des Bauteils zu bestimmen und das Elektroh Handwerkzeug wenigstens in einem Betriebsbereich abhängig vom thermischen Energieinhalt zu betreiben.

Günstigerweise kann ein elektrischer Puffer vorgesehen sein, um beim Trennen einer Spannungsversorgung vom Elektroh Handwerkzeug eine Überwachungselektronik des Bauteils elektrisch zu versorgen. Somit ist bei einer Wiederinbetriebnahme des Elektroh Handwerkzeugs die Dauer der Abschaltung bekannt, so dass aus einem thermischen Modell des Bauteils beispielsweise das Abkühlverhalten des Bauteils bestimmt und die Temperatur bei der Wiederinbetriebnahme bestimmt werden kann.

Zeichnung

Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Es zeigt:

- Fig. 1 ein symbolisch dargestelltes Ausführungsbeispiel eines Elektrohandwerkzeugs mit einer Überwachungsvorrichtung zur Detektion einer thermischen Überlastsituation und zur Überführung in einen Übergangsbetrieb reduzierter elektrischer Leistung oder zur Abschaltung, und
- Fig. 2 eine Visualisierung des Handwerkzeugs aus Fig. 1 mit seinem thermischen Energieinhalt.

Ausführungsform der Erfindung

In den Figuren sind gleiche oder gleichartige Komponenten mit gleichen Bezugszeichen beziffert.

Das in Fig. 1 schematisch dargestellte Ausführungsbeispiel eines Elektrohandwerkzeugs 10 weist als Antrieb einen Elektromotor 12 auf, der beispielsweise von einem Akkupack 14 gespeist wird. In dem Stromkreis zwischen Akkupack 14 und Elektromotor 12 befindet sich ein Bedienelement als Sollwertgeber 16, über das der Anwender den Stromkreis öffnen und schließen kann. Der Sollwertgeber 16 kann beispielsweise ein üblicher Ein-Aus-Schalter mit integriertem Potentiometer zur Einstellung einer gewünschten Motordrehzahl sein. Des Weiteren sind im Stromkreis eine Vorrichtung 18 zum Schalten und/oder Modulieren des Motorstroms angeordnet. Die Vorrichtung 18 enthält eine Strommesseinrichtung 20 und z.B. eine Leistungselektronik des Elektromotors 12. Bei geschlossenem Stromkreis fließt ein Motorstrom I_m .

Die Vorrichtung 18 wird von einer Überwachungselektronik 22 angesteuert, welchem optional eine Temperaturmesseinrichtung 26 zur Messung der Temperatur mindestens eines temperaturkritischen Bauteiles 12, 30 im Elektrohandwerkzeug 10 zugeordnet sein kann. Das temperaturkritische Bauteil kann der Elektromotor 12 selbst oder beispielsweise auch dessen Leistungselektronik 30 sein. Im Folgenden wird als temperaturkritisches Bauteil beispielhaft nur der Elektromotor 12 betrachtet, die Überlegungen können jedoch auch auf andere Bauteile übertragen werden.

Die Überwachungselektronik 22 umfasst auch eine Regel- bzw. Steuereinheit 28, in der die Signalverarbeitung und Signalerzeugung stattfindet und im Übrigen auch Betriebsparameter des Elektrowerkzeugs 10 bestimmt oder abgespeichert werden können. Während des regulären Betriebs des Elektrowerkzeugs 10 ist der Stromkreis geschlossen, der Elektromotor 12 wird mit dem Betriebsstrom I_m gespeist. Im regulären Betrieb wird fortlaufend über die Strommesseinrichtung 20 der aktuelle Betriebsstrom I_m sowie weitere Betriebsparameter erfasst, etwa das Tastverhältnis des PWM-Signals.

Bei Akkugeräten ist bereits zur Einhaltung des Batteriemanagements eine solche Überwachungselektronik 22 eingebaut. Daher stehen gewisse Signale zu Betriebsparametern bereits zur Verfügung, wie etwa Motorstrom, Drehzahl, Tastverhältnis des PWM-Signals, das dem Elektromotor 12 zugeführt wird, Schalterstellung des Sollwertgebers 16, Akkuspannung und dergleichen. Diese Betriebsparameter können daher ohne Hardware-Mehraufwand genutzt werden.

Basierend auf den vorhandenen Betriebsparametern kann zuverlässig abgeleitet werden, in welchem Betriebszustand sich das Elektrowerkzeug 10 befindet, insbesondere, ob der Elektromotor 12 im Leerlauf ist, ob das vom Elektromotor 12 angetriebene Werkzeug (nicht dargestellt) im Eingriff mit einem Werkstück ist, ob das Werkzeug blockiert ist. Ferner lässt sich ableiten, wie sich der aktuelle Betriebsmodus auf den thermischen Zustand des Elektromotors 12 und somit auf dessen Temperatur auswirkt, so dass dessen aktueller thermischer Zustand mit guter Näherung erfasst werden kann.

Die Überwachungselektronik 22 erfasst im Betrieb des Elektrowerkzeugs 10 einen aktuellen Energiezufluss E_i und einen aktuellen Energieabfluss E_o (Fig. 2) und bestimmt daraus einen aktuellen thermischen Energieinhalt des Elektromotors 12. Dieser wird mit einem kritischen thermischen Energieinhalt (Grenzwert) des Elektromotors 12, das in einem Speicher der Überwachungselektronik 22 abgelegt ist, verglichen. Dabei kann das Elektrowerkzeug 10 bei Erreichen und/oder Überschreiten eines kritischen Werts T_{krit} (Fig. 2) des Energieinhalts abgeschaltet werden. Zumindest in einem Bereich nahe des kritischen Werts T_{krit} kann der Energiezufluss E_i und/oder der Energieabfluss E_o geregelt oder gesteuert werden, wobei wenigstens ein Betriebsparameter, welcher

den thermischen Energieinhalt des Elektromotors 12 beeinflusst, entsprechend beeinflusst wird.

5 Beim Einschalten des Elektrohandwerkzeugs 10 generiert die Überwachungselektronik 22 (z.B. in Einheit 28) einen Startwert, etwa die aktuelle Temperatur des Elektromotors 12 und somit eine Größe, die dessen aktuellen thermischen Energieinhalt widerspiegelt.

10 Anhand des aktuellen, tatsächlichen thermischen Energieinhalts können Energiezufuhr zum Elektromotor 12 und/oder Energieabfluss vom Elektromotor 12 dynamisch angepasst werden. So kann für die jeweilige Applikation, für die der Anwender sein Elektrohandwerkzeug 10 benutzt, eine maximale Leistung vom Elektromotor 12 abgerufen werden. Der tatsächliche thermische Zustand des Elektromotors 12 kann deutlich besser abgeschätzt werden als im Stand der
15 Technik.

Optional kann vorgesehen sein, ein erstes Abschalten nach einem bestimmten thermischen Energieinhalt oder nach einer definierten Zeitspanne vorzunehmen. Damit wird also nach Abschaltung beim Blockieren des Werkzeugs oder beim
20 Betrieb an der Leistungsgrenze oder sonstigen Grenzanwendungen eine gewisse Energieeintragsreserve vorgehalten. Eine solche Grenzanwendung stellt beispielsweise eine Anwendung mit einem hohen Bedarf an Drehmoment bei kleiner Drehzahl, d.h. bei großem Motorstrom und geringer Lüftung durch das entsprechend langsam drehende Lüfterrad des Elektromotors 12 dar. Somit ist auch
25 unmittelbar nach einer solchen Abschaltung mehrmals ein erneutes Inbetriebsetzen wieder möglich, ohne dadurch sofort den kritischen Wert T_{krit} (Fig. 2) des Energieinhalts zu überschreiten. D.h. ein beispielsweise blockiertes Werkzeug des Elektrohandwerkzeugs 10, etwa ein Schraubwerkzeug oder ein Sägeblatt oder dergleichen, kann auch mehrfach hintereinander mit vollem Drehmoment,
30 das bedeutet mit vollem Motorstrom, beaufschlagt werden, ohne beschädigt zu werden.

Wenn die Überwachungselektronik 22 ausgeschaltet ist, üblicherweise bei Nichtbetrieb des Elektrohandwerkzeugs 10 oder beim Wechsel des Akkupacks, geht
35 der im Speicher abgelegte aktuelle Energieinhalt des Elektromotors 12 verloren.

Auch in diesem Fall kann der genannte Vorhalt dazu beitragen, eine Schädigung des Elektrohandwerkzeugs 10 durch mehrfach kurz hintereinander erfolgende Löschung des Speichers zu vermeiden.

5 In einer weiteren Variante kann zusätzlich ein Temperatursensor 26, z.B. ein NTC-Widerstand oder dergleichen, vorgesehen sein, um beim Einschalten der Überwachungselektronik 22 einen Startwert der aktuellen Temperatur zu generieren, um eine Referenz für den aktuellen thermischen Energieinhalt des Elektromotors 12 zu haben. Der Temperatursensor 26 dient somit als „Gedächtnis“
10 und kann gleichzeitig den Energieabfluss während der Abkühlzeit des Elektromotors 12 beschreiben. Damit kann günstigerweise auch eine Unterscheidung zwischen aktiver und passiver Kühlung des Elektromotors 12 entfallen. Aktive Kühlung bedeutet, dass der Elektromotor 12 und/oder ein Motorlüfter läuft und einen Kühlluftstrom erzeugt. Passive Kühlung bedeutet, dass der Elektromotor 12 nur
15 durch Konvektion und Wärmeleitung gekühlt wird. Zu einer dynamischen Regelung ist die Erfassung der aktuellen Temperatur des Elektromotors 12 mit dem Temperatursensor 26 jedoch zu träge, da dieser meist nur entfernt von kritischen Bereichen montiert werden kann, etwa am Gehäuse des Elektromotors 12.

20 Es kann optional ein nichtflüchtiger Lese- und Schreibspeicher mit einer internen Uhr vorgesehen sein, beispielsweise in der Überwachungselektronik 22, so dass übliche Überwachungselektroniken mit geringen Änderungen eingesetzt werden können. Vorteilhaft ist der nichtflüchtige Speicher mit dem Uhrbaustein über einen elektrischen Puffer versorgbar, wenn der Akkupack oder Batteriepack ge-
25 wechselt wird, etwa eine Akkuknopfzelle, eine Kondensator oder dergleichen.

Denkbar ist auch eine „nachtschlafende“ Elektronik, die auch im Ruhezustand des Elektrohandwerkzeugs 10 elektrisch versorgt wird, beispielsweise über den Akku 14 oder über eine Ladestation, an der das Elektrohandwerkzeug 10 im Ruhezustand
30 praktisch permanent angeschlossen sein kann.

Zusätzlich oder alternativ können auch weitere Sensoren eingesetzt werden, welche Kenngrößen erfassen, etwa Drehzahlsensoren und dergleichen.

35 Fig. 2 zeigt eine vereinfachte Darstellung des thermischen Zustands des Bauteils, etwa des Elektromotors 12. Das Bauteil erfährt eine Energiezufuhr E_i und

einen Energieabfluss E_o und kann bis zu einem kritischen Energieeintrag (Erreichen oder Überschreiten eines kritischen Energieinhalts (Grenzwerts) entsprechend einer maximalen Temperatur T_{krit}) Energie aufnehmen, ohne Schaden zu nehmen. Im gezeigten Beispiel ist der aktuelle Energieinhalt durch einen strichlierten Bereich dargestellt, der weit unterhalb des Grenzwerts liegt.

Es kann vereinfacht davon ausgegangen werden, dass der Elektromotor 12 einen gewissen Energieeintrag (E_i) unbeschadet überstehen kann. Im spezifizierten Bereich der Zielapplikation ist das Elektrowerkzeug 10 dauerhaft, so dass der kritische Energieeintrag (T_{krit}) nie erreicht wird. Der spezifizierte Bereich entspricht beispielsweise dem Einsatz eines als Schrauber ausgebildeten Elektrowerkzeugs 10 für eine bestimmte Schraubenklasse.

Wird das Elektrowerkzeug 10 in Grenzanwendungen betrieben (beispielsweise werden mehr Akkupacks in Folge eingesetzt, als der Spezifikation des Elektrowerkzeugs 10 entspricht, um beispielsweise die Arbeit mit dem Elektrowerkzeug 10 nicht lange unterbrechen zu müssen), so steigt die eingebrachte Energie in das Bauteil 12, den Elektromotor, in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsparametern, wie z.B. Motorstrom und Drehzahl (d.h. auch Lüfterleistung). Wird jedoch die Arbeit mit dem Elektrowerkzeug 10 unterbrochen oder das Elektrowerkzeug 10 nur im Leerlauf betrieben, kühlt der Elektromotor 12 über die Zeit ab, d.h. es wird Energie abgegeben (E_o). Bis zur Abschaltgrenze T_{krit} kann daher nunmehr ein erhöhter Energieeintrag erfolgen, d.h. das Elektrowerkzeug 10 kann länger in einem Bereich nahe und unterhalb der Abschaltgrenze T_{krit} betrieben werden.

Wird die Abschaltgrenze T_{krit} jedoch erreicht, schaltet der Elektromotor 12 ab und schützt sich so vor Überhitzung. Abhängig von dem zugrundeliegenden Modell ist auch hier denkbar, ein sofortiges Weiterarbeiten zuzulassen, aber nur, sofern der resultierende Energieeintrag negativ ist, also bei diesem Weiterarbeiten der Elektromotor 12 abkühlt; bei einem erneuten erhöhten Energieeintrag E_i , etwa ein Blockieren des vom Elektromotor 12 angetriebenen Werkzeugs, schaltet das Elektrowerkzeug 10 wieder sehr schnell ab.

Dadurch entstehen zunächst keine Wartezeiten für den Benutzer bis zum Abkühlen des Elektrowerkzeugs 10, wodurch günstigerweise der Eindruck

vermieden werden kann, das Elektroh Handwerkzeug 10 sei defekt oder würde aussetzen.

5 Dazu kann die Energiezufuhr E_i und der Energieabfluss E_o insbesondere im Bereich A_{lim} nahe der Abschaltgrenze T_{krit} gesteuert werden. Bei weiterem Abkühlen, d.h. größer werdendem Abstand zur Abschaltgrenze T_{krit} , gelangt man vom Bereich A_{lim} in den Bereich A_{norm} . Im Bereich A_{norm} kann ungesteuert oder bei Bedarf gesteuert gearbeitet werden.

10

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektromotorisch angetriebenen Elektrohandwerkzeugs (10) mit einem Überlastschutz zum Schutz wenigstens eines Bauteils (12, 30) des Elektrohandwerkzeugs (10) gegen thermische Überlast, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Betrieb des Elektrohandwerkzeugs (10) aus einem aktuellen Energiezufluss (E_i) und einem aktuellen Energieabfluss (E_o) ein aktueller thermischer Energieinhalt des Bauteils (12, 30) bestimmt wird und das Elektrohandwerkzeug (10) wenigstens in einem Betriebsbereich abhängig vom thermischen Energieinhalt betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Elektrohandwerkzeug (10) bei Erreichen und/oder Überschreiten eines kritischen Werts (T_{krit}) des thermischen Energieinhalts abgeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest in einem Bereich (A_{lim}) nahe des kritischen Werts (T_{krit}) der Energiezufluss (E_i) und/oder der Energieabfluss (E_o) geregelt oder gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Betriebsparameter zur Bestimmung des aktuellen Energiezuflusses (E_i) und/oder des aktuellen Energieabflusses (E_o) herangezogen wird, wobei der wenigstens eine Betriebsparameter eine der folgenden Größen ist:
- Motorstrom (I_m);
 - Tastverhältnis einer Pulsweitenmodulation zur Ansteuerung des Elektromotors (12);
 - Motordrehzahl des Elektromotors (12);
 - Stellung eines Sollwertgebers (16) zum Ein- oder Ausschalten des Bauteils (12, 30);

- elektrische Spannung eines Akkus oder einer Batterie zur Versorgung des Bauteils (12, 30);
- Temperatur des Bauteils (12, 30);
- Kühlleistung zur Kühlung des Bauteils (12, 30).

5

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Motorstrom (I_m) mit zumindest einem weiteren Betriebsparameter zur Bestimmung des Energieinhalts des Bauteils (12, 30) herangezogen wird.

10

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung des Energieinhalts eine Abkühlzeit des Bauteils (12, 30) berücksichtigt wird.

15

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Wiedereinschalten des Elektromotors (12) wenigstens eine aktuelle Temperatur des Bauteils (12, 30) bestimmt und zur Generierung eines Startwerts zur Bestimmung des aktuellen thermischen Energieinhalts des Bauteils (12, 30) verwendet wird.

20

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur des Bauteils (12, 30) gemessen und/oder aus einem Abkühlverhalten des Bauteils (12, 30) abgeleitet wird.

25

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Abschaltzeitdauer des Bauteils (12, 30) bestimmt wird.

30

10. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel (18, 22) vorgesehen sind, um im Betrieb des Elektrowerkzeugs (10) aus einem aktuellen Energiezufluss (E_i) und einem aktuellen Energieabfluss (E_o) einen aktuellen thermischen Energieinhalt des Bauteils (12, 30) zu bestimmen und das Elektrowerkzeug (10) wenigstens in einem Betriebsbereich abhängig vom thermischen Energieinhalt zu betreiben.

35

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein elektrischer Puffer vorgesehen ist, um beim Trennen einer Spannungsversorgung

(14) vom Elektrowerkzeug (10) eine Überwachungselektronik (22) des Bauteils (12, 30) elektrisch zu versorgen.

1 / 2

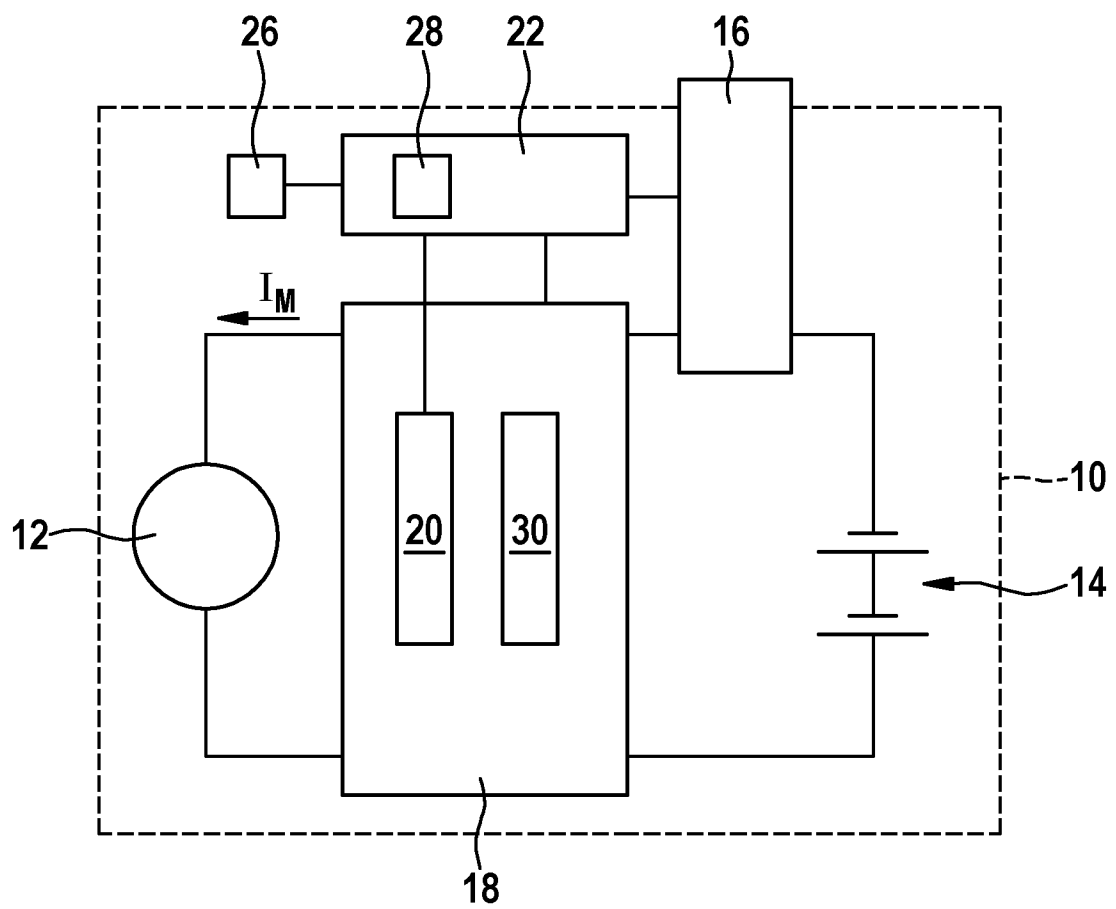


Fig. 1

2 / 2

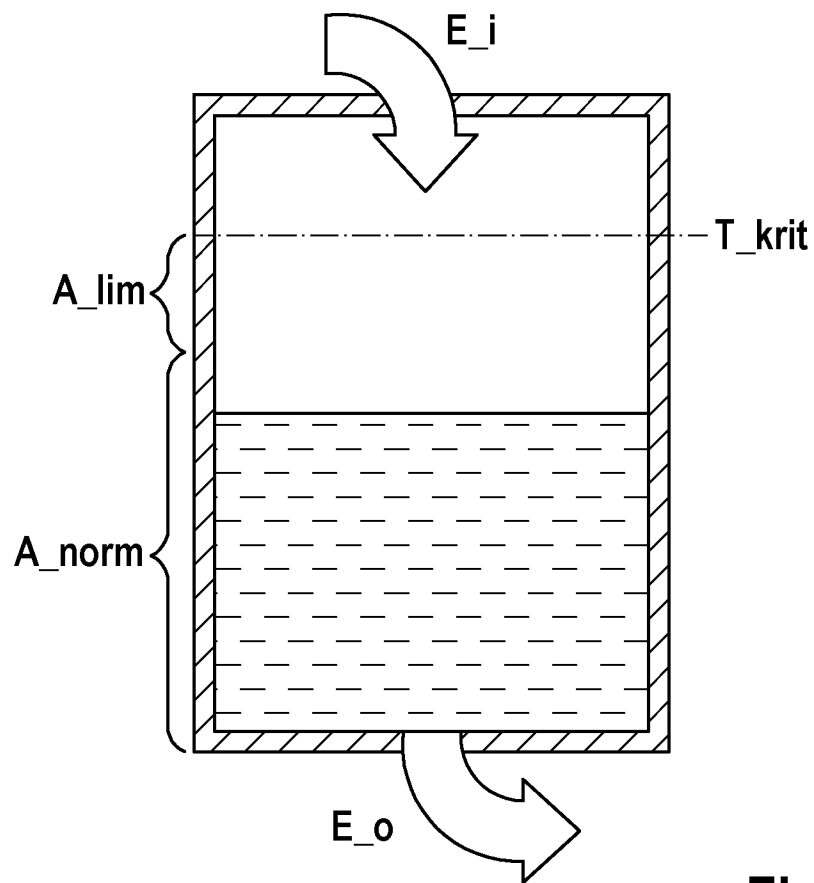


Fig. 2