



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
31.07.2024 Patentblatt 2024/31
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
B25B 21/02 (2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 23220236.6
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B25B 21/02
- (22)

Anmeldetag: 27.12.2023

- (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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN
- (72)

Erfinder:
 - Giessler, Jasmin
77790 Steinach (DE)
 - Herberger, Wolfgang
70186 Stuttgart (DE)
 - Schuller, Marcus
72135 Dettenhausen (DE)
 - Mock, Stefan
73630 Remshalden (DE)
 - Steurer, Christoph
73660 Urbach (DE)
 - Erbele, Simon
71154 Nufringen (DE)
- (30)

Priorität: 24.01.2023 DE 102023200523
- (71)

Anmelder: Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)

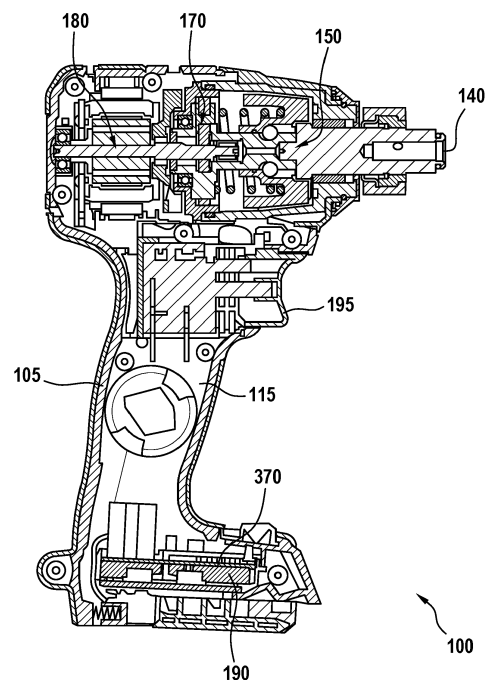
(54)

VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER HANDWERKZEUGMASCHINE

(57) Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine, insbesondere eines Drehschlagschraubers, die Handwerkzeugmaschine umfassend eine Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs wie beispielsweise eines Werkzeugbits oder einer Nuss, wobei das Werkzeug dazu eingerichtet ist, über einen korrespondierenden Antrieb eines Befestigungselements das Befestigungselement rotatorisch anzutreiben; das Verfahren umfassend die Schritte:

- S1
Verschrauben des Befestigungselements in einem Substrat, unter Drehen der Werkzeugaufnahme und somit des Befestigungselements in einer ersten Drehrichtung;
- S2
Drehen der Werkzeugaufnahme in einer zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung, bei einer vordefinierten Drehzahl und für eine vordefinierte Zeitdauer.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine, vorzugsweise eines Drehschlagschraubers, ein Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens und eine zur Durchführung des Verfahrens eingerichtete Handwerkzeugmaschine.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik, siehe beispielsweise EP 3 381 615 A1, sind Handwerkzeugmaschinen zum Anziehen und Lösen von Schraubenelementen, wie beispielsweise Gewindemuttern und Schrauben, bekannt, die als Drehschlagschrauber ausgeführt sind. Drehschlagschrauber umfassen einen Aufbau, bei welchem eine Schlagkraft in einer Drehrichtung durch eine Drehschlagkraft eines Hammers an ein Schraubenelement übertragen wird. Der Drehschlagschrauber, welcher diesen Aufbau hat, umfasst einen Motor, einen durch den Motor anzutreibenden Hammer, einen Amboss, welcher durch den Hammer geschlagen wird, und ein Werkzeug. Bei dem Drehschlagschrauber wird der in einem Gehäuse eingebaute Motor angetrieben, wobei der Hammer durch den Motor angetrieben, der Amboss wiederum durch den sich drehenden Hammer geschlagen und eine Schlagkraft an das Werkzeug abgegeben wird, wobei zwei unterschiedliche Betriebszustände, nämlich "kein Schlagbetrieb" und "Schlagbetrieb" unterschieden werden können.

[0003] Drehschlagschrauber werden typischerweise mit austauschbaren Nüssen für Sechskantköpfe oder mit Werkzeugbits verwendet. Ein Problem kann hierbei auftreten, wenn beim Anziehen oder Verschrauben eines Befestigungselements ein Verklemmen der Nuss oder des Bits auf oder im Antrieb des Befestigungselements beziehungsweise auf der Schnittstelle des Gerätes zur Aufnahme des Zubehörs wie Nüsse oder Bits stattfindet. Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung wird in diesem Zusammenhang der Begriff "Verklemmen" oder auch "Verklemmung" verwendet. Gegebenenfalls ist die Verklemmung auch unter Aufwand beträchtlicher Kräfte nicht zu lösen. Bedingt durch die hohen Momente, die zum Anziehen einer Verschraubung üblicherweise benötigt werden, und die impulsartige Belastung durch den Schlagbetrieb im Falle von Drehschlagschraubern, kommt dieses Problem recht häufig vor.

[0004] Während die Erfindung in der vorliegenden Offenbarung vornehmlich anhand eines Drehschlagschraubers beschrieben wird, ist sie nicht auf diese Anwendung beschränkt, sondern kann auch auf andere Handwerkzeugmaschinen mit rotatorischem Antrieb angewendet werden, beispielsweise Akku-Schrauber.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfah-

ren zum Betrieb einer anzugeben, welches die oben genannten Nachteile zumindest teilweise behebt, oder zumindest darin, eine Alternative zum Stand der Technik anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine entsprechende Handwerkzeugmaschine anzugeben.

[0006] Diese Aufgaben werden mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

[0007] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine offenbart, wobei die Handwerkzeugmaschine eine Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs wie beispielsweise eines Werkzeugbits oder einer Nuss aufweist. Das Werkzeug ist dazu eingerichtet, über einen korrespondierenden Antrieb eines Befestigungselements das Befestigungselement rotatorisch anzutreiben. Dabei umfasst das Verfahren die Schritte:

- S1 Verschrauben des Befestigungselements in einem Substrat, unter Drehen der Werkzeugaufnahme und somit des Befestigungselements in einer ersten Drehrichtung;
- S2 Drehen der Werkzeugaufnahme in einer zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung, bei einer vordefinierten Drehzahl und für eine vordefinierte Zeitdauer.

[0008] Das Drehen in der ersten Drehrichtung ist im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wie in Schritt S1 definiert als ein Drehen in derjenigen Richtung zu verstehen, die ein Verschrauben des Befestigungselements bewirkt. Bei Befestigungselementen mit Rechtsgewinde ist dies also ein Drehen im Uhrzeigersinn, bei Befestigungselementen mit Linksgewinde ist es ein Drehen gegen den Uhrzeigersinn.

[0009] Nach dem Verschrauben wird das Befestigungselement mit einem bestimmten Lösemoment im verschraubten Zustand gehalten. Das Drehen der Werkzeugaufnahme in der zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung bewirkt also, dass in den Schnittstellen zwischen Befestigungselement, Werkzeug, und Werkzeugaufnahme ein Drehmoment wirkt, welches mindestens dem Lösemoment entspricht und somit groß genug ist, eine potentiell während des Verschraubens an einer oder mehreren dieser Stellen aufgetretene Verklemmung zu lösen. Durch passende Wahl von Drehzahl und/oder Zeitdauer des Drehens in der zweiten Drehrichtung wird dabei die Verschraubung nicht oder nur in vernachlässigbarem Ausmaß gelöst.

[0010] Ein erneutes Verklemmen während des Drehens in der zweiten Drehrichtung tritt aufgrund der hierbei insgesamt geringen eingebrachten Energie in der Regel nicht auf.

[0011] Auf diese Weise kann beim Verschrauben eines Befestigungselements mit einem Drehschlagschrauber zuverlässig eine Verklemmung von Antrieb und Befestigungselement bzw. von Antrieb und Schnitt-

stelle des Gerätes gelöst werden.

[0012] Ein Benutzer muss also nicht selbst, mit oder ohne zusätzliches Werkzeug wie beispielsweise einer Zange, die Schraube oder Mutter aus der Nuss oder dem Bit entfernen, beziehungsweise die Nuss oder den Bit vom Gerät lösen. Entsprechend wird die Gefahr einer Verletzung beim manuellen Lösen einer Verklemmung reduziert.

[0013] Ferner wird die Geschwindigkeit beim Lösen von Serienschraubvorgängen erhöht und der Vorgang wird durch das Wegfallen des Erfordernisses eines weiteren Werkzeugs vereinfacht.

[0014] In Ausführungsformen umfasst das Verfahren den Schritt:

S1a Überwachen, ob während des oder nach dem Verschrauben eine Verklemmung vorliegt, wobei eine Verklemmung vorliegt, wenn das Werkzeug in der Werkzeugaufnahme verklemmt ist und/oder wenn der Antrieb des Befestigungselements und das Werkzeug ineinander verklemmt sind.

[0015] Dabei kann das Überwachen in Schritt S1a durch einen Benutzer der Handwerkzeugmaschine ausgeführt werden oder zumindest teilweise automatisch erfolgen.

[0016] Das zumindest teilweise automatische Überwachen, ob eine Verklemmung vorliegt, kann beispielsweise durch Verwendung von Messgrößen aus der Handwerkzeugmaschine erfolgen, umfassend durch eigens zu diesem Zweck installierte Sensoren erfasste Messgrößen wie beispielsweise Beschleunigungsdaten.

[0017] In Ausführungsformen wird Schritt S2 dadurch eingeleitet, dass der Benutzer einen von einem Ein/Aus Schalter der Handwerkzeugmaschine separaten Bedienknopf betätigt.

[0018] In Ausführungsformen wird Schritt S2 ausgeführt, wenn in Schritt S1a festgestellt wird, dass eine Verklemmung vorliegt. Die in Schritt S2 verwendeten Schraubparameter wie Umdrehungsgeschwindigkeit, Dauer der Drehrichtungsumkehr, und/oder Höhe des anliegenden Drehmoments können dabei an die aktuelle Verschraubung angepasst sein.

[0019] Das Verschrauben in Schritt S1 kann zumindest teilweise unter Ausführung eines Drehschlagbetriebs erfolgen. Unter Drehschlagbetrieb ist hierbei ein Betrieb zu verstehen, bei dem ein Schlagmechanismus der Handwerkzeugmaschine impulsartige Schläge auf das zu verschraubende Befestigungselement in dessen Drehrichtung ausübt. Der Drehschlagbetrieb wird üblicherweise bei der Verwendung von Drehschlagschrauben ausgeführt.

[0020] In Ausführungsformen umfasst das Verfahren den Schritt:

S3 automatisches Erkennen des Drehschlagbetriebs.

[0021] Dabei kann der Schritt S2 nach einer vordefinierten Zeitdauer nach Erkennen des Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs ausgeführt werden.

[0022] Das automatische Erkennen in Schritt S3 erfolgt in Ausführungsformen der Erfindung zumindest teilweise anhand einer Signalform einer Betriebsgröße eines Elektromotors der Handwerkzeugmaschine. Eine solche Signalform kann beispielsweise den Motorstrom wiedergeben.

[0023] Das Ausführen des Verfahrens kann also vollkommen automatisch erfolgen, mit hieraus resultierenden Vorteilen hinsichtlich einer möglichst einfachen Handhabung der Handwerkzeugmaschine durch einen Benutzer.

[0024] In Ausführungsformen löst ein Betätigen eines Bedienknopfes der Handwerkzeugmaschine den Schritt S1 aus, und ein Loslassen des Bedienknopfes bricht das Verfahren ab und/oder beendet es.

[0025] In diesem Fall steht es dem Benutzer offen, selbstständig auf eine eventuell vorliegende, unter Umständen auch vom Benutzer erkannte, Verklemmung zu reagieren.

[0026] In einigen Ausführungsformen wird das Verfahren über eine Softwareapplikation (App) gestartet beziehungsweise initialisiert, wobei die App auf einem von der Handwerkzeugmaschine separaten Endgerät ausgeführt wird.

[0027] Dies hat, neben einer bequemen Bedienbarkeit durch den Benutzer, unter anderem Vorteile in Bezug auf eine effiziente Einstellung von Parametern des Schraubvorgangs, und somit in Bezug auf einen effizienten Betrieb der Handwerkzeugmaschine.

[0028] In einigen Ausführungsformen sind Parameter des Schraubvorgangs über die App einstellbar, wobei die Parameter einen oder mehrere der folgenden Parameter umfassen:

- Durchmesser und/oder Art des Befestigungselements;
- Material, Festigkeit, und/oder Härte des Substrats;
- vordefinierte Drehzahl und/oder vordefinierte Zeitdauer des Schrittes S2.

[0029] In einigen Ausführungsformen wird das Verfahren durch Betätigung eines an der Handwerkzeugmaschine befindlichen Bedienknopfes gestartet beziehungsweise initialisiert.

[0030] In einigen Ausführungsformen ist die vordefinierte Drehzahl und die vordefinierte Zeitdauer in Schritt S2 derart vordefiniert, dass eine Verklemmung des Werkzeugs in der Werkzeugaufnahme und/oder des Antriebs des Befestigungselements mit dem Werkzeug gelöst wird, ohne dass jedoch ein Lösen der Verschraubung erfolgen würde.

[0031] In einigen Ausführungsformen wird das Drehen in der ersten beziehungsweise in der zweiten Drehrichtung in den Schritten S1 und/oder S2 unter Durchfahren

einer Hochlauframpe ausgeführt. Dabei wird eine Umdrehungsgeschwindigkeit der Werkzeugaufnahme ausgehend von einem sehr kleinen Wert auf die gewünschte Umdrehungsgeschwindigkeit gesteigert, beispielsweise kontinuierlich über einen vordefinierten Zeitraum oder mit einer vordefinierten Steigung. Dies ist vorteilhaft, da plötzliche Änderungen des Beschleunigungszustandes der Werkzeugaufnahme, die ihrerseits mit Verklemmungen einhergehen können, vermieden werden.

[0032] Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet ein Computerprogramm zur Durchführung des oben geschilderten Verfahrens, wenn das Computerprogramm von einer Steuerung der Handwerkzeugmaschine ausgeführt wird.

[0033] Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet eine Handwerkzeugmaschine, umfassend einen Elektromotor, eine durch den Elektromotor rotatorisch angetriebene Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs, und eine Steuerung zur Steuerung des Elektromotors. Dabei ist die Steuerung zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens eingerichtet.

[0034] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll "ermitteln" insbesondere messen oder aufnehmen einschließen, wobei "aufnehmen" im Sinne von messen und speichern aufgefasst werden soll, zudem soll "ermitteln" auch eine mögliche Signalverarbeitung eines gemessenen Signals einschließen.

[0035] Weiter soll "entscheiden" auch als erkennen oder detektieren verstanden werden, wobei eine eindeutige Zuordnung erreicht werden soll. Als "identifizieren" soll ein Erkennen einer teilweisen Übereinstimmung mit einem Muster verstanden werden, die beispielsweise durch ein Anfitten eines Signals an das Muster, eine Fourier-Analyse oder dergleichen ermöglicht werden kann. Die "teilweise Übereinstimmung" soll derart verstanden werden, dass das Anfitten einen Fehler aufweist, der geringer als eine vorgegebene Schwelle ist, insbesondere geringer als 30%, ganz insbesondere geringer als 20%.

[0036] Das Signal der Betriebsgröße soll hier als eine zeitliche Abfolge von Messwerten aufgefasst werden. Alternativ und/oder zusätzlich kann das Signal der Betriebsgröße auch ein Frequenzspektrum sein. Alternativ und/oder zusätzlich kann das Signal der Betriebsgröße auch nachgearbeitet werden, wie beispielsweise geglättet, gefiltert, gefittet und dergleichen.

[0037] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung des Ausführungsbeispiels der Erfindung, welches in der Zeichnung dargestellt ist. Dabei ist zu beachten, dass die in den Figuren beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung nur einen beschreibenden Charakter hat und nicht dazu gedacht ist, die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken.

[0038] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer elektrischen Handwerkzeugmaschine;

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Signals einer Betriebsgröße einer Handwerkzeugmaschine; und

Fig. 8 eine schematische Darstellung zweier verschiedener Aufzeichnungen des Signals der Betriebsgröße.

[0039] Die Figur 1 zeigt eine Handwerkzeugmaschine 100, der ein Gehäuse 105 mit einem Handgriff 115 aufweist. Gemäß der dargestellten Ausführungsform ist die Handwerkzeugmaschine 100 zur netzunabhängigen Stromversorgung mechanisch und elektrisch mit einem Akkupack 190 verbindbar.

[0040] In dem Gehäuse 105 sind ein von dem Akkupack 190 mit Strom versorgter, elektrischer Elektromotor 180 und ein Getriebe 170 angeordnet. Der Elektromotor 180 ist über das Getriebe 170 mit einer Eingangsspindel verbunden. Ferner ist innerhalb des Gehäuses 105 im Bereich des Akkupacks 190 eine Steuerungseinheit 370 angeordnet, welche zur Steuerung und/oder Regelung des Elektromotors 180 und des Getriebes 170 beispielsweise mittels einer eingestellten Motordrehzahl n , einem angewählten Drehimpuls, einem gewünschten Getriebeingang x oder dergleichen auf diese einwirkt.

[0041] Der Elektromotor 180 ist beispielsweise über einen Handschalter oder Betätigungsschalter 195 betätigbar, d. h. ein- und ausschaltbar, und kann ein beliebiger Motortyp, beispielsweise ein elektronisch kommutierter Motor oder ein Gleichstrommotor, sein. Grundsätzlich ist der Elektromotor 180 derart elektronisch steuer- bzw. regelbar, dass sowohl ein Reversierbetrieb, als auch Vorgaben hinsichtlich der gewünschten Motordrehzahl n und des gewünschten Drehimpulses realisierbar sind. Die Funktionsweise und der Aufbau eines geeigneten Elektromotors sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt, sodass hier zwecks Knappheit der Be-

schreibung auf eine eingehende Beschreibung verzichtet wird.

[0042] Über eine Eingangsspindel und eine Ausgangsspindel ist eine Werkzeugaufnahme 140 drehbar im Gehäuse 105 gelagert. Die Werkzeugaufnahme 140 dient zur Aufnahme eines Werkzeugs und kann unmittelbar an die Ausgangsspindel angeformt sein oder aufsatzförmig mit dieser verbunden sein.

[0043] Die Steuerungseinheit 370 steht mit einer Stromquelle in Verbindung und ist derart ausgebildet, dass sie den Elektromotor 180 mittels verschiedener Stromsignale elektronisch steuer- bzw. regelbar ansteuern kann. Die verschiedenen Stromsignale sorgen für unterschiedliche Drehimpulse des Elektromotors 180, wobei die Stromsignale über eine Steuerleitung an den Elektromotor 180 geleitet werden. Die Stromquelle kann beispielsweise als Batterie oder, wie in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Akkupack 190 oder als Netzanschluss ausgebildet sein.

[0044] Ferner können nicht im Detail dargestellte Bedienelemente vorgesehen sein, um verschiedene Betriebsmodi und/oder die Drehrichtung des Elektromotors 180 einzustellen.

[0045] Es wird im Folgenden eine Lösung für das eingangs beschriebene Problem beschrieben, dass beim Festziehen von Befestigungselementen mit austauschbaren Nüssen für Sechskantköpfe oder mit Werkzeugbits ein Verklemmen der Nuss oder des Bits auf oder im Antrieb des Befestigungselements beziehungsweise ein Verklemmen der Nuss oder des Bits auf der Schnittstelle der Handwerkzeugmaschine 100 zur Aufnahme des Zubehörs auftreten kann. Bedingt durch die hohen Momente, die zum Festziehen einer Verschraubung benötigt werden, und die impulsartige Belastung durch den Schlagbetrieb in dem Fall, dass die Handwerkzeugmaschine 100 ein Drehschlagschrauber ist, kommt dieses Problem recht häufig vor.

[0046] Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das in der Figur gezeigte Verfahren bezieht sich auf eine Handwerkzeugmaschine 100, bei welcher beispielsweise über einen Betriebsmoduswahlschalter oder Mode-Schalter ein Betriebsmodus ausgewählt werden kann, bei welchem die Handwerkzeugmaschine 100 nach einer vordefinierten Zeitdauer nach Einsetzen eines Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs einen Einschraubvorgang beendet und eine potentiell vorliegende Verklemmung automatisch löst. Die Details dieses Verfahrens werden im Folgenden erläutert.

[0047] Bei 200 wählt ein Benutzer den vorstehend beschriebenen Betriebsmodus aus, bei dem die Handwerkzeugmaschine 100 nach einer vordefinierten Zeitdauer nach Einsetzen eines Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs den Einschraubvorgang automatisch beendet und eine potentiell vorliegende Verklemmung automatisch löst.

[0048] Bei 500 betätigt der Benutzer den Bedienschalter 195 der Handwerkzeugmaschine 100, wodurch bei 502 der Elektromotor 180 startet. Dabei dreht die Werkzeugaufnahme und somit das Befestigungselement in einer ersten Drehrichtung. Bei üblichen Befestigungselementen mit Rechtsgewinde ist die erste Drehrichtung eine Drehung im Uhrzeigersinn, wobei als Bezugspunkt die Perspektive des Benutzers angenommen wird, der auf das zu verschraubende Befestigungselement blickt. Bei Befestigungselementen mit Linksgewinde ist die erste Drehrichtung eine Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn.

[0049] Das Verschrauben des Befestigungselements in einem Substrat, unter Drehen der Werkzeugaufnahme und somit des Befestigungselements in der ersten Drehrichtung wird im Zusammenhang mit der vorliegenden Offenbarung als Schritt S1 bezeichnet.

[0050] Lässt der Benutzer bei 202 den Bedienschalter 195 zu einem beliebigen Zeitpunkt vor Ende der Routine los, stoppt die Steuerungseinheit 370 bei 510 den Elektromotor 180 und das Verfahren ist beendet.

[0051] Das Verschrauben des Befestigungselements in Schritt S1 erfolgt in Ausführungsformen der Erfindung zumindest teilweise unter Ausführung eines Drehschlagbetriebs, dessen Einsetzen von einer Höhe des an der Werkzeugaufnahme anliegenden Drehmomentes abhängig ist. Bei Überschreiten eines bestimmten Drehmoments setzt bei Drehschlagschraubern in der Regel selbsttätig der Drehschlagbetrieb ein, was typischerweise aber nicht zwangsläufig durch eine rein mechanische Kupplung erreicht, also nicht durch die Steuerungseinheit 370 vorgegeben wird. In der Ausführungsform der Figur 2 erkennt die Steuerungseinheit 370 der Handwerkzeugmaschine 100 bei 504 das Einsetzen des Drehschlagbetriebs.

[0052] Es wird an späterer Stelle noch detaillierter darauf eingegangen, auf welche Weise die Steuerung das Einsetzen des Drehschlagbetriebs erkennt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Erkennen des Drehschlagbetriebs und/oder des Schraubbetriebs ohne Schlagen zumindest teilweise anhand einer Signalförmigkeit einer Betriebsgröße des Elektromotors 180 der Handwerkzeugmaschine 100 erfolgt.

[0053] Hierbei kann ein Vergleich eines Verlaufs der Signalförmigkeit der Betriebsgröße des Elektromotors 180 mit einer Modellsignalförmigkeit vorgenommen werden.

[0054] Weiter im Ablaufdiagramm der Figur 2 wird nach Ablauf der vordefinierten Zeitdauer nach Erkennen des Drehschlagbetriebs und/oder nach der vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs bei 506 die Werkzeugaufnahme zunächst angehalten.

[0055] Während der Ausführung des Schritt S1 könnte eine Verklemmung des Werkzeugs in der Werkzeugaufnahme und/oder des Antriebs des Befestigungselements mit dem Werkzeug aufgetreten sein. Dies ist insbesondere dann wahrscheinlich, wenn in Schritt S1 wie in der vorliegend beschriebenen Ausführungsform der Figur 2 der Fall ein Drehschlagbetrieb durchgeführt wird, der mit

hohen impulsartigen Belastungen der Schnittstellen zwischen Werkzeug, Werkzeugaufnahme, und Antrieb des Befestigungselements einhergeht. Die Verklemmung kann in Schritt S1 unter Umständen vom Benutzer völlig unbemerkt erfolgt sein.

[0056] Zum Lösen der potentiell vorliegenden Verklemmung wird nun bei 508 die Werkzeugaufnahme in einer zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung gedreht, was im Zusammenhang mit der vorliegenden Offenbarung als Schritt S2 bezeichnet wird. Der Schritt S2 umfasst das Drehen der Werkzeugaufnahme in einer zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung, bei einer vordefinierten Drehzahl und für eine vordefinierte Zeitdauer.

[0057] Durch das Drehen in der zweiten Drehrichtung wird das Befestigungselement wieder etwas gelöst, wozu ein Löse-Moment zwischen Befestigungselement und Schraubunterlage aufgebaut werden muss. Dieses Löse-Moment wird in den Schnittstellen zwischen Antrieb des Befestigungselements, Werkzeug, und Werkzeugaufnahme übertragen und wirkt entgegengesetzt zu dem Moment, welches die Verklemmung bewirkt beziehungsweise begünstigt hat. Hierdurch kann die Verklemmung in Schritt S2 gelöst werden.

[0058] Das Drehen in der zweiten Drehrichtung erfolgt unter Verwendung vordefinierter Parameter beispielsweise hinsichtlich Drehgeschwindigkeit oder Drehmoment, die sich in Ausführungsformen der Erfindung von den Parametern unterscheiden können, die der Benutzer zu Beginn des Verschraubens des Befestigungselements in Schritt S1 ausgewählt hat.

[0059] Wie bereits weiter oben beschrieben, erfolgt das Drehen der Werkzeugaufnahme in der zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung in Schritt S2 mit einer vordefinierten Drehzahl und über eine vordefinierte Zeitdauer derart, dass eine Verklemmung des Werkzeugs in der Werkzeugaufnahme und/oder des Antriebs des Befestigungselements mit dem Werkzeug gelöst wird, ohne dass jedoch ein Lösen der Verschraubung erfolgen würde. Eine Reduktion eines zum Lösen der Verschraubung notwendigen Löse-Momentes findet nicht oder lediglich in nicht nennenswertem Umfang statt.

[0060] In Ausführungsformen der Erfindung wird beim Übergang von der ersten zur zweiten Drehrichtung zwischen dem Schritt S1 und dem Schritt S2 eine Hochlauf-rampe durchfahren, um Belastungen des Befestigungselements, der Handwerkzeugmaschine 100, und des Benutzers gering zu halten und ein Abrutschen des Werkzeugs vom Befestigungselement zu vermeiden. Ebenso kann vorgesehen sein, dass das bei 506 beschriebene Stoppen des Elektromotors 180 mehr oder weniger ausgeprägt ist bis hin zu dem Fall, dass quasi fließende Übergänge zwischen den Drehrichtungen umgesetzt sind und ein Stoppen somit nicht vorliegt.

[0061] Nach Ablauf der vordefinierten Zeitdauer, über welche die Werkzeugaufnahme in Schritt S2 in der zweiten Drehrichtung dreht, stoppt die Steuerungseinheit 370 bei 510 den Elektromotor 180 und das Verfahren ist be-

endet.

[0062] Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das in der Figur gezeigte Verfahren bezieht sich auf eine Handwerkzeugmaschine 100, bei welcher beispielsweise über einen Betriebsmoduswahlschalter oder Mode-Schalter ein Betriebsmodus ausgewählt werden kann, bei welchem die Handwerkzeugmaschine 100 eine potentiell vorliegende Verklemmung automatisch löst.

[0063] Bei 300 wählt der Benutzer den vorstehend beschriebenen Betriebsmodus aus, bei dem die Handwerkzeugmaschine 100 eine potentiell vorliegende Verklemmung automatisch löst. Die weiteren in Figur 3 gezeigten Schritte 500, 202, und 502 bis 510 sind identisch mit den in Zusammenhang mit Figur 2 beschriebenen Schritten mit gleichen Bezugszeichen.

[0064] Figur 4 zeigt ein Ablaufdiagramm einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das in der Figur gezeigte Verfahren bezieht sich auf eine Handwerkzeugmaschine 100, bei welcher der Betriebsmodus, bei welchem die Handwerkzeugmaschine 100 eine potentiell vorliegende Verklemmung automatisch löst, über eine Softwareapplikation (App) angewählt wird.

[0065] In Schritt 400 startet der Benutzer die App auf einem externen Gerät, beispielsweise einem Tablet oder einem Smartphone, und wählt bei 402 den Betriebsmodus, bei dem die Handwerkzeugmaschine 100 nach einer vordefinierten Zeitdauer nach Einsetzen eines Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs den Einschraubvorgang automatisch beendet.

[0066] Bei 404 wählt der Benutzer den Betriebsmodus aus, bei dem eine potentiell vorliegende Verklemmung automatisch gelöst wird. Bei 406 kann der Benutzer diesbezügliche weitere Parameter eingeben, um sicherzustellen, dass durch das Verfahren ein Lösen der Verklemmung erfolgt, gleichzeitig jedoch die Verschraubung durch die Drehrichtungsumkehr in Schritt S2 nicht gelöst wird. Solche Parameter umfassen beispielsweise den Durchmesser und die Art des Befestigungselementes (beispielsweise gewindefurchende Schraube, Betonschraube, Schraube mit metrischem Gewinde, um nur einige zu nennen), die Schraubenklasse, und/oder die zu verwendende Bit-Art. In einer Ausführungsform des Verfahrens scannt der Benutzer einen Barcode auf der Verpackung, beispielsweise mit einer der App zugeordneten Kamerafunktion, wodurch die App die Parameter beispielsweise über eine Internetverbindung selbst identifiziert, lädt und in dem Betriebsmodus belegt.

[0067] Bei 408 wird dieser in der App ausgewählte und gegebenenfalls durch Parameter weiter definierte Betriebsmodus durch eine geeignete Verbindung an die Steuerungseinheit 370 der Handwerkzeugmaschine 100 übertragen. Die Steuerungseinheit 370 aktiviert den Betriebsmodus daraufhin zur Ausführung durch die Handwerkzeugmaschine 100.

[0068] Die weiteren in Figur 4 gezeigten Schritte 500, 202, und 502 bis 510 sind identisch mit den in Zusam-

menhang mit Figur 2 beschriebenen Schritten mit gleichen Bezugszeichen.

[0069] Figur 5 zeigt ein Ablaufdiagramm einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das in der Figur gezeigte Verfahren bezieht sich auf eine Handwerkzeugmaschine 100, bei welcher der Betriebsmodus, bei welchem die Handwerkzeugmaschine 100 eine potentiell vorliegende Verklemmung löst, durch den Benutzer bei Bedarf über einen separaten Knopf an der Handwerkzeugmaschine 100 angewählt wird.

[0070] Bei 600 betätigt der Benutzer den Bedienschalter 195 der Handwerkzeugmaschine 100, wodurch bei 602 der Elektromotor 180 startet. Dabei dreht die Werkzeugaufnahme und somit das Befestigungselement in Schritt S1 in der ersten Drehrichtung zum Festziehen des Befestigungselements, mit den jeweils gegebenenfalls eingestellten Schraubparametern. Gegebenenfalls erfolgt das Verschrauben in Schritt S1 zumindest teilweise unter Ausführung eines Drehschlagbetriebs.

[0071] Nach Beenden der Verschraubung erkennt der Benutzer bei 606 eine Verklemmung. Dies erfolgt beispielsweise dadurch, dass der Benutzer die Handwerkzeugmaschine 100 vom Befestigungselement lösen will, die Verklemmung jedoch ein herkömmliches, leichtgängiges Abheben der Handwerkzeugmaschine 100 verhindert.

[0072] Zum Lösen der potentiell vorliegenden Verklemmung drückt der Benutzer daraufhin bei 608 einen von dem Bedienschalter 195 separaten Knopf an der Handwerkzeugmaschine 100. Dies bewirkt bei 610, dass die Werkzeugaufnahme bei einer vordefinierten Drehzahl und für eine vordefinierte Zeitdauer in der zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung gedreht wird, was im Zusammenhang mit der vorliegenden Offenbarung als Schritt S2 bezeichnet wird. Wie oben bereits beschrieben, wird hierdurch die Verklemmung gelöst. Die Steuerungseinheit 370 stoppt bei 612 das Verfahren durch Stoppen des Motors 180.

[0073] Figur 6 zeigt ein Ablaufdiagramm einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das in der Figur gezeigte Verfahren bezieht sich auf eine Handwerkzeugmaschine 100, bei welcher die Handwerkzeugmaschine 100 eine Verklemmung selbsttätig erkennt. Dies kann beispielsweise durch geeignete an der Handwerkzeugmaschine 100 angeordnete Sensoren geschehen oder durch die Auswertung von durch die Handwerkzeugmaschine 100 erfassten Betriebsparametern.

[0074] Bei 200 wählt ein Benutzer den vorstehend beschriebenen Betriebsmodus aus, bei dem die Handwerkzeugmaschine 100 nach einer vordefinierten Zeitdauer nach Einsetzen eines Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs den Einschraubvorgang automatisch beendet und eine potentiell vorliegende Verklemmung dann automatisch löst, wenn sie von der Motorsteuerung 370 erkannt wurde.

[0075] Bei 700 betätigt der Benutzer den Bedienschal-

ter 195 der Handwerkzeugmaschine 100, wodurch bei 702 der Elektromotor 180 startet. Dabei dreht wie in den vorstehend geschilderten Ausführungsformen die Werkzeugaufnahme und somit das Befestigungselement in Schritt S1 in der ersten Drehrichtung zum Festziehen des Befestigungselements, mit den jeweils gegebenenfalls eingestellten Schraubparametern.

[0076] Das Verschrauben des Befestigungselements in Schritt S1 erfolgt zumindest teilweise unter Ausführung des Drehschlagbetriebs, dessen Einsetzen die Steuerungseinheit 370 der Handwerkzeugmaschine 100 bei 704 erkennt.

[0077] Bei 706 stoppen der Benutzer oder die Steuerungseinheit 370 planmäßig das weitere Verschrauben des Befestigungsmittel. Dies geschieht alternativ dadurch, dass entweder der Benutzer den Einschraubvorgang als beendet ansieht und den Bedienschalter 195 loslässt, oder dadurch, dass die Steuerungseinheit 370 die Werkzeugaufnahme nach Ablauf einer vordefinierten Zeitdauer nach Erkennen des Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen stoppt.

[0078] Während des Verschraubens und in Ausführungsformen auch danach überwacht die Steuerungseinheit 370, ob eine Verklemmung vorliegt, was im Rahmen der vorliegenden Offenbarung als Schritt S1a bezeichnet wird.

[0079] Hat die Steuerungseinheit 370 bei 707 keine Verklemmung erkannt, wird das Verfahren bei 712 beendet.

[0080] Erkennt die Steuerungseinheit 370 bei 708 anhand der während des Einschraubvorgangs aufgenommenen Betriebsparameter oder durch Auswertung von während der Verschraubung aufgenommenen Sensordaten eine Verklemmung, wird bei 710 die Werkzeugaufnahme in Schritt S2 in der zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung gedreht, bei einer vordefinierten Drehzahl und für eine vordefinierte Zeitdauer. Hierdurch wird die Verklemmung wie oben geschildert gelöst.

[0081] Nach Ablauf der vordefinierten Zeitdauer, über welche die Werkzeugaufnahme in Schritt S2 in der zweiten Drehrichtung dreht, stoppt die Steuerungseinheit 370 bei 712 den Elektromotor 180 und das Verfahren ist beendet.

[0082] Es wird nun im Folgenden ein Verfahren beschrieben, mittels dessen die Steuerung feststellen kann, ob ein Drehschlagbetrieb oder ein Schraubbetrieb ohne Schlagen vorliegt. Alternative Möglichkeiten einer solchen Erkennung sind ebenfalls in dem erfindungsgemäßen Verfahren anwendbar.

[0083] In Figur 7 ist ein Signal 1400 einer Betriebsgröße des Elektromotors 180 der Handwerkzeugmaschine 100, wie es so oder in ähnlicher Form bei der bestimmungsgemäßen Verwendung der Handwerkzeugmaschine 100 auftritt, dargestellt.

[0084] Auf der Ordinate x ist im vorliegenden Beispiel der Figur 7 die Zeit aufgetragen, in alternativen Ausführ-

rungsformen wird jedoch auch eine alternative Größe wie beispielsweise der Motordrehwinkel als Bezugsgröße gewählt. Auf der Abszisse $f(x)$ ist in der Figur die zu jedem Zeitpunkt anliegende Motordrehzahl n aufgetragen. Anstelle der Motordrehzahl kann auch eine andere, mit der Motordrehzahl korrelierende Betriebsgröße gewählt werden. In alternativen Ausführungsformen der Erfindung repräsentiert $f(x)$ beispielsweise ein Signal des Motorstroms.

[0085] Motordrehzahl und Motorstrom sind Betriebsgrößen, die bei Handwerkzeugmaschinen 100 üblicherweise und ohne Zusatzaufwand von der Steuerungseinheit 370 erfasst werden. Das Aufnehmen des Signals einer Betriebsgröße des Elektromotors 180 wird im weiteren als Schritt A2 bezeichnet. In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung kann ein Benutzer der Handwerkzeugmaschine 100 auswählen, basierend auf welcher Betriebsgröße das erfinderische Verfahren ausgeführt werden soll.

[0086] Man erkennt in Figur 7, dass das Signal einen ersten Bereich 1310 umfasst, der durch ein monotonen Anwachsen der Motordrehzahl gekennzeichnet ist, sowie durch einen Bereich vergleichsweise konstanter Motordrehzahl, den man auch als Plateau bezeichnen kann. Der Schnittpunkt zwischen Ordinate x und Abszisse $f(x)$ in Figur 7 entspricht beim Schraubvorgang dem Start der Handwerkzeugmaschine 100.

[0087] In dem ersten Bereich 1310 arbeitet die Handwerkzeugmaschine 100 im Betriebszustand des Schraubens ohne Schlag.

[0088] In einem zweiten Bereich 1320 arbeitet die Handwerkzeugmaschine 100 in einem Drehschlagbetrieb. Der Drehschlagbetrieb ist durch einen oszillierenden Verlauf des Betriebssignals gekennzeichnet, wobei die Form der Oszillation beispielsweise trigonometrisch, etwa sinusförmig, oder anderweitig oszillierend sein kann. Im vorliegenden Fall hat die Oszillation einen Verlauf, den man als modifizierte trigonometrische Funktion bezeichnen kann, wobei die obere Halbwelle der Schwingung eine spitzhut- oder zahnartige Form hat. Diese charakteristische Form des Betriebssignals im Drehschlagbetrieb entsteht durch das Aufziehen und Freilaufen des Schlagwerksschlägers und der zwischen Schlagwerk und Elektromotor 180 befindlichen Systemkette u.a. des Getriebes 170.

[0089] Die qualitative Signalform des Schlagbetriebs ist aufgrund der inhärenten Eigenschaften der Handwerkzeugmaschine also prinzipiell bekannt. In Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ausgehend von dieser Erkenntnis in einem Schritt A1 zumindest eine zustandstypische Modellsignalform festgelegt, wobei die zustandstypische Modellsignalform einem ersten Betriebszustand, im Beispiel der Figur 7 also dem Drehschlagbetrieb im zweiten Bereich 1320, zugeordnet ist. Mit anderen Worten enthält die zustandstypische Modellsignalform für den ersten Betriebszustand typische Merkmale wie Vorhandensein eines Schwingungsverlaufs, Schwingungsfrequenzen beziehungs-

weise -amplituden, oder einzelne Signalsequenzen in kontinuierlicher, quasi-kontinuierlicher oder diskreter Form.

[0090] In anderen Anwendungen kann der erste, zu detektierende Betriebszustand durch andere Signalformen als durch Schwingungen gekennzeichnet sein, etwa durch Unstetigkeiten oder Wachstumsraten in der Funktion $f(x)$. In solchen Fällen ist die zustandstypische Modellsignalform durch eben diese Parameter gekennzeichnet anstelle durch Schwingungen.

[0091] In Ausführungsformen der Erfindung ist der zu detektierende Betriebszustand der Drehschlagbetrieb. Es kann verfahrensgemäß vorgesehen sein, dass bei einer ausbleibenden Detektierung des zu detektierenden Betriebszustands darauf geschlossen wird, dass ein spezifischer anderer Betriebszustand vorliegt, beispielsweise das Schrauben ohne Schlag oder Verklemmen der Nuss oder des Bits auf oder im Antrieb des Befestigungselements beziehungsweise auf der Schnittstelle des Gerätes zur Aufnahme des Zubehörs wie Nüsse oder Bits. Ebenso können zwei oder mehrere erste Betriebszustände definiert werden, deren Auftreten überwacht wird, beispielsweise der Drehschlagbetrieb, der Schraubbetrieb ohne Schlag, und das Verklemmen.

[0092] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfinderischen Verfahrens kann in Schritt A1 die zustandstypische Modellsignalform vom Benutzer festgelegt werden, beispielsweise durch eine Auswahl aus verschiedenen voreingestellten Signalformen oder Signalcharakteristika. In anderen Ausführungsformen ist die zustandstypische Modellsignalform vom Hersteller der Handwerkzeugmaschine 100 vor der Auslieferung derselben fest gespeichert und dadurch festgelegt.

[0093] In einem Schritt A3 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Signal der Betriebsgröße des Elektromotors 180 mit der zustandstypischen Modellsignalform verglichen. Das Merkmal "vergleichen" soll im Kontext mit der vorliegenden Erfindung breit und im Sinne einer Signalanalyse ausgelegt werden, sodass ein Ergebnis des Vergleichs insbesondere auch eine teilweise oder graduelle Übereinstimmung des Signals der Betriebsgröße 1400 des Elektromotors 180 mit der zustandstypischen Modellsignalform sein kann, wobei der Grad der Übereinstimmung der beiden Signale durch verschiedene Verfahren ermittelt werden kann, die an späterer Stelle noch genannt werden.

[0094] In einem Schritt A4 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Entscheidung, ob der erste Betriebszustand vorliegt, zumindest teilweise anhand des Ergebnisses des Vergleichs getroffen. Hierbei ist der Grad der Übereinstimmung ist ein werks- oder benutzerseitig einstellbarer Parameter zur Einstellung einer Sensitivität der Erkennung des ersten Betriebszustandes.

[0095] In praktischen Anwendungen kann vorgesehen sein, dass die Schritte A2, A3 und A4 sich wiederholend während des Betriebs der Handwerkzeugmaschine 100 ausgeführt werden, um den Betrieb auf das Vorhandensein des ersten Betriebszustands zu überwachen. Zu

diesem Zweck kann in Schritt A2 eine Sequenzierung des aufgenommenen Signals der Betriebsgröße 1400 erfolgen, sodass die Schritte A3 und A4 an Signalsequenzen, vorzugsweise stets gleicher, festgelegter Länge, durchgeführt werden.

[0096] Zu diesem Zweck kann das Signal der Betriebsgröße als Folge von Messwerten in einem Speicher, vorzugsweise einem Ringspeicher, des Drehschlagschraubers 100 gespeichert werden.

[0097] Wie im Zusammenhang mit Figur 7 bereits erwähnt, wird in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung in Schritt A2 das Signal der Betriebsgröße als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen, oder als Messwerte der Betriebsgröße über einen Drehwinkel des Elektromotors 180. Dabei können die Messwerte diskret, quasi kontinuierlich oder kontinuierlich sein.

[0098] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform sieht dabei vor, dass das Signal der Betriebsgröße in Schritt A2 als Zeitverlauf von Messwerten der Betriebsgröße aufgenommen wird und in einem Schritt A2a eine Transformation des Zeitverlaufs der Messwerte der Betriebsgröße in einen Verlauf der Messwerte der Betriebsgröße über einen Drehwinkel des Elektromotors erfolgt.

[0099] Die Vorteile dieser Ausführungsform werden im Folgenden anhand Figur 8 beschrieben. Ähnlich zu Figur 7 zeigt Figur 8a Signale $f(x)$ einer Betriebsgröße über eine Ordinate x , in diesem Fall über die Zeit t . Wie in Figur 7 kann die Betriebsgröße eine Motordrehzahl oder ein mit der Motordrehzahl korrelierender Parameter sein.

[0100] Die Abbildung enthält zwei Signalverläufe der Betriebsgröße im ersten Betriebsmodus, im Falle eines Drehschlagschraubers also im Drehschlagbetrieb. In beiden Fällen umfasst das Signal eine Wellenlänge eines idealisiert als sinusförmig angenommenen Schwingungsverlaufs, wobei das Signal mit kürzerer Wellenlänge, T1 Verlauf mit höherer Schlagfrequenz, und das Signal mit längerer Wellenlänge T2 einen Verlauf mit niedrigerer Schlagfrequenz aufweist.

[0101] Beide Signale können mit derselben Handwerkzeugmaschine 100 bei verschiedenen Motorgeschwindigkeiten erzeugt werden und sind unter anderem abhängig davon, welche Umdrehungsgeschwindigkeit der Benutzer über den Bedienschalter von der Handwerkzeugmaschine 100 anfordert.

[0102] Soll nun beispielsweise der Parameter "Wellenlänge" zur Definition des zustandstypischen Modellsignals herangezogen werden, müssten also im vorliegenden Fall zumindest zwei verschiedene Wellenlängen T1 und T2 als mögliche Teile des zustandstypischen Modellsignals hinterlegt sein, damit der Vergleich des Signals der Betriebsgröße 1400 mit der zustandstypischen Modellsignalform in beiden Fällen zum Ergebnis "Übereinstimmung" führt. Da sich die Motordrehzahl über der Zeit allgemein und in großem Umfang ändern kann, führt dies dazu, dass auch die gesuchte Wellenlänge variiert und dadurch die Methoden zur Erkennung dieser Schlagfrequenz dementsprechend adaptiv eingestellt werden

müssten.

[0103] Bei einer Vielzahl von möglichen Wellenlängen würde der Aufwand des Verfahrens und der Programmierung entsprechend schnell ansteigen.

[0104] In der bevorzugten Ausführungsform werden daher die Zeitwerte der Ordinate in Drehwinkelwerte des Elektromotors 180 transformiert. Dies ist möglich, weil sich durch das starre Übersetzungsverhältnis von Elektromotor zum Schlagwerk eine direkte, bekannte Abhängigkeit von Motordrehzahl zur Schlagfrequenz ergibt. Durch diese Normierung wird ein von der Motordrehzahl unabhängiges Schwingungssignal gleichbleibender Periodizität erreicht, was in Figur 8b durch die beiden aus der Transformation der zu T1 und T2 gehörigen Signale dargestellt ist, wobei beide Signale nun die gleiche Wellenlänge $P1=P2$ aufweisen.

[0105] Entsprechend kann in dieser Ausführungsform der Erfindung das zustandstypische Modellsignal gültig für alle Drehzahlen durch einen einzigen Parameter der Wellenlänge über den Motordrehwinkel festgelegt werden.

[0106] In einer bevorzugten Ausführungsformen erfolgt der Vergleich des Signals der Betriebsgröße 1400 mit dem zustandstypischen Modellsignal mittels eines der Vergleichsverfahren umfassend die Bandpassfilterung, die Frequenzanalyse, die Parameterschätzung, und/oder die Kreuzkorrelation, was im Folgenden detaillierter beschrieben wird.

[0107] In Ausführungsformen mit Bandpassfilterung wird das gegebenenfalls wie beschrieben auf Drehwinkelabhängigkeit transformierte Eingangssignal über einen Bandpass gefiltert, dessen Durchlassbereich mit einer im Zusammenhang mit dem zustandstypischen Modellsignal festgelegten Frequenz übereinstimmt. In dem Fall, dass Amplituden dieser Frequenz einen vorher festgelegten Grenzwert überschreiten, wie dies im ersten Betriebszustand der Fall ist, führt der Vergleich in Schritt A3 dann zu dem Ergebnis, dass das Signal der Betriebsgröße der zustandstypischen Modellsignalform gleicht, und dass somit der erste Betriebszustand ausgeführt wird. Die Festlegung eines Amplitudengrenzwertes kann in dieser Ausführungsform als Schritt A3a einer Gütebestimmung der Übereinstimmung der zustandstypischen Modellsignalform mit dem Signal der Betriebsgröße aufgefasst werden, auf Grundlage derer in Schritt A4 entschieden wird, ob der erste Betriebszustand vorliegt oder nicht.

[0108] In Ausführungsformen, welche als Vergleichsverfahren die Frequenzanalyse verwenden, wird das Signal der Betriebsgröße auf Grundlage der Frequenzanalyse, beispielsweise der schnellen Fouriertransformation (Fast Fourier Transformation, FFT), von einem Zeitbereich in den Frequenzbereich mit entsprechender Wichtung der Frequenzen transformiert, wobei an dieser Stelle der Begriff "Zeitbereich" gemäß der obigen Ausführungen sowohl als "Verlauf der Betriebsgröße über die Zeit" als auch als "Verlauf der Betriebsgröße über den Motordrehwinkel" zu verstehen ist.

[0109] Andere als das vorstehend anhand der Figuren 7 und 8 beschriebene Verfahren zur automatischen Erkennung eines Drehschlagbetriebs können im Rahmen der Erfindung angewandt werden, um in Schritte S1 automatisch zu erkennen, ob ein Drehschlagbetrieb oder ein Schraubetrieb ohne Schlagen vorliegt, und ob eine Verklemmung vorliegt. Beispielsweise können für diese Zwecke Sensoren, etwa Beschleunigungssensoren, vorgesehen sein.

[0110] Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene und dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Sie umfasst vielmehr auch alle fachmännischen Weiterbildungen im Rahmen der durch die Patentansprüche definierten Erfindung.

[0111] Neben den beschriebenen und abgebildeten Ausführungsformen sind weitere Ausführungsformen vorstellbar, welche weitere Abwandlungen sowie Kombinationen von Merkmalen umfassen können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Handwerkzeugmaschine, insbesondere eines Drehschlagschraubers, die Handwerkzeugmaschine umfassend eine Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs wie beispielsweise eines Werkzeugbits oder einer Nuss, wobei das Werkzeug dazu eingerichtet ist, über einen korrespondierenden Antrieb eines Befestigungselements das Befestigungselement rotatorisch anzutreiben; das Verfahren umfassend die Schritte:

S1 Verschrauben des Befestigungselements in einem Substrat, unter Drehen der Werkzeugaufnahme und somit des Befestigungselements in einer ersten Drehrichtung;

S2 Drehen der Werkzeugaufnahme in einer zweiten, der ersten Drehrichtung entgegengesetzten Drehrichtung, bei einer vordefinierten Drehzahl und für eine vordefinierte Zeitdauer.

2. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend den Schritt:

S1a Überwachen, ob während des oder nach dem Verschrauben eine Verklemmung vorliegt, wobei eine Verklemmung vorliegt, wenn das Werkzeug in der Werkzeugaufnahme verklemmt ist und/oder wenn der Antrieb des Befestigungselements und das Werkzeug ineinander verklemmt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Überwachen in Schritt S1a durch einen Benutzer der Handwerkzeugmaschine ausgeführt wird oder zumindest teilweise automatisch erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Schritt S2 dadurch eingeleitet wird, dass der Benutzer einen von einem Ein/Aus Schalter der Handwerkzeugmaschine separaten Bedienknopf betätigt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Schritt S2 ausgeführt wird, wenn in Schritt S1a festgestellt wird, dass eine Verklemmung vorliegt.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verschrauben in Schritt S1 zumindest teilweise unter Ausführung eines Drehschlagbetriebs erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, umfassend den Schritt:
S3 automatisches Erkennen des Drehschlagbetriebs.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt S2 nach einer vordefinierten Zeitdauer nach Erkennen des Drehschlagbetriebs und/oder nach einer vordefinierten Anzahl an Schlägen des Drehschlagbetriebs ausgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das automatische Erkennen in Schritt S3 zumindest teilweise anhand einer Signalform einer Betriebsgröße eines Elektromotors der Handwerkzeugmaschine erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt S1 durch Betätigen eines Bedienknopfes der Handwerkzeugmaschine ausgelöst wird, und dass ein Loslassen des Bedienknopfes das Verfahren abbricht und/oder beendet.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren über eine Softwareapplikation (App) gestartet beziehungsweise initialisiert wird, wobei die App auf einem von der Handwerkzeugmaschine separaten Endgerät ausgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Parameter der Verschraubung über die App einstellbar sind, wobei die Parameter einen oder mehrere der folgenden Parameter umfassen:

- Durchmesser und/oder Art des Befestigungselements;
- Material, Festigkeit, und/oder Härte des Substrats;
- vordefinierte Drehzahl und/oder vordefinierte

Zeitdauer des Schrittes S2.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren durch Betätigung eines an der Handwerkzeugmaschine befindlichen Bedienknopfes gestartet beziehungsweise initialisiert wird. 5
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vordefinierte Drehzahl und die vordefinierte Zeitdauer in Schritt S2 derart vordefiniert sind, dass eine Verklemmung des Werkzeugs in der Werkzeugaufnahme und/oder des Antriebs des Befestigungselements mit dem Werkzeug gelöst wird, ohne dass jedoch ein Lösen der Verschraubung erfolgen würde. 10 15
15. Computerprogramm zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wenn das Computerprogramm von einer Steuerung einer Handwerkzeugmaschine ausgeführt wird. 20
16. Handwerkzeugmaschine, insbesondere Drehschlagschrauber, umfassend einen Elektromotor, eine durch den Elektromotor rotatorisch angetriebene Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeugs, und eine Steuerung zur Steuerung des Elektromotors, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 eingerichtet ist. 25 30

35

40

45

50

55

Fig. 1

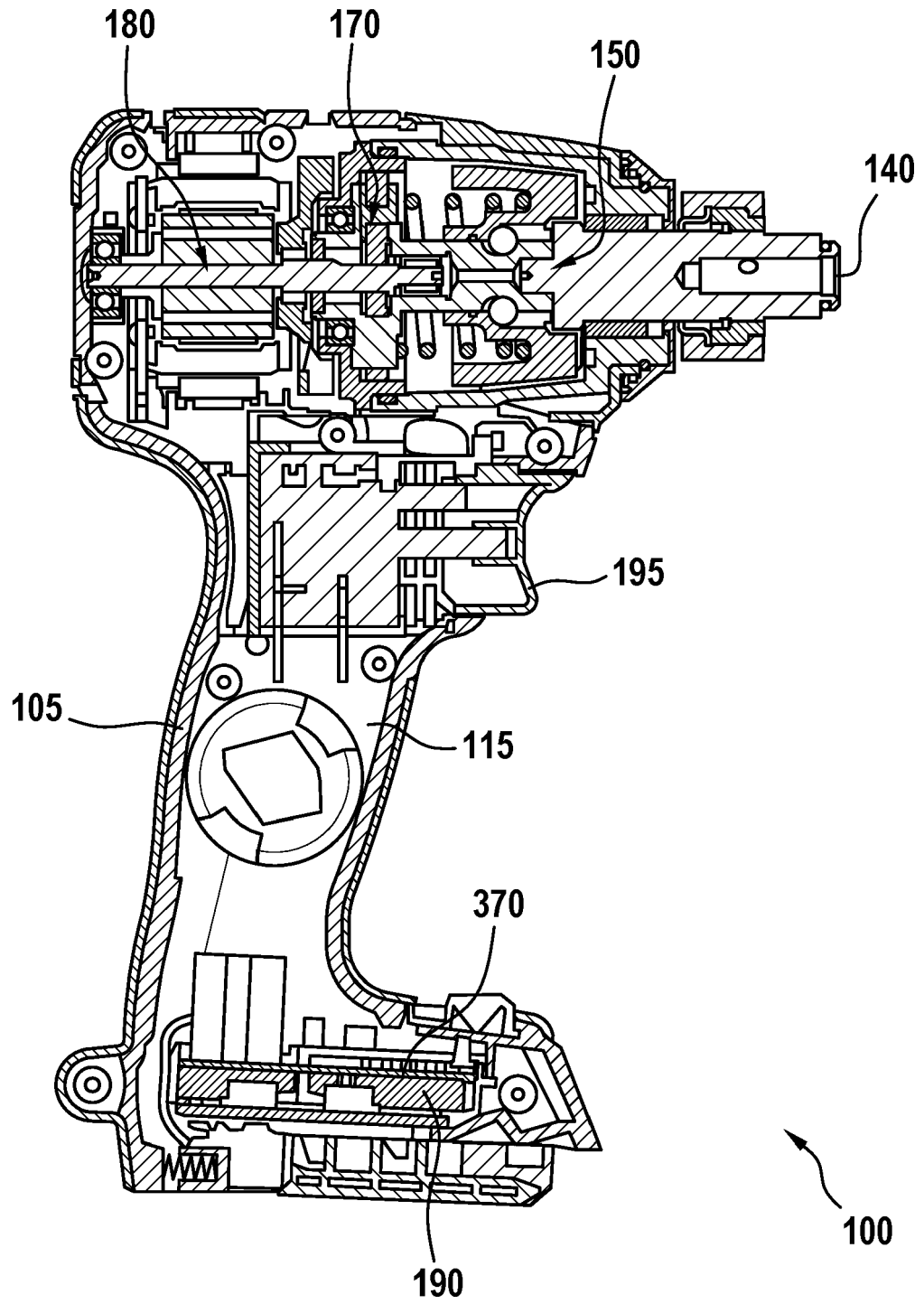


Fig. 2

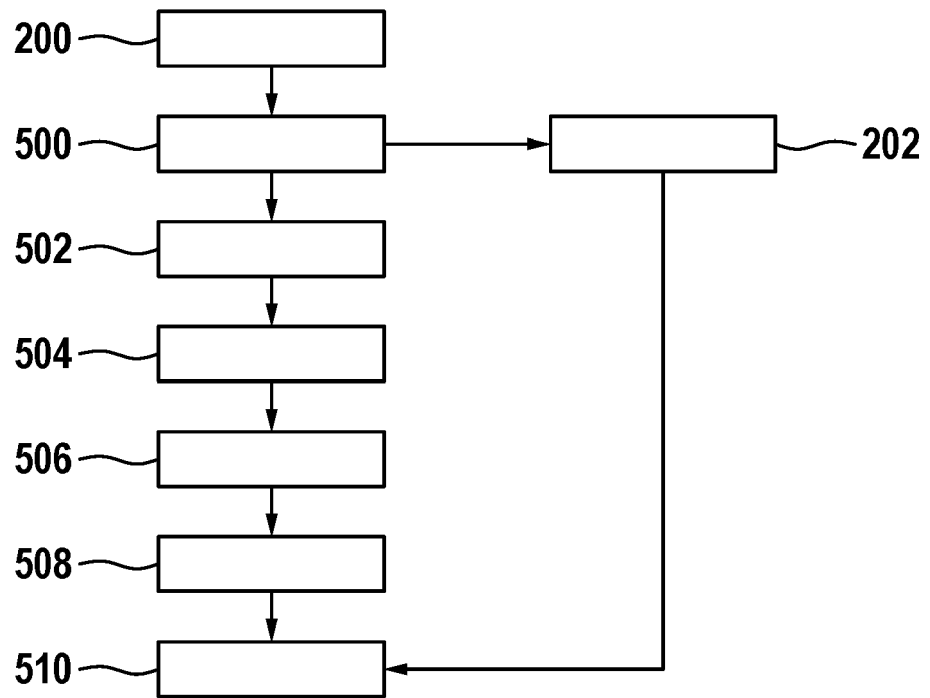


Fig. 3

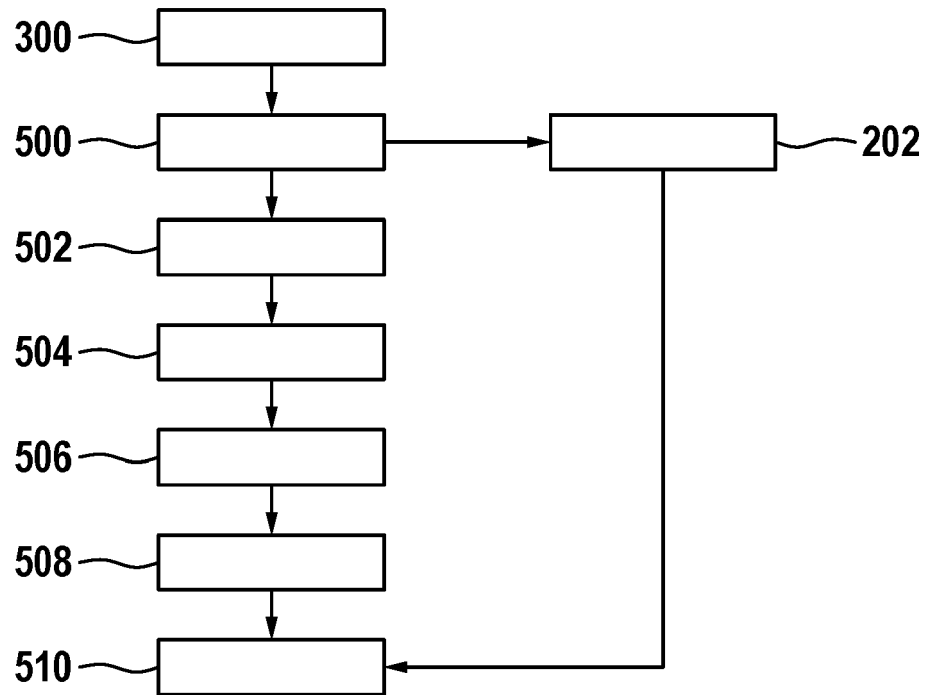


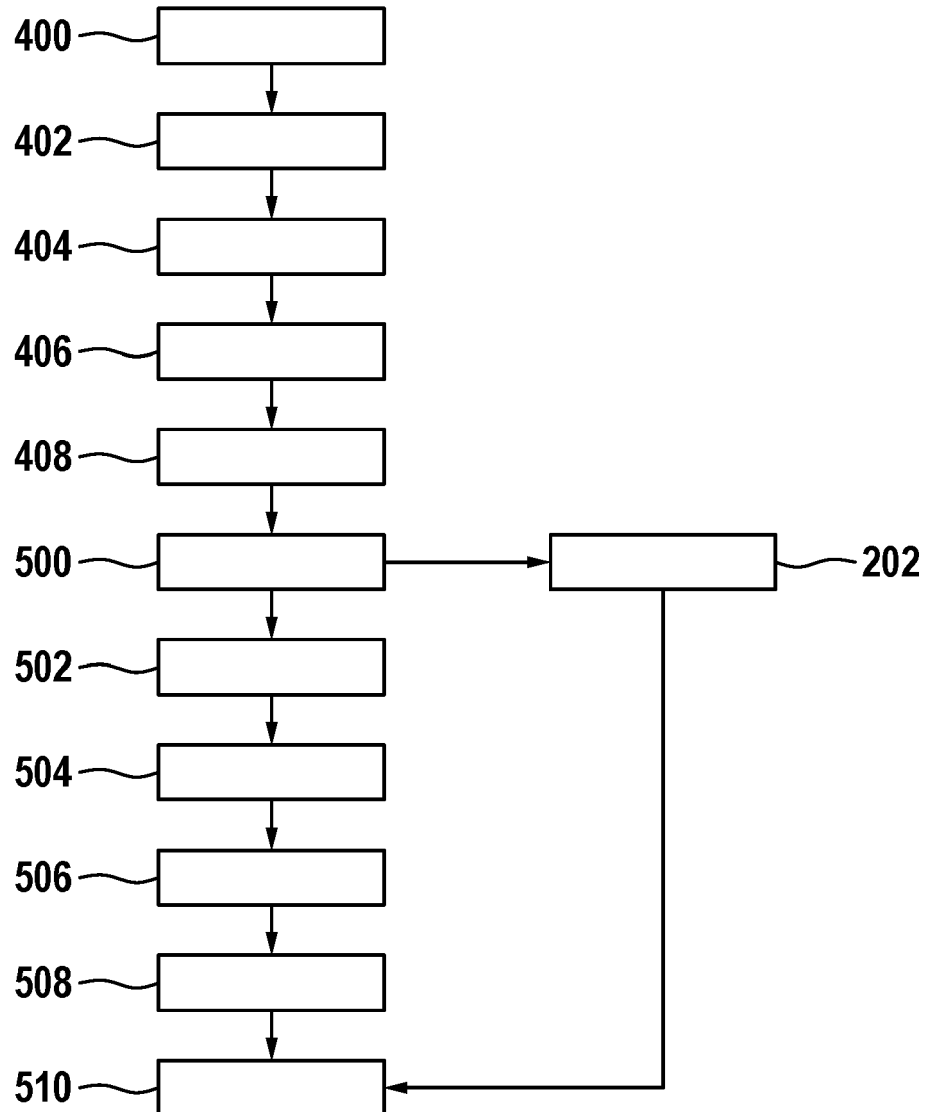
Fig. 4

Fig. 5

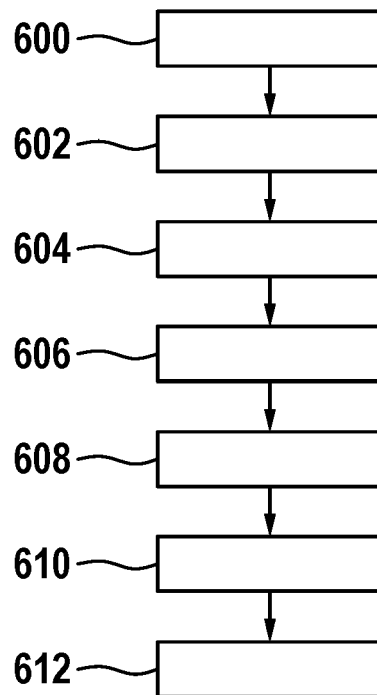


Fig. 6

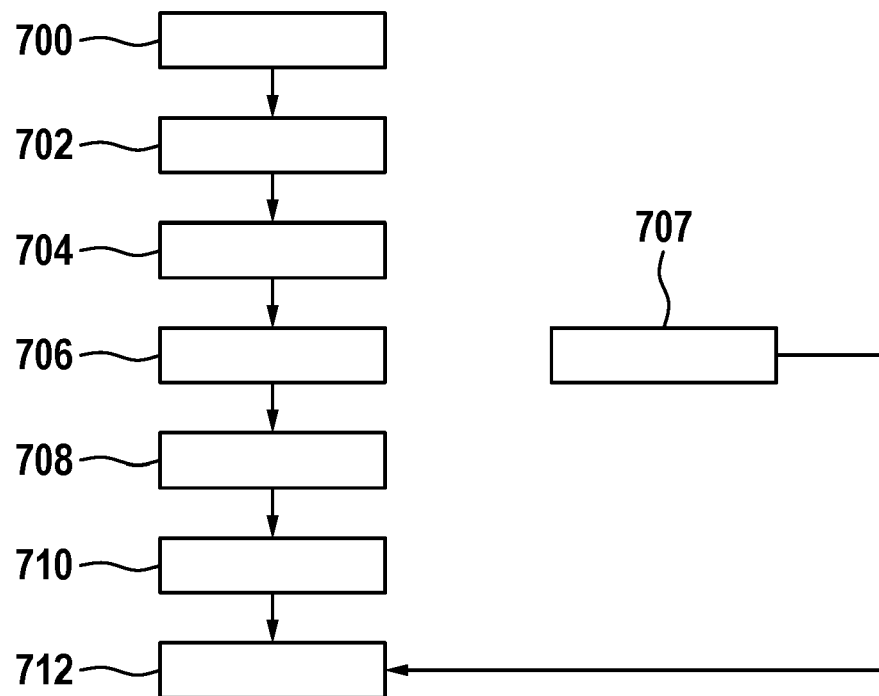


Fig. 7

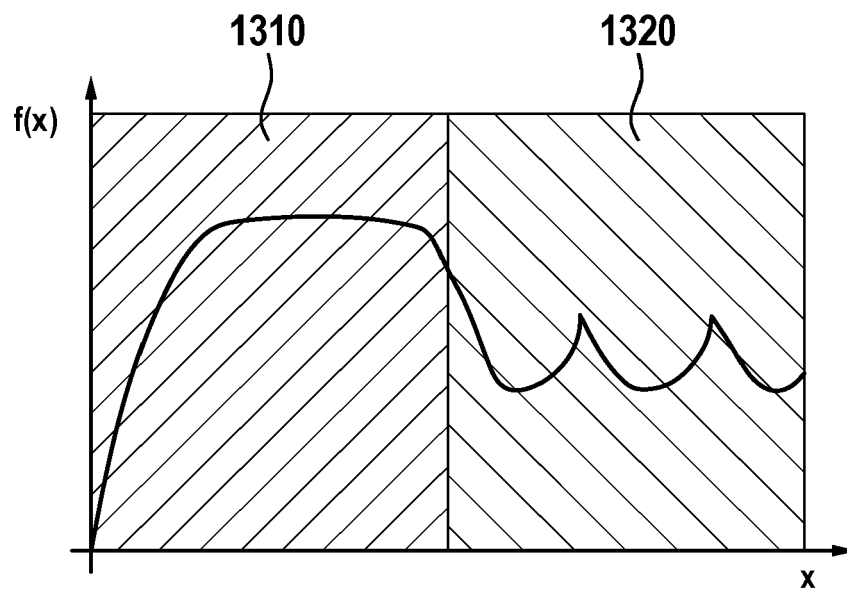
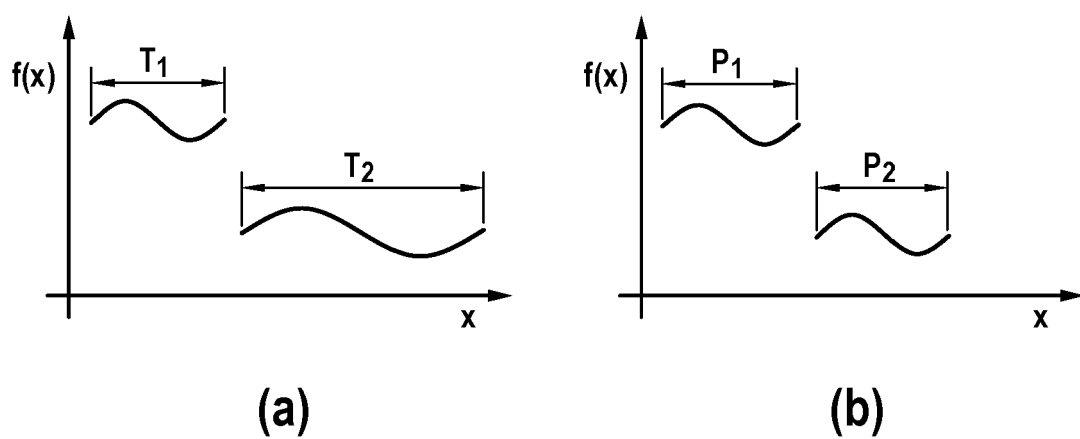


Fig. 8





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 23 22 0236

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2021 204893 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. November 2022 (2022-11-17) * Absatz [0033]; Abbildung 1 * -----	1-16	INV. B25B21/02
X	WO 2020/064330 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. April 2020 (2020-04-02) * Seite 3, erster Absatz; Seite 8, Zeilen 25 bis 35; Seite 12, Zeilen 12 bis 17 * -----	1,15,16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 31. Mai 2024	Prüfer Hartnack, Kai
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 : mündliche 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	

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

EP 23 22 0236

5 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.

31-05-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102021204893 A1	17-11-2022	CN 115338832 A	15-11-2022
			DE 102021204893 A1	17-11-2022
15	WO 2020064330 A1	02-04-2020	CN 112752633 A	04-05-2021
			DE 102018216702 A1	02-04-2020
			EP 3856462 A1	04-08-2021
			US 2021370483 A1	02-12-2021
20			WO 2020064330 A1	02-04-2020
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

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

- EP 3381615 A1 [0002]