

(19)



(11)

EP 2 644 320 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.10.2013 Patentblatt 2013/40

(51) Int Cl.:
B24B 1/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13173324.8**

(22) Anmeldetag: **17.12.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **05.01.2009 DE 102009000030**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
09795760.9 / 2 384 259

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **Koeder, Thilo**
10470 Jalan Seri Tanjung Pinang Penang (MY)
• **Platzer, Joachim**
71686 Remseck-Hochberg (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 24-06-2013 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine**

(57) Die Erfindung geht aus von einer handgehaltenen Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine (10) umfassend

- ein Gehäuse (20) mit einem Griffbereich (40),
- einen Werkzeugbereich (50) für ein linear und/oder oszillierend antreibbares Werkzeug (60),
- ein gehäusesseitiges Bedienteil (30) zur benutzerseitigen Aktivierung des Werkzeugs (60) und/oder der Elektrowerkzeugmaschine (10),
- eine im Gehäuse (20) angeordnete Antriebseinheit (80) zur Erzeugung einer Arbeitsbewegung des Werkzeugs (60),
- eine im Gehäuse (20) angeordnete Elektronikeinheit (200) zum Beaufschlagen der Antriebseinheit (80) mit

wenigstens Steuer- und/oder Regelsignalen,

- eine Betriebsspannungseinheit (90) zur Bereitstellung einer elektrischen Gleichspannung, wobei die Antriebseinheit (80) wenigstens einen Anregungsaktor (100) mit einem Volumen anregungsaktiven Materials umfasst, welcher
- im Betrieb von der Betriebsspannungseinheit (90) elektrisch versorgt ist,

- von der Elektronikeinheit (200) gesteuert oder geregelt ist.

Es wird vorgeschlagen, dass die Elektronikeinheit (200) ausgebildet ist, um den wenigstens einen Anregungsaktor (100) in einer Resonanzfrequenz (f_{res}) zu betreiben.

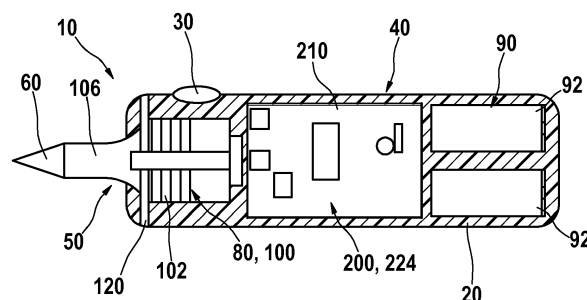


Fig. 1

EP 2 644 320 A1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine umfassend ein Gehäuse mit einem Griffbereich, einen Werkzeugbereich für ein linear und/oder rotativ oszillierend antreibbares Werkzeug, ein gehäusesseitiges Bedienteil zur benutzerseitigen Aktivierung des Werkzeugs und/oder der Elektrowerkzeugmaschine, eine im Gehäuse angeordnete Antriebseinheit zur Erzeugung einer Arbeitsbewegung des Werkzeugs, eine im Gehäuse angeordnete Elektronik-einheit zum Beaufschlagen der Antriebseinheit mit der benötigten Bearbeitungsleistung bestehend aus wenigstens Steuer- und/oder Regelsignalen, eine Betriebsspannungseinheit zur Bereitstellung einer elektrischen Gleichspannung an die Elektroneinheit, wobei die Antriebseinheit wenigstens einen Anregungsaktor mit einem Volumen anregungsaktiven Materials umfasst, welcher im Betrieb von der Betriebsspannungseinheit elektrisch versorgt ist, von der Elektroneinheit gesteuert oder geregelt ist.

[0002] Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschinen zeichnen sich dadurch aus, dass diese tragbar sind und von einem Bediener im Betrieb in der Hand gehalten und geführt werden. Sie können kabellos über Batteriepacks oder mit Netzstrom betrieben werden. Insbesondere bestehen diese in der Regel aus nur einem Gehäuse, welches vollständig vom Benutzer gehalten wird.

[0003] In der EP 1598171 B1 wird ein mechanischer Aufbau eines Schweißkopfes einer tragbaren Schweißpistole beschrieben, bei der ein Ultraschallaktor den Schweißkopf mit mechanischer Leistung beaufschlagt.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die Erfindung geht aus von einer handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine, umfassend ein Gehäuse mit einem Griffbereich, einen Werkzeugbereich für ein linear und/oder rotativ oszillierend antreibbares Werkzeug, ein gehäusesseitiges Bedienteil zur benutzerseitigen Aktivierung des Werkzeugs und/oder der Elektrowerkzeugmaschine, eine im Gehäuse angeordnete Antriebseinheit zur Erzeugung einer Arbeitsbewegung des Werkzeugs, eine im Gehäuse angeordnete Elektroneinheit zum Beaufschlagen der Antriebseinheit mit der benötigten Bearbeitungsleistung bestehend aus wenigstens Steuer- und/oder Regelsignalen, eine Betriebsspannungseinheit zur Bereitstellung einer elektrischen Gleichspannung an die Elektroneinheit, wobei die Antriebseinheit wenigstens einen Anregungsaktor mit einem Volumen anregungsaktiven Materials umfasst, welcher im Betrieb von der Betriebsspannungseinheit elektrisch versorgt ist, von der Elektroneinheit gesteuert oder geregelt ist.

[0005] Es wird vorgeschlagen, dass die Elektronein-

heit ausgebildet ist, um den wenigstens einen Anregungsaktor in einer Resonanzfrequenz zu betreiben.

[0006] Wird der Anregungsaktor mit seiner Resonanzfrequenz betrieben, so kann bei ausreichend hoher Güte des Schwingensystems entsprechend einer elektrischen Eingangsleistung eine hohe mechanische Ausgangsleistung abgegeben werden. Der Anregungsaktor kann ein Ultraschallanregungsaktor sein, insbesondere ein Piezoaktor in Bauweise eines Langevin-Schwingers. Der Piezoaktor weist als anregungsaktives Material piezoelektrisches Material auf. Typischerweise liegt die Güte des ungedämpften Schwingensystems bei Werten über 100 typischerweise über 500. Das Resonanzsystem des Anregungsaktors, das die Resonanzfrequenz aufweist, umfasst den Langevin-Schwinger mit piezoelektrisch aktivem Material und an den Schwinger angekoppelte Komponenten, insbesondere Komponenten, die den Ultraschall verstärken und/oder zu einem Bearbeitungsort übertragen. Solche Komponenten sind z.B. als Booster oder Sonotrode bekannt. Dies ermöglicht eine Baugrößenreduktion und die Bereitstellung eines kompakten Geräts. Vorteilhaft wird damit eine kompakte Elektrowerkzeugmaschine hoher Leistungsfähigkeit geschaffen, die gleichzeitig handlich ist.

[0007] Es können auch mehrere Anregungsaktoren, z.B. mit gleicher oder auch mit unterschiedlicher Resonanzfrequenz, als Antriebskomponente vorgesehen sein. Alternativ können auch eine oder mehrere weitere Antriebskomponenten, etwa ein Elektromotor, vorgesehen sein. Die verschiedenen Antriebskomponenten können alternativ oder in Kombination betrieben werden. Wird der wenigstens eine Anregungsaktor in Resonanz betrieben, ist die Leistungsausbeute besonders hoch, so dass bei gegebener Ausgangsleistung der Elektrowerkzeugmaschine die Bauweise besonders kompakt sein kann, was der komfortablen Handhabung der handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine dient. Die vorgeschlagene Elektrowerkzeugmaschine ist ein einteiliges Gerät, bei dem aufstörende Verbindungskabel zwischen separaten Gehäuseteilen verzichtet werden kann. Die Elektrowerkzeugmaschine kann schnurlos mit Batterien oder Akkus betreibbar sein oder auch - zusätzlich oder alternativ - mit Netzstrom über ein Netzkabel betreibbar sein. Das Werkzeug kann ein Einsatzwerkzeug sein, das lösbar mit dem Anregungsaktor verbunden ist, oder es kann mit dem Anregungsaktor fest verbunden sein. Die Verbindung kann z.B. stoffschlüssig oder kraftschlüssig sein. Die Elektrowerkzeugmaschine ist insbesondere eine Bearbeitungsmaschine, mit der Gegenstände oder Oberflächen bearbeitet oder verändert werden, wie etwa Bohrer, Bohrhämmer, Schneidwerkzeuge, Schleifmaschinen, Fräsen, Sägen, Schweißgeräte und dergleichen.

[0008] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Elektroneinheit eine Regeleinheit mit Frequenzanpassung zur Nachführung der Resonanzfrequenz des wenigstens einen Anregungsaktors umfassen. Vorteilhaft kann im Betrieb der Elektrowerkzeugma-

schine die Resonanzfrequenz kontinuierlich angepasst werden, wenn sich etwa wegen Temperaturänderung, Wechsel des an den Anregungsaktor angekoppelten Werkzeugs oder bei Belastung des Werkzeugs die Resonanzfrequenz des Anregungsaktors ändert. Damit wird im Betrieb stets eine optimale Leistungsausbeute ermöglicht. Vorteilhaft kann die Elektronikeinheit eine Phasenregelkette umfassen, mit der die Resonanzfrequenz mit hoher Genauigkeit angeregt werden kann. So kann eine Phasenverschiebung zwischen elektrischem Strom und elektrischer Spannung, welche dem piezoelektrisch aktiven Material zur Anregung der Ultraschall-schwingungen zugeführt werden, auf einen festen Wert, insbesondere 0° Phasendifferenz zwischen dem Strom- und Spannungssignal, eingestellt und gehalten werden, womit eine optimale Leistungsausbeute erreicht werden kann.

[0009] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann das Volumen des piezoelektrisch aktiven Materials mindestens $0,2 \text{ cm}^3$, vorzugsweise $0,5 \text{ cm}^3$, insbesondere mindestens 1 cm^3 , betragen. Vorteilhaft kann eine ausreichende Ultraschallleistung bei kleiner Baugröße des Anregungsaktors erreicht werden.

[0010] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann der wenigstens eine Anregungsaktor eine Leistungsdichte von mindestens 5 Watt/cm^3 , vorzugsweise von mindestens 20 Watt/cm^3 , bezogen auf das Volumen des piezoelektrisch aktiven Materials des wenigstens einen Anregungsaktors aufweisen. Eine entsprechend hohe Leistungsdichte ist vorteilhaft für eine handgehaltene kompakte Elektrowerkzeugmaschine mit möglichst kleinen Abmessungen und geringen Herstellkosten.

[0011] Gemäß einer günstigen Weiterbildung kann der wenigstens eine Anregungsaktor an der Werkzeugspitze eine Schwingamplitude von mindestens $3 \text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise mindestens $8 \text{ }\mu\text{m}$, insbesondere mindestens $12 \text{ }\mu\text{m}$ aufweisen. Eine entsprechend hohe Schwingamplitude ist vorteilhaft für eine gute Leistungsübertragung auf das Werkstück und damit für einen hohen Arbeitsfortschritt durch die Elektrowerkzeugmaschine.

[0012] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann eingangsseitig der Elektronikeinheit eine elektrische Leistung zur Beaufschlagung des wenigstens einen Anregungsaktors mindestens 20 Watt betragen. Vorteilhaft kann damit eine ausreichende Leistung für eine Elektrowerkzeugmaschine sichergestellt werden. Übliche Leistungen liegen im Heimwerkerbereich, für kleine Schneidsysteme etwa zwischen 20 Watt und 250 Watt , vorzugsweise 50 Watt bis 150 Watt . Für leistungsstärkere Anwendungen, z.B. Bohren, werden Leistungen ab 50 W bis 1000 W , vorzugsweise 200 Watt bis 500 Watt benötigt. Im professionellen Handwerkerbereich liegt der Leistungsbedarf für kleine Systeme etwa zwischen 50 und 400 Watt , vorzugsweise 100 bis 250 Watt . Bei großen Systemen werden Leistungen von 200 W bis 2000 Watt , vorzugsweise 400 Watt bis 1000 Watt eingesetzt. Trotzdem kann eine Elektrowerkzeugmaschine mit

handlichen Abmessungen geschaffen werden, die zum einen von der Hand des Bearbeiters umfasst oder gehalten werden kann und zum anderen ausreichend Leistung zur Bearbeitung bereitstellt.

[0013] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann eine maximale elektrische Anregungsfeldstärke des wenigstens einen Anregungsaktors im Bereich unterhalb von 300 V/mm liegen (bezogen auf die Dicke, insbesondere Scheibendicke, des piezoelektrisch aktiven Materials), vorzugsweise im Bereich zwischen 50 V/mm und 220 V/mm . Bei einer Scheibendicke des Anregungsaktors von typischerweise 1 mm bis 10 mm , vorzugsweise 2 mm bis 6 mm , insbesondere um 5 mm liegen die elektrischen Spannungen bei unter 1000 Volt . Dies ermöglicht vorteilhaft einen Einsatz des Anregungsaktors in der handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine mit ausreichender mechanischer Ausgangsleistung bei vorteilhaft kleinen Abmessungen.

[0014] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann eine elektrische Ausgangsspannung der Betriebsspannungseinheit bei Versorgung mit Elektrochemischen Speichern innerhalb von 3 Volt bis 100 Volt DC liegen vorzugsweise im Bereich von $3,5 \text{ V}$ bis 40 V , insbesondere bei 36 Volt , 24 Volt , 18 Volt , $14,4 \text{ Volt}$, 12 Volt , $10,6 \text{ Volt}$, $7,2 \text{ Volt}$ und $3,6 \text{ Volt}$. Vorteilhaft können Batteriepacks oder nachladbare Akkupacks eingesetzt werden, die klein und leicht genug sind, um eine gute Handhabbarkeit der Elektrowerkzeugmaschine bei hoher Ausgangsleistung noch zu gewährleisten.

[0015] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann ein Gleichspannungsanteil der elektrischen Ausgangsspannung der Betriebsspannungseinheit bei Versorgung mit Netzspannung innerhalb $0,5 U_{\text{Netz}}$ (Effektivwert der Netzspannung) bis $2 U_{\text{Netz}}$ liegen. Vorzugsweise z.B. unter Verwendung eines Brückengleichrichters mit Glättungskondensator bei $1,4 U_{\text{Netz}}$. In einer weiteren Ausführung kann die Netzspannung mittels eines eingangsseitigen Transformators auf eine für die Betriebsspannungseinheit geeignete Spannung gewandelt werden.

[0016] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Betriebsfrequenz des wenigstens einen Anregungsaktors im Bereich zwischen 10 kHz und 1000 kHz , vorzugsweise zwischen 30 kHz und 50 kHz , insbesondere zwischen 35 kHz und 45 kHz , besonders bevorzugt um 40 kHz , liegen. Mit steigender Frequenz sinkt die Baugröße der Komponenten und steigt die mechanische Belastung des Schwingensystems, wobei sich im ausgewählten Frequenzbereich vorteilhafte Größenverhältnisse bei hoher Ausgangsleistung und günstigem Gewicht der Elektrowerkzeugmaschine ergeben.

[0017] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Betriebsspannungseinheit einen elektrochemischen Speicher umfassen, vorzugsweise einen wiederaufladbaren elektrochemischen Speicher. Die Betriebsspannungseinheit hat einen nur geringen Platzbedarf, was für die Kompaktheit und das Gewicht der Elektrowerkzeugmaschine vorteilhaft ist. Günstig sind Systeme

me auf der Basis von z.B. Lithium-Ionen (Li-Ion) oder auch Nickel-Metallhydrid (NiMeH), Nickel-Cadmium (NiCd) oder auch Blei und dergleichen. Diese können fest im Gehäuse integriert sein und über einen Ladeanschluss nachgeladen werden. Alternativ kann die Betriebsspannungseinheit als Wechselsystem ausgebildet sein, mit austauschbaren elektrochemischen Speichern, die gegebenenfalls auch extern wiederaufladbar sein können, und die in eine dafür vorgesehene Aufnahme im oder am Gehäuse eingesteckt werden können. Die Nennspannung der Betriebsspannungseinheit kann je nach Leistungsanforderung z.B. zwischen 3 Volt dc und 48 Volt dc liegen, z.B. bei 12 Volt dc.

[0018] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Betriebsspannungseinheit eine AC/DC-Wandlungseinheit umfassen. In diesem Fall kann auch ein Netzanschluss für die Elektrowerkzeugmaschine vorgesehen sein, und in der Betriebsspannungseinheit kann die Gleichrichtung und Glättung der Netzspannung erfolgen. Zwar benötigt die Aufbereitung der Netzspannung mehr Platz als ein Energiespeicher, der weitere platzsparende und kompakte Aufbau in einem einzigen Gehäuse ermöglicht jedoch weiterhin eine vereinfachte Bedienung und Handhabung der Elektrowerkzeugmaschine.

[0019] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Elektronikeinheit auf einer Platine konzentriert sein. Dies ermöglicht eine besonders platzsparende Anordnung im Gehäuse. Die elektronische Ansteuerung des Anregungsaktors ist besonders kompakt.

[0020] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann zur Signalfilterung und zur induktiven Kompensation des wenigstens einen Anregungsaktors wenigstens eine Induktivität in einem Leistungskreis der Elektronikeinheit, der den wenigstens einen Anregungsaktor mit elektrischer Leistung beaufschlagt, vorgesehen sein. Es kann ein platzsparender Aufbau der Leistungsinduktivitäten in einem einzigen Spulenkern realisiert werden. Die bei Anregungsaktoren günstige Signalfilterung und induktive Kompensation des Piezoaktors kann direkt über eine gezielt eingestellte Streuinduktivität eines sowieso benötigten Übertragungstransformators bereitgestellt bzw. durch eine auf demselben Spulenkern gewickelte Induktivität gegeben werden. Ein zusätzlicher Spulenkern mit einer weiteren Induktivität im Leistungskreis kann dadurch entfallen.

[0021] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann wenigstens Antriebseinheit, Elektronikeinheit und Betriebsspannungseinheit so im Gehäuse verteilt sein, dass ein Masseschwerpunkt im Bereich des Griffteils liegt. Der Bediener kann die Elektrowerkzeugmaschine sicher und bequem handhaben. Die Sicherheit und der Bedienkomfort werden erhöht.

[0022] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Antriebseinheit neben dem wenigstens einen Anregungsaktor mindestens eine weitere Antriebskomponente umfassen. Vorteilhaft kann der Arbeitsbewegung eines durch die mindestens eine weitere An-

triebskomponente angetriebenen Werkzeugs eine durch den wenigstens einen Anregungsaktor Bewegung überlagert werden, wodurch der Arbeitsfortschritt erheblich verbessert und die Bearbeitung erleichtert werden kann.

[0023] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann der wenigstens eine Anregungsaktor einen Hauptenergieverbraucher der Elektrowerkzeugmaschine bilden, für den vorzugsweise mindestens 50% elektrische Eingangsleistung vorgesehen sein können. In einer günstigen Weiterbildung kann für den Anregungsaktor mindestens 75%, vorzugsweise mindestens 80% der elektrischen Eingangsleistung vorgesehen sein. Der Arbeitsfortschritt der Elektrowerkzeugmaschine beim Einsatz von Ultraschall ist besonders groß, so dass ein weiterer Energieverbraucher, insbesondere eine weitere Antriebskomponente, wie etwa ein Bohrer, ein Meisel, ein Messer oder dergleichen, kleiner ausgelegt werden kann. Damit kann auch der Antrieb und die zugehörigen Elektronikkomponenten und die Energieversorgung kleiner ausfallen, was wiederum einen verbesserten Bedienkomfort und eine verbesserte Handhabung der gehaltenen Elektrowerkzeugmaschine erlaubt.

[0024] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann eine oder mehrere Betriebsanzeigen für einen aktivierten Zustand des wenigstens einen Anregungsaktors vorgesehen sein. Die Anzeige kann dabei optisch und/oder akustisch und/oder haptisch erfolgen. Die Betriebssicherheit der Elektrowerkzeugmaschine wird erhöht, da klar erkennbar ist, wenn der Anregungsaktor aktiviert ist und mechanische Leistung abgeben kann.

[0025] Gemäß einer günstigen Weiterbildung der Erfindung kann die Antriebseinheit, welche dem Werkzeug eine Arbeitsbewegung aufträgt, dem Werkzeug Überlagerungsschwingungen aufprägen. Die Antriebseinheit kann als weitere Antriebskomponente beispielsweise einen elektrischen Antriebsmotor aufweisen, der in dem Gehäuse der Elektrowerkzeugmaschine aufgenommen ist. Die Motorwelle ist in der Regel über eine Getriebeeinheit mit einer Werkzeugwelle gekoppelt, die Träger des Werkzeuges ist und die Arbeitsbewegung ausführt. Das Werkzeug ist üblicherweise auswechselbar auf der Werkzeugwelle zu befestigen.

[0026] Die Elektrowerkzeugmaschine kann z.B. zur spanenden Bearbeitung von Werkstücken eingesetzt werden, wobei zur Verringerung der Spangröße vorteilhaft der Anregungsaktor in der Elektrowerkzeugmaschine angeordnet ist, welcher Überlagerungsschwingungen im Werkzeug erzeugen kann. Diese Überlagerungsschwingungen sind der Arbeitsbewegung des Werkzeugs überlagert.

[0027] Die Überlagerungsschwingungen, welche nicht von dem Antriebsmotor, sondern von dem Anregungsaktor ausgehen, können je nach Art der Elektrowerkzeugmaschine sowie in Abhängigkeit des verwendeten Werkzeuges und des zu bearbeitenden Werkstückmaterials mit einer Frequenz erzeugt werden, die zu einer signifikanten Verringerung der Spangröße führt. Da klei-

nere Späne auch eine kleinere Wärmekapazität aufweisen, können sich die Späne in einem kürzeren Zeitraum abkühlen, wodurch die Brandgefahr reduziert ist. Außerdem führen die kleineren Späne an sich zu einer reduzierten Verletzungsgefahr, da der von ihnen ausgehende Impuls geringer ist.

[0028] Die Frequenz der Überlagerungsschwingungen liegt zweckmäßigerweise im Ultraschallbereich und kann somit beispielsweise zumindest 20 kHz betragen. Diese verhältnismäßig hohe Frequenz hat zum einen den Vorteil, dass Schwingungen in dieser Größenordnung nicht mehr für den Menschen zu hören sind, so dass keine Lärmbelästigung entsteht. Zum andern hat es sich gezeigt, dass Schwingungen ab dieser Größenordnung besonders wirksam sind, um die Größe der Späne, die bei der Bearbeitung eines Werkstückes entstehen, signifikant zu reduzieren.

[0029] Es kann zweckmäßig sein, Überlagerungsschwingungen zu erzeugen, die in noch erheblich größeren Größenordnungen liegen. Grundsätzlich kommen Schwingungen bis hin in den Megahertzbereich in Betracht. Außerdem ist es auch möglich, Überlagerungsschwingungen mit niedrigerer Frequenz zu generieren.

[0030] Auf Grund der Überlagerung zu der Arbeitsbewegung des Werkzeugs einerseits sowie der in der Regel deutlich höheren Frequenz bleibt das Erzeugen der Überlagerungsschwingungen ohne Einfluss auf die Arbeitsbewegung und damit auf das Ergebnis der Werkstückbearbeitung. Zudem weisen die Überlagerungsschwingungen üblicherweise nur eine sehr geringe Amplitude auf, so dass die Bearbeitung des Werkstückes nicht beeinträchtigt ist.

[0031] Die vorteilhafte Generierung von Überlagerungsschwingungen im Werkzeug kann sowohl bei rotatorischen als auch bei translatorischen bzw. gemischt rotatorischtranslatorischen Arbeitsbewegungen des Werkzeugs eingesetzt werden. Gemäß einer günstigen Ausführung ist die Elektrowerkzeugmaschine als Schleifgerät, beispielsweise als Winkelschleifer ausgebildet, die als Werkzeug eine an einer Werkzeugwelle gelagerte Schleifscheibe aufweist, wobei in diesem Fall die Werkzeugbewegung eine ausschließliche Rotationsbewegung ist. In Betracht kommen aber auch translatorische Bewegungen, beispielsweise bei Hubsägen, die eine oszillierende Hubbewegung ausführen.

[0032] Die Überlagerungsschwingungen können gemäß einer vorteilhaften Ausführung orthogonal zur Bewegungsebene des Werkzeugs angeregt werden, in der die Arbeitsbewegung stattfindet. Beispielsweise können bei Schleifscheiben die Überlagerungsschwingungen in Richtung der die Schleifscheibe tragenden Werkzeugwelle aufgebracht werden. Bei einer translatorischen Arbeitsbewegung erfolgt dagegen die Überlagerungsschwingung senkrecht zur Translationsbewegung.

[0033] Gemäß einer weiteren zweckmäßigen Ausführung ist es aber auch möglich, dass die Überlagerungsschwingungen das Werkzeug in der Bewegungsebene anregen. Im Falle einer Schleifscheibe bedeutet dies,

dass die Schleifscheibe senkrecht zur Werkzeugwelle angeregt wird, so dass der Vektor der Anregung in der Bewegungsebene der Schleifscheibe liegt.

[0034] Des Weiteren kann es zweckmäßig sein, die von dem Anregungsaktor ausgehenden Überlagerungsschwingungen auf ein Lager des Werkzeugs wirken zu lassen, wobei die Schwingungen sich über das Lager auch auf das Werkzeug ausbreiten. Im Falle von mehreren Lagern erfolgt dies vorzugsweise über das werkzeugnahe Lager, um eine Belastung der Getriebeeinheit sowie des Antriebsmotors durch die Überlagerungsschwingungen zu vermeiden.

[0035] Als Anregungsaktor können verschieden ausgeführte, aktive Stellglieder eingesetzt werden, die durch Zufuhr von Energie zur Schwingungserzeugung angeregt werden können. Gemäß einer vorteilhaften Ausführung kann vorgesehen sein, dass der Anregungsaktor als Langevin-Schwinger mit eingespannten Piezoelementen ausgebildet ist, das durch Anlegen einer Spannung seine Ausdehnung ändert. Durch eine entsprechend hochfrequente Spannungsbeaufschlagung kann sich das Piezoelement in der gewünschten Frequenz der Überlagerungsschwingungen ausdehnen und zusammenziehen, wobei der Anregungsaktor mit einem Bauteil in der Kraftübertragungskette zwischen Antriebseinheit bzw. Antriebsmotor und Werkzeug gekoppelt ist, so dass sich die Schwingungen des Anregungsaktors bis in das Werkzeug ausbreiten können. Wie bereits zuvor beschrieben, erfolgt die Anregung vorzugsweise über ein Lager der Werkzeugwelle, die das Werkzeug trägt. Gemäß einer weiteren Ausführung ist vorgesehen, dass der Anregungsaktor als magnetorestriktiver Anregungsaktor ausgebildet ist, was sich insbesondere zur Erzeugung von Ultraschallschwingungen eignet.

Zeichnung

[0036] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele 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 zeigen beispielhaft:

[0037]

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine in einer Ausgestaltung als Schneidgerät;
- Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine in einer Ausgestaltung als Bohrgerät;
- Fig. 3a, 3b eine Prinzipskizze einer Ansteuerung mit

- einer Wechselspannungsversorgung mit Netzstrom oder einer Gleichspannungsversorgung mit einem Batteriepack (Fig. 3a) und eine günstige Taktung zur Verminderung der Baugröße einer Filtereinheit (Fig. 3b);
- Fig. 4 einen Verlauf einer Ultraschallamplitude entlang einer Sonotrode;
- Fig. 5 eine Impedanzkennlinie zum Nachweis einer Resonanzfrequenz eines Anregungsaktors;
- Fig. 6 ein Ersatzschaltbild eines idealen Transformators;
- Fig. 7 eine als Winkelschleifer ausgebildete elektrische Elektrowerkzeugmaschine im Schnitt;
- Fig. 8 in Einzeldarstellung die auf einer Werkzeugwelle angeordnete Schleifscheibe des Winkelschleifers aus Fig. 7, wobei die Werkzeugwelle in Lagern aufgenommen ist und das werkzeugnahe Lager von einem Anregungsaktor quer zur Wellenachse mit hochfrequenten Schwingungen beaufschlagt ist;
- Fig. 9 die Schleifscheibe aus Fig. 8 mit Lager und Anregungsaktor in einer Draufsicht; und
- Fig. 10 ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem der Anregungsaktor die die Schleifscheibe tragende Werkzeugwelle in Achslängsrichtung mit hochfrequenten Schwingungen beaufschlagt.

Ausführungsformen der Erfindung

[0038] In den Figuren sind gleiche oder gleichartige Komponenten mit gleichen Bezugszeichen beziffert.

[0039] Zur Erläuterung der Erfindung zeigen die Figuren 1 und 2 verschiedene Beispiele von handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschinen 10. Fig. 1 zeigt ein Schneidgerät mit langgestreckter Gehäuseform; Fig. 2 zeigt ein Bohrgerät mit T-förmiger Gehäuseform.

[0040] Die handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine 10 umfasst ein Gehäuse 20 mit einem Griffbereich 40. Ein Bediener hält die Elektrowerkzeugmaschine 10 an dem Griffbereich 40 und kann die Elektrowerkzeugmaschine 10 führen. Der Griffbereich 40 kann gegebenenfalls mit einem nicht dargestellten Dämpfungselement gegenüber andern Gehäusebereichen entkoppelt sein. Die Elektrowerkzeugmaschine 10 umfasst ferner einen Werkzeugbereich 50 für ein linear und/oder oszillierend antreibbares Werkzeug 60, etwa ein Messer (Fig. 1) oder einen Bohrer (Fig. 2) oder ein anderes Werkzeug entsprechend einem anderen Gerätetyp.

[0041] Ein gehäusesseitiges Bedienteil 30 dient zur benutzerseitigen Aktivierung des Werkzeugs 60 und/oder der Elektrowerkzeugmaschine 10. Das Bedienteil 30 kann z.B. ein Schalter oder ein Regler sein oder auch

mehrere Bedienelemente umfassen, von denen z.B. eines zum Einschalten der Elektrowerkzeugmaschine 10 und eines zum Einschalten und/oder Regeln des Werkzeugs 60 vorgesehen sein kann.

[0042] Im Gehäuse 20 ist eine Antriebseinheit 80 angeordnet, die in den Beispielen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 nur eine Antriebskomponente umfasst, die durch einen Anregungsaktor 100 gebildet ist. Dieser kann als Piezoangeregter Langevin-Schwinger (auch Piezoaktor genannt) ausgebildet sein, der ein Volumen piezoelektrisch aktiven Materials 102 umfasst, z.B. piezokeramische Scheiben, die zusammengepresst sind und die bei Beaufschlagung mit elektrischer Spannung eine Längenänderung durchführen. Bei Beaufschlagung mit hochfrequenter elektrischer Spannung wird in an sich bekannter Weise Ultraschall generiert, der über einen Koppelement 106 zu einem Werkzeug 60 geleitet wird. Das Koppelement 106 kann eine an sich bekannte Sonotrode sein. Die Länge und die Form wie auch das Material des Koppelements 106 bestimmen eine Resonanzfrequenz des Anregungsaktors 100. Auch das Werkzeug 60 kann die Resonanzfrequenz beeinflussen. In den Ausführungsvarianten in Fig. 1 und Fig. 2 ist der Anregungsaktor 100 so ausgeführt, dass Langevin-Schwinger und Koppelement 106 in einer Einheit zusammengefasst sind, und deren gesamte Länge in etwa der halben Wellenlänge $\lambda/2$ der Ultraschallschwingung entspricht. Andere Ausführungsvarianten können vorsehen, dass der Anregungsaktor 100 zusammengesetzt ist aus mehreren Komponenten mit der Länge $\lambda/2$. Dies können sein: Schwingungserzeuger, bekannt als Konverter, im speziellen z.B. ein Langevin-Schwinger, Amplitudentransformationsstücke 104 bekannt als Booster, ggf. Verlängerungsstücke, sowie dem Koppelement 106 bekannt als Sonotrode.

[0043] Eine im Gehäuse 20 angeordnete Elektronikereinheit 200 dient zum Beaufschlagen der Antriebseinheit 80 mit wenigstens Steuer- und/oder Regelsignalen, sowie der Spannungsversorgung des Anregungsaktors 100. Eine Betriebsspannungseinheit 90, hier als Batterie- oder Akkupack mit Batterien oder wiederaufladbaren Akkus 92 ausgebildet, dient zur Bereitstellung einer elektrischen Gleichspannung für die Elektroneinheit 90, welche die Betriebsspannung in ein hochfrequentes Spannungssignal umsetzt, mit dem der Anregungsaktor 100 in gewünschter Weise zu Schwingungen angeregt wird.

[0044] Die Elektroneinheit 200 ist ausgebildet, um den wenigstens einen Anregungsaktor 100 in einer Resonanzfrequenz f_{res} zu betreiben. Dabei umfasst die Elektroneinheit 200 eine Regeleinheit 224 zur Nachführung der Resonanzfrequenz f_{res} des Anregungsaktors 100. Die Regeleinheit 224 kann eine Phasenregelkette umfassen, die den Anregungsaktor 100 in dessen Resonanzfrequenz anregen kann, wobei eine Phasenverschiebung zwischen dem eingespeisten Strom und der eingespeisten Spannung auf 0° eingestellt wird. Vorzugsweise wird die Resonanzfrequenz f_{res} nachgeregelt, wenn sich aufgrund von Erwärmung oder Lastwechsel

sel am Werkzeug die Resonanzfrequenz ändert. Alternativ kann auch eine Frequenznachführung erfolgen, indem auf ein Maximum des in den Anregungsaktor 100 eingespeisten Stroms geregelt wird.

[0045] Ist der Anregungsaktor 100 ein Piezoaktor, beträgt das Volumen des piezoelektrisch aktiven Materials 102, z.B. aufeinandergestapelte piezoelektrische Scheiben, günstigerweise mindestens $0,2 \text{ cm}^3$, vorzugsweise $0,5 \text{ cm}^3$, insbesondere mindestens 1 cm^3 . Der Anregungsaktor 100 kann eine Leistungsdichte von mindestens 5 Watt/cm^3 , vorzugsweise von mindestens 20 Watt/cm^3 , bezogen auf das Volumen des piezoelektrisch aktiven Materials 102 des Anregungsaktors 100 aufweisen. Die Leistungsdichte ermöglicht einen Einsatz in einer handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine 10 mit ausreichender Leistungsabgabe des Werkzeugs 60.

[0046] Die Aktivierung des Werkzeugs 60 durch den Aktivierungsaktor 30 kann mit einem Signalmittel 122 (Fig. 2) angezeigt werden.

[0047] In Fig. 1 ist die Elektronikeinheit 200 besonders platzsparend auf einer einzigen Platine 210 integriert. In Fig. 2 ist die Elektronikeinheit auf zwei Platinen 212, 214 aufgeteilt, wobei eine im Hauptteil und eine im quer vom Hauptteil abstehenden Griffteil des T-förmigen Gehäuses 20 angeordnet ist. Vorteilhaft sind Antriebseinheit 80, Elektronikeinheit 200 und Betriebsspannungseinheit 90 so im Gehäuse 20 verteilt, dass ein Masseschwerpunkt im Bereich des Griffteils 40 liegt.

[0048] Fig. 3a zeigt eine Prinzipskizze einer Ansteuerung des Anregungsaktors 100, beispielsweise in Form eines Piezoaktors 100, mit einer Wechselspannungsversorgung aus einem Versorgungsnetz oder einer Gleichspannungsversorgung mit einem Batteriepack.

[0049] Bei Netzversorgung der Elektronikeinheit 200, z.B. mit 220 Volt ac , ist eine Baugruppe 94 vorgesehen, welche die Wechselspannung gleichrichtet und glättet. Die Elektronikeinheit 200 umfasst eine Leistungserzeugungseinheit 222, in die die Gleichspannung eingespeist wird und die über eine entsprechende Filtereinheit 226 an den Anregungsaktor 100 gekoppelt ist. Eine Regelungseinheit 224 stellt die Regelsignale für den Anregungsaktor 100 bereit. Die Betriebsfrequenz des Anregungsaktors 100 liegt im Bereich zwischen 10 kHz und 1000 kHz , vorzugsweise zwischen 30 kHz und 50 kHz , insbesondere zwischen 35 kHz und 45 kHz , besonders bevorzugt um etwa 40 kHz .

[0050] Erfolgt die Versorgung durch die Betriebsspannungseinheit 90 mittels Batterien oder Akkus 92, kann der Platzbedarf verringert werden, da die Baugruppe 94 zur Gleichrichtung und Glättung entfallen kann. Die elektrische Ausgangsspannung der Betriebsspannungseinheit 90 liegt vorzugsweise unterhalb von 100 Volt , etwa bei 36 Volt oder $10,8 \text{ Volt}$.

[0051] Bevorzugt liegt die maximale elektrische Anregungsfeldstärke des wenigstens einen Anregungsaktors im Bereich unterhalb von 300 V/mm (bezogen auf die Dicke, insbesondere Scheibendicke, des piezoelektrisch aktiven Materials), vorzugsweise im Bereich zwischen

50 V/mm und 220 V/mm . Bei einer Scheibendicke des Anregungsaktors 100 von typischerweise 1 mm bis 10 mm , vorzugsweise 2 mm bis 6 mm , insbesondere um 5 mm liegen die elektrische Spannungen bei unter 1000 Volt

[0052] In einer Ausführungsvariante kann die Leistungserzeugungseinheit 222 mittels 4 MOSFET Halbleitern in einer an sich bekannten Vollbrückentopologie ausgeführt sein. In einer weiteren Variante kann die Erzeugung des Betriebssignals auch durch eine Halbbrücke (ebenfalls bekannt) mit z.B. einem Mittelpunktskondensator zur Filterung des DC Anteils erfolgen.

[0053] Fig. 3b illustriert eine Möglichkeit, die Baugröße der Filtereinheit 226 möglichst klein zu gestalten. Dazu kann die Leistungseinheit 222 von der Regeleinheit 224 auch so angesteuert werden, dass diese mittels z.B. einer Sinus-Dreieck-Modulation anstatt einfachen Rechtecksignalen eine sinusähnlichere Rechteckspannung erzeugt. Je nach Höhe der Taktung, also der Anzahl der Einzelpulse, die Zusammen einen Sinus abbilden, kann der Gehalt an unerwünschten harmonischen Oberfrequenzen deutlich reduziert werden was zu einer kleineren Auslegung der Filtereinheit 226 führt. Hierzu ist die Anzahl der Rechteckimpulse pro Periodendauer des Sinussignals größer als 6, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 6 und 100 insbesondere in einem Bereich zwischen 10 und 26. In einer Ausführungsvariante kann die Anzahl und Breite der Rechteckimpulse von der Regelungseinheit 224 z.B. bei Laständerungen auch während des Betriebes verändert werden.

[0054] Fig. 4. zeigt einen Verlauf einer Ultraschallamplitude entlang eines als Piezoaktors ausgebildeten Anregungsaktors 100. Das Koppellement 106 ist als Sonotrode ausgebildet. Der an das piezoelektrische Material 102 angrenzende Bereich des Anregungsaktors 100 wird zusammen mit den Piezoscheiben 102 als Konverter bezeichnet. Das piezoelektrische Material 102 wird durch die eingespeiste hochfrequente Wechselspannung zu Schwingungen angeregt, die über den Konverter in das Koppellement 102 übertragen werden. Bei einem wie in Fig. 4 gezeigten dreistufigen Aufbau des Anregungsaktors 100 besteht dieser zusätzlich aus einem Booster 104 zur Amplitudenanpassung. Entlang der Längserstreckung M des Anregungsaktors 100 nimmt im Mittel die Amplitude Amp der angeregten Schwingung zu. Veränderungen der Resonanzfrequenz f_{res} des Schwingungssystems des Anregungsaktors 100 (gegebenenfalls mit angekoppeltem Werkzeug) im Betrieb werden vorzugsweise ausgeglichen, z.B. mit einer bereits oben erwähnten Phasenregelkette, mit der die Phasenverschiebung zwischen der zur Anregung des Anregungsaktors 100 in diesen eingespeisten elektrischen Spannung und dem eingespeisten elektrischen Strom auf null geregelt wird (Phasen- Null- Regelung), oder mit einer Maximumregelung des in den Anregungsaktor 100 eingespeisten elektrischen Strom.

[0055] Fig. 5 zeigt eine Impedanzkennlinie eines piezoaktorisch ausgeführten Anregungsaktors mit den Re-

sonanzfrequenzen f_{res} und f_{res2} . Kennlinie A zeigt einen Verlauf der Impedanz Imp als Funktion der Frequenz f , die bei der Resonanzfrequenz f_{res} ein Impedanzminimum und bei f_{res2} ein Impedanzmaximum durchläuft. Die Frequenz f_{res} wird als Serienresonanz, f_{res2} als Parallelresonanz bezeichnet.

[0056] Kurve B zeigt den Verlauf der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, die bei der Resonanzfrequenz einen Nulldurchgang hat und von -90° unterhalb der Resonanzfrequenz f_{res} auf $+90^\circ$ oberhalb der Resonanzfrequenz f_{res} ändert. Bei Durchschreiten der Parallelresonanz f_{res2} ändert sich die Phasenverschiebung von $+90^\circ$ unterhalb der Resonanzfrequenz auf -90° oberhalb der Resonanzfrequenz.

[0057] Zur Signalfilterung und zur induktiven Kompensation des wenigstens einen Anregungsaktors 100 kann wenigstens eine Induktivität in einem Leistungskreis der Elektronikeinheit, der den wenigstens einen Anregungsaktor 100 mit elektrischer Leistung beaufschlagt, vorgesehen sein. Es kann ein platzsparender Aufbau der Leistungsinduktivitäten zusammen mit dem Übertragungstransformator in einem einzigen Spulenkern realisiert werden. Die bei Anregungsaktoren 100 günstige Signalfilterung und induktive Kompensation des Piezoaktors kann direkt über eine gezielt eingestellte Streuinduktivität eines sowieso benötigten Übertragungstransformators bereitgestellt bzw. durch eine auf demselben Spulenkern gewickelte Induktivität gegeben werden. Ein zusätzlicher Spulenkern mit einer weiteren Induktivität im Leistungskreis kann dadurch entfallen.

[0058] Fig. 6 zeigt hierzu zur Erläuterung ein Ersatzschaltbild mit einem idealen Transformator. Die Induktivität M dient der eigentlichen Übertragung von Primärseite zu Sekundärseite. Die Streuinduktivitäten entstehen, da die Wicklungen nie ideal gekoppelt werden können. L_1 und L_2 bilden den Teil des Magnetfelds ab, der nicht von der Sekundärspule "eingefangen" werden kann. L_1 und L_2 sind elektrisch wie eine Luftspule anzusehen.

[0059] Die in Fig. 7 dargestellte als Winkelschleifer dargestellte Elektrowerkzeugmaschine 10 umfasst ein Gehäuse 20, welches aus einem Motorgehäuse 22 und einem Griffgehäuse 24 besteht, wobei zwischen Motorgehäuse 22 und Griffgehäuse 24 ein Dämpfungselement 26 angeordnet ist. Die Elektrowerkzeugmaschine 10 wird am Griffgehäuse 24 gehalten, welches den Griffbereich 40 bildet. Im Motorgehäuse 22 ist eine Antriebseinheit 80 mit einer als elektrischem Antriebsmotor 82 ausgebildeten Antriebskomponente aufgenommen, die über eine Getriebeeinheit 62 mit einer Werkzeugwelle 64 gekoppelt ist und diese antreibt. Die Werkzeugwelle 64 ist Träger eines als Schleifscheibe ausgebildeten Werkzeugs 60, die austauschbar an der Werkzeugwelle 64 befestigt ist.

[0060] In Fig. 8 ist die Werkzeugwelle 64 und das daran befestigte, als Schleifscheibe ausgebildete Werkzeug 60 in Einzeldarstellung gezeigt. Die Werkzeugwelle 64, die die Längsachse L aufweist, ist in Lagern 70 und 72 dreh-

bar gelagert, die zueinander beabstandet im Gehäuse 20 angeordnet sind. Auf der der Schleifscheibe gegenüberliegenden Stirnseite befindet sich an der Werkzeugwelle 64 ein Kegelrad 74, über das die Werkzeugwelle 64 von dem elektrischen Antriebsmotor 82 angetrieben wird.

[0061] Um die Größe der Späne zu verringern, die bei der Bearbeitung eines Werkstücks mit dem als Schleifscheibe ausgebildeten Werkzeug 60 anfallen, wird das als Schleifscheibe ausgebildete Werkzeug 60 zusätzlich zu ihrer rotatorischen Arbeitsbewegung in hochfrequente Schwingungen versetzt. Es handelt sich hierbei um Überlagerungsschwingungen, die der Arbeitsbewegung des als Schleifscheibe ausgebildeten Werkzeugs 60 überlagert werden. Diese Überlagerungsschwingungen werden mithilfe des Anregungsaktors 100 erzeugt, der als weitere Antriebskomponente der Antriebseinheit 80 ebenfalls im Gehäuse 10 der handgehaltenen Elektrowerkzeugmaschine 10 angeordnet ist und direkt oder indirekt das als Schleifscheibe ausgebildete Werkzeug 60 zu den Überlagerungsschwingungen anregt. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 beaufschlagt der Anregungsaktor 100 das werkzeugseitige Lager 70 der Werkzeugwelle 64 und erzeugt Überlagerungsschwingungen, die orthogonal zur Längsachse L der Werkzeugwelle 64 gerichtet sind. Diese orthogonal zur Längsachse L gerichteten Überlagerungsschwingungen übertragen sich über die Werkzeugwelle 64 auch auf das als Schleifscheibe ausgebildete Werkzeug 60, das ebenfalls orthogonal zur Längsachse L und damit in ihrer Bewegungsebene Überlagerungsschwingungen ausübt.

[0062] Grundsätzlich ist es auch möglich, den Anregungsaktor 100 an einer anderen Stelle zu positionieren, beispielsweise am werkzeugfernen Lager 72 oder unmittelbar an einer Position an der Werkzeugwelle 64 oder an dem als Schleifscheibe ausgebildeten Werkzeug 60, um dieses direkt mit Überlagerungsschwingungen zu beaufschlagen.

[0063] Als Anregungsaktor 100 können verschiedene aktive Stellglieder eingesetzt werden. Bevorzugt werden Stellglieder verwendet, die hochfrequente Schwingungen im Ultraschallbereich erzeugen, insbesondere in einem Frequenzbereich von mindestens 20 kHz, wobei ggf. auch Frequenzen in höheren Größenordnungen in Betracht kommen, insbesondere bis in den Megahertzbereich hinein, oder auch kleinere Frequenzen.

[0064] Als Anregungsaktor 100 wird beispielhaft ein Piezoelement verwendet, dessen Länge sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung ändert. Da Piezoelemente sehr schnell auf Spannungsänderungen reagieren, kann durch das Anlegen einer hochfrequenten Spannung eine entsprechend schnelle Längenänderung in dem Anregungsaktor erzeugt werden, die sich auf das hier beispielhaft als Schleifscheibe ausgebildete Werkzeug 60 auswirkt.

[0065] Der Anregungsaktor 100 kann auch als magnetoresistiver Aktor ausgebildet sein, bei dem durch Anlegen eines äußeren Magnetfeldes der elektrische Wider-

stand geändert werden kann.

[0066] Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 und 9 werden die Überlagerungsschwingungen in Pfeilrichtung 110 orthogonal zur Längsachse L der Werkzeugwelle 64 bzw. des als Schleifscheibe ausgebildeten Werkzeugs 60 erzeugt. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 10 erfolgt dagegen die Anregung mit den Überlagerungsschwingungen gemäß Pfeilrichtung 110 in Richtung der Längsachse L von Werkzeugwelle 64 und Werkzeug 60 und damit senkrecht zur Bewegungsebene des als Schleifscheibe ausgebildeten Werkzeugs 60. Der Anregungsaktor 100, über den die Überlagerungsschwingungen generiert werden, beaufschlagt entweder unmittelbar die Werkzeugwelle 64 oder eines bzw. beide Lager 70 bzw. 72 oder unmittelbar das Werkzeug 60 mit den Überlagerungsschwingungen in Achsrichtung.

Patentansprüche

1. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine (10) umfassend

- ein Gehäuse (20) mit einem Griffbereich (40),
 - einen Werkzeugbereich (50) für ein linear und/oder oszillierend antreibbares Werkzeug (60),
 - ein gehäusesseitiges Bedienteil (30) zur benutzerseitigen Aktivierung des Werkzeugs (60) und/oder der Elektrowerkzeugmaschine (10),
 - eine im Gehäuse (20) angeordnete Antriebseinheit (80) zur Erzeugung einer Arbeitsbewegung des Werkzeugs (60),
 - eine im Gehäuse (20) angeordnete Elektronikeinheit (200) zum Beaufschlagen der Antriebseinheit (80) mit wenigstens Steuer- und/oder Regelsignalen,
 - eine Betriebsspannungseinheit (90) zur Bereitstellung einer elektrischen Gleichspannung, wobei die Antriebseinheit (80) wenigstens einen Anregungsaktor (100) mit einem Volumen anregungsaktiven Materials umfasst, welcher
 - im Betrieb von der Betriebsspannungseinheit (90) elektrisch versorgt ist,
 - von der Elektronikeinheit (200) gesteuert oder geregelt ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektronikeinheit (200) ausgebildet ist, um den wenigstens einen Anregungsaktor (100) in einer Resonanzfrequenz (f_{res}) zu betreiben, wobei die Elektronikeinheit (200) eine Regeleinheit (224) mit Frequenzanpassung zur Nachführung der Resonanzfrequenz (f_{res}) des wenigstens einen Anregungsaktors (100) umfasst.

2. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das anregungsaktive Material piezoelektrisch ist.

3. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen des piezoelektrischen Materials mindestens $0,2 \text{ cm}^3$, vorzugsweise $0,5 \text{ cm}^3$, insbesondere mindestens 1 cm^3 , beträgt.

4. Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Anregungsaktor (100) eine Leistungsdichte von mindestens 5 Watt/cm^3 , vorzugsweise von mindestens 20 Watt/cm^3 , bezogen auf das Volumen des piezoelektrisch aktiven Materials (102) des wenigstens einen Anregungsaktors (100) aufweist.

5. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Anregungsaktor an der Werkzeugschulter eine Schwingungsamplitude von mindestens $3 \text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise mindestens $8 \text{ }\mu\text{m}$, insbesondere mindestens $12 \text{ }\mu\text{m}$ aufweist.

6. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eingangsseitig der Elektronikeinheit (200) eine elektrische Leistung zur Beaufschlagung des wenigstens einen Anregungsaktors (100) mindestens 20 Watt beträgt.

7. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Scheibendicke des Anregungsaktors typischerweise 1 mm bis 10 mm , vorzugsweise 2 mm bis 6 mm , insbesondere um 5 mm beträgt.

8. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Eingangsfeldstärke des wenigstens einen Anregungsaktors (100) im Bereich von 300 V/mm liegen bezogen auf eine Dicke, insbesondere eine Scheibendicke, des piezoelektrisch aktiven Materials, vorzugsweise im Bereich zwischen 50 V/mm und 220 V/mm .

9. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Eingangsspannung des wenigstens einen Anregungsaktors (100) im Bereich unterhalb von 1000 Volt liegt, vorzugsweise im Bereich zwischen 300 Volt und 700 Volt .

10. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrische Ausgangsspannung der Betriebsspannungseinheit (90) unterhalb von 100 Volt liegt.

11. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrische Ausgangsspannung der Betriebsspannungseinheit (90) oberhalb von 100 Volt liegt.
12. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsfrequenz des wenigstens einen Anregungsaktors (100) im Bereich zwischen 10 kHz und 1000 kHz, vorzugsweise zwischen 30 kHz und 50 kHz, insbesondere zwischen 35 kHz und 45 kHz, liegt.
13. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsspannungseinheit (90) einen elektrochemischen Speicher (92) umfasst, vorzugsweise einen wiederaufladbaren elektrochemischen Speicher (92).
14. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsspannungseinheit (90) einen Gleichrichter (94) umfasst.
15. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektronikeinheit (200) auf einer Platine (210) konzentriert ist.
16. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Signalfilterung und/oder zur induktiven Kompensation des wenigstens einen Anregungsaktors (100) wenigstens eine Induktivität in einem Leistungskreis der Elektronikeinheit (200), der den wenigstens einen Anregungsaktor (100) mit elektrischer Leistung beaufschlagt, vorgesehen ist.
17. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens Antriebseinheit (80), Elektronikeinheit (200) und Betriebsspannungseinheit (90) so im Gehäuse (20) verteilt sind, dass ein Masseschwerpunkt im Bereich des Griffteils (40) liegt.
18. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebseinheit (80) neben dem wenigstens einen Anregungsaktor (100) mindestens eine weitere Antriebskomponente umfasst.
19. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Anregungsaktor (100) einen Hauptenergieverbraucher der Elektrowerkzeugmaschine (10) bildet, für den vorzugsweise mindestens 50% elektrische Eingangsleistung vorgesehen sind.
20. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine oder mehrere optische und/oder akustische und/oder haptische Betriebsabzeigen (120, 122) für einen aktivierten Zustand des wenigstens einen Anregungsaktors (100) vorgesehen sind.
21. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anregungsaktor (100) zur Erzeugung von Überlagerungsschwingungen im Werkzeug (60) vorgesehen ist, die einer Arbeitsbewegung des Werkzeugs (60) überlagert sind.
22. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeug (60) drehbar gelagert ist und die Arbeitsbewegung des Werkzeugs (60) eine Rotationsbewegung ist.
23. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeug (60) eine Schleifscheibe ist.
24. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überlagerungsschwingungen das Werkzeug (60) in wenigstens einer der folgenden Richtungen anregen
- orthogonal zur Bewegungsebene des Werkzeugs (60), in der die Arbeitsbewegung des Werkzeugs (60) stattfindet;
 - in Richtung der Längsachse (L) einer das Werkzeug (60) tragenden Werkzeugwelle (64);
 - in der Bewegungsebene, in der die Arbeitsbewegung des Werkzeugs (60) stattfindet; und/oder
 - senkrecht zur Werkzeugwelle (64).
25. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anregungsaktor (100) auf ein Lager (70, 72) des Werkzeugs (60) wirkt.
26. Handgehaltene Elektrowerkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das anregungsaktive Material (104) des Anregungsaktors (100) magnetorestriktiv ist.

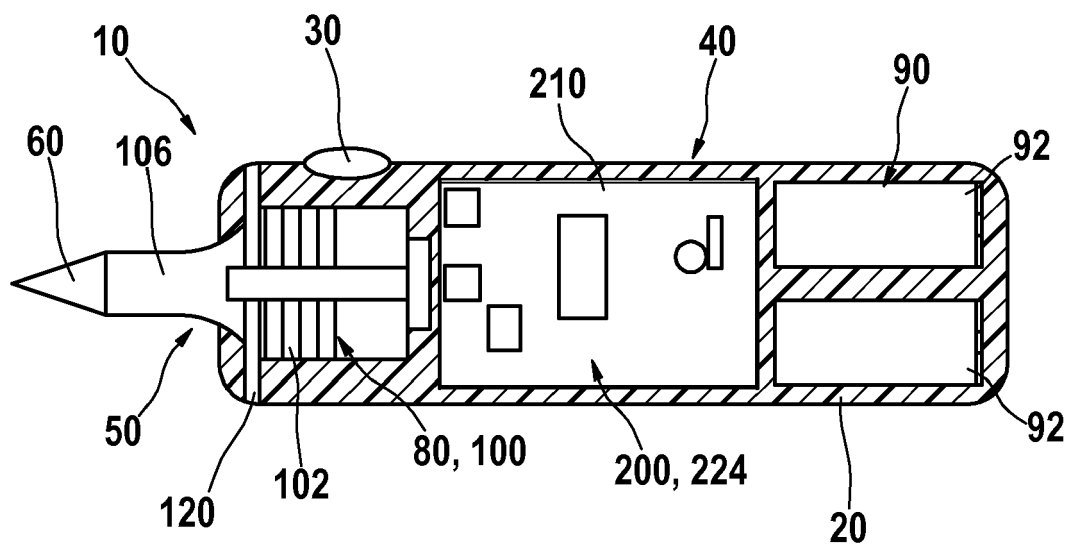


Fig. 1

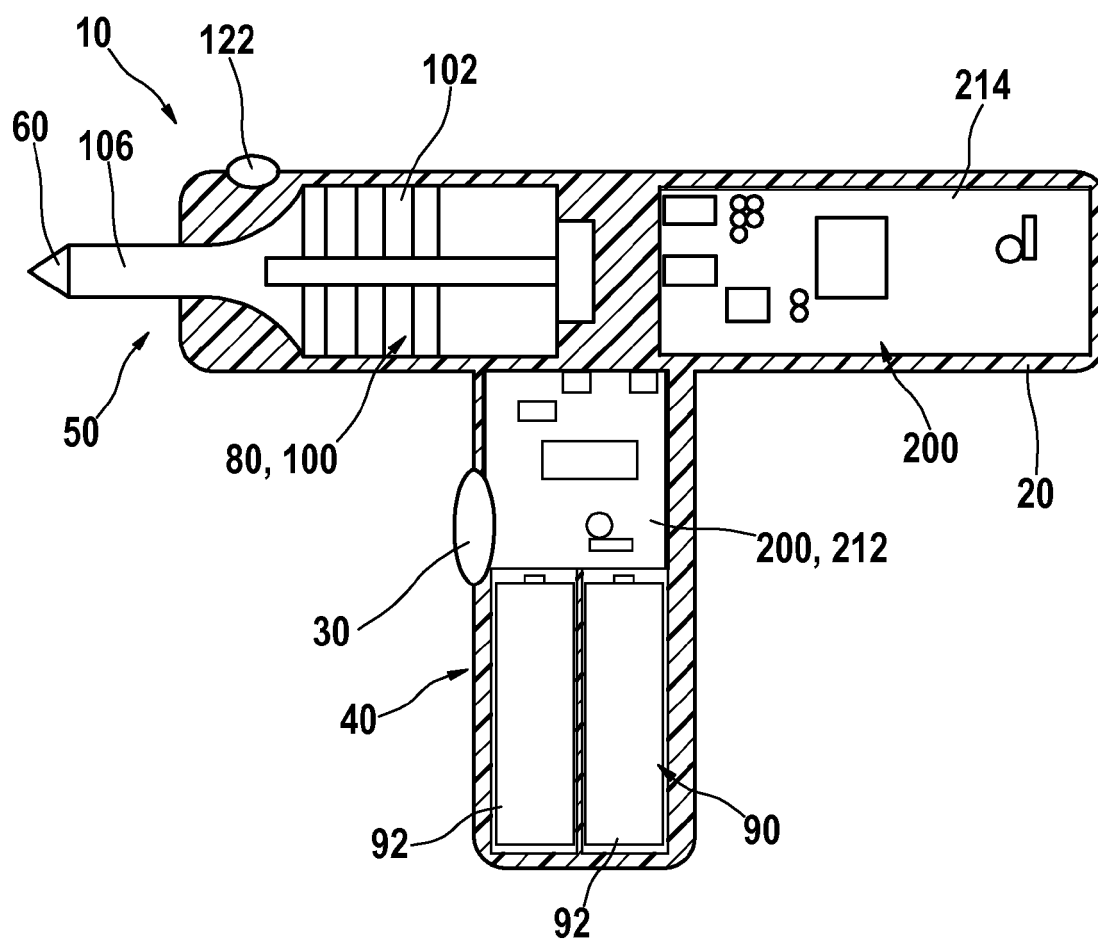


Fig. 2

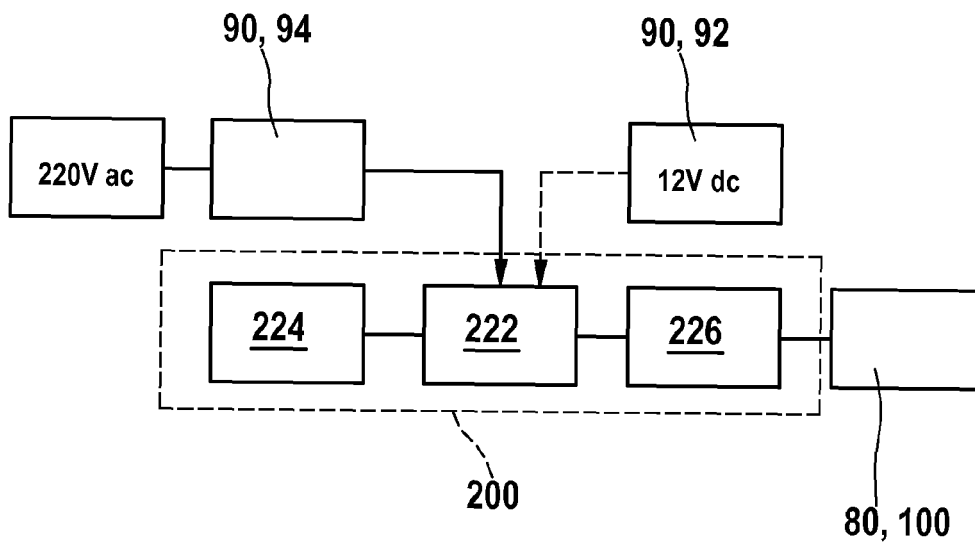


Fig. 3a

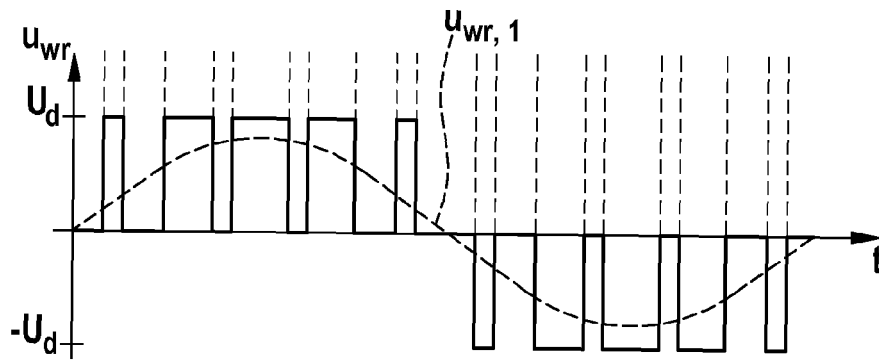


Fig. 3b

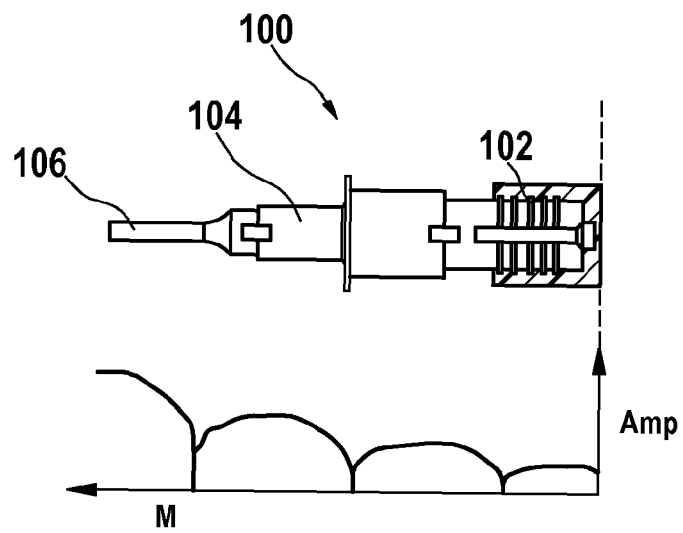


Fig. 4

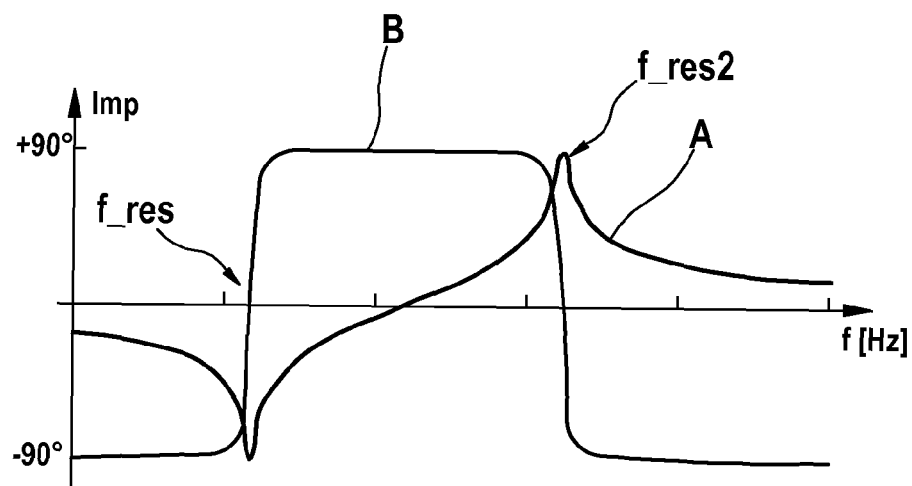


Fig. 5

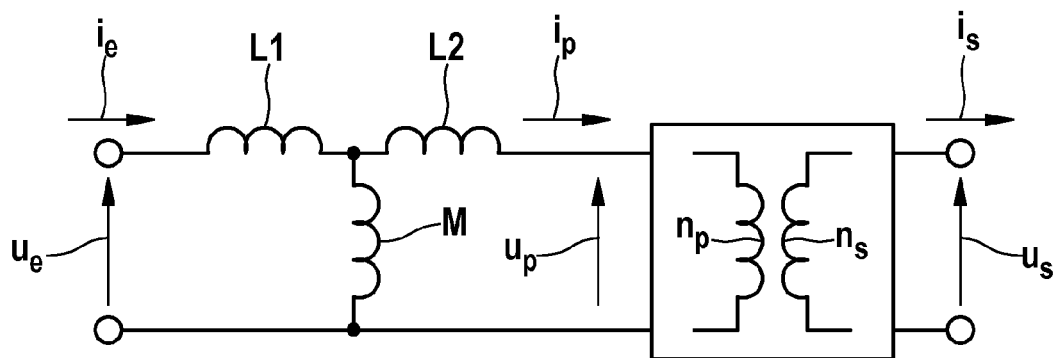


Fig. 6

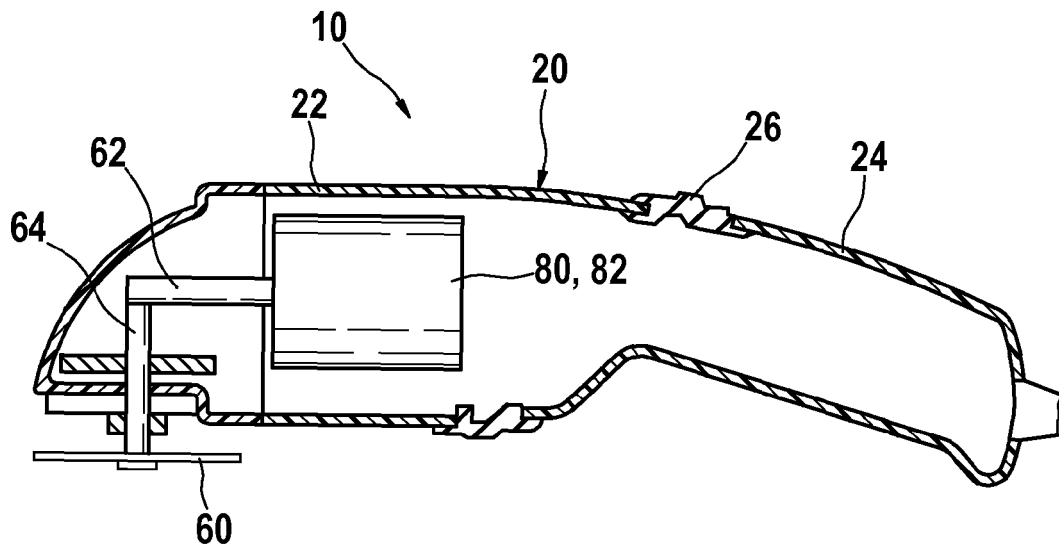


Fig. 7

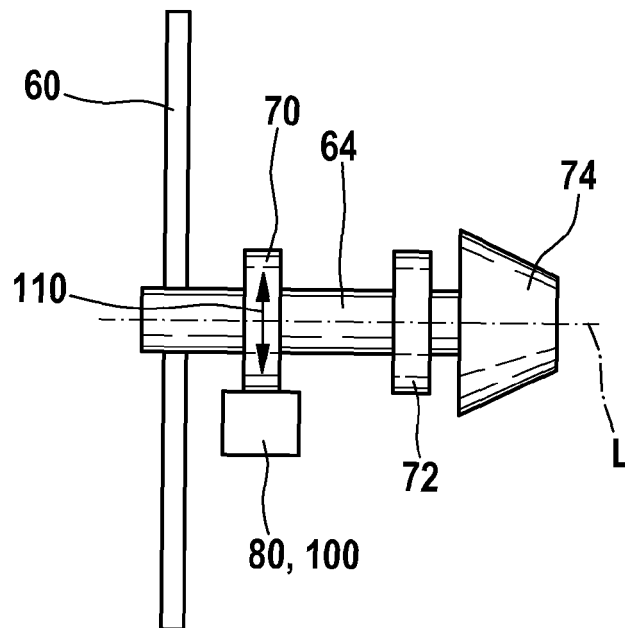


Fig. 8

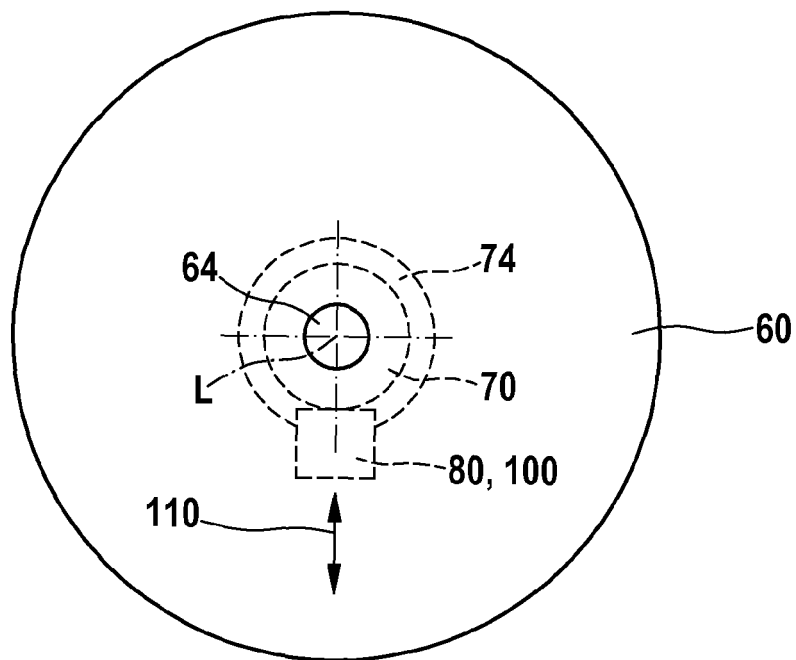


Fig. 9

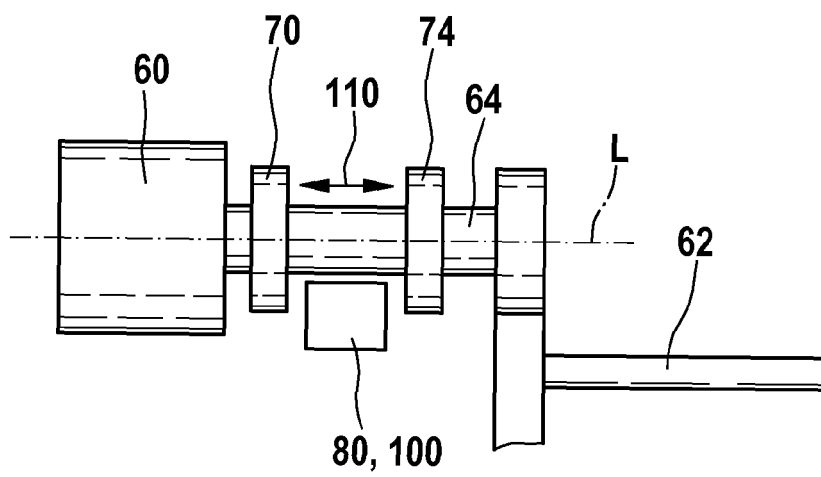


Fig. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 17 3324

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 341 942 A2 (S R A DEV LTD [GB]) 15. November 1989 (1989-11-15)	1,2,4, 8-12,14, 16,17	INV. B24B1/04
Y	* Spalte 2, Zeilen 2-5 * * Spalte 2, Zeilen 46-48 * * Spalte 3, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 13 * * Spalte 4, Zeilen 5-6 * * Spalte 9, Zeilen 49-53; Abbildung 1 *	3,5-7, 13,15, 20,26	
Y	WO 2004/020134 A1 (ATLAS COPCO ELECTRIC TOOLS [DE]; HESS ACHIM [DE]) 11. März 2004 (2004-03-11)	3,5,7, 18,19, 21-25	
A	* Seite 4, Zeile 26 - Seite 5, Zeile 28 * * Seite 5, Zeilen 18-19 * * Seite 5, Zeilen 22-28; Abbildungen 1,2 *	1,2	
Y	DE 10 2007 021338 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13. November 2008 (2008-11-13)	18,19, 21-25	
A	* Absätze [0004], [0006], [0008], [0012], [0041] *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	DE 44 44 853 A1 (HILTI AG [LI]) 20. Juni 1996 (1996-06-20)	6,23	B24B
A	* Spalte 2, Zeilen 58-61 * * Spalte 4, Zeilen 32-35; Abbildungen 1,5,9 *	18,19, 21,22, 24,25	
Y,D	EP 1 598 171 A2 (SAN AI IND INC [JP]) 23. November 2005 (2005-11-23)	13,15,20	
	* Absätze [0012], [0025], [0026] *		
Y	DE 90 03 031 U1 (EBI) 27. September 1990 (1990-09-27)	25	
A	* Abbildungen 6,7 *	23	
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 9. August 2013	Prüfer Matzdorf, Udo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03-82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 17 3324

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 6 617 760 B1 (PETERSON THOMAS [US] ET AL) 9. September 2003 (2003-09-09) * Spalte 3, Zeilen 29-44 * * Spalte 5, Zeilen 45-49 * -----	3,26	
A	EP 0 340 661 A2 (MAFELL ULTRASONICS GMBH KERAMI [DE]) 8. November 1989 (1989-11-08) * Spalte 9, Zeilen 49-59; Abbildung 1 * -----	25	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 9. August 2013	Prüfer Matzdorf, Udo
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	

1
EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 13 17 3324

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.

09-08-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0341942 A2	15-11-1989	AT 137155 T	15-05-1996
		AU 630107 B2	22-10-1992
		AU 4087189 A	07-03-1991
		CA 1335902 C	13-06-1995
		DE 68926315 D1	30-05-1996
		DE 68926315 T2	31-10-1996
		EP 0341942 A2	15-11-1989
		ES 2088894 T3	01-10-1996
		GB 2218374 A	15-11-1989
		US 5195410 A	23-03-1993
		ZA 8903417 A	31-01-1990
WO 2004020134 A1	11-03-2004	AU 2002368194 A1	19-03-2004
		EP 1531958 A1	25-05-2005
		US 2005127788 A1	16-06-2005
		WO 2004020134 A1	11-03-2004
DE 102007021338 A1	13-11-2008	DE 102007021338 A1	13-11-2008
		WO 2008135350 A2	13-11-2008
DE 4444853 A1	20-06-1996	AT 179645 T	15-05-1999
		DE 4444853 A1	20-06-1996
		EP 0720890 A1	10-07-1996
		ES 2132581 T3	16-08-1999
		JP 3688368 B2	24-08-2005
		JP H08243952 A	24-09-1996
		US 5733074 A	31-03-1998
EP 1598171 A2	23-11-2005	AT 411890 T	15-11-2008
		CN 1701943 A	30-11-2005
		EP 1598171 A2	23-11-2005
		JP 3854285 B2	06-12-2006
		JP 2005329613 A	02-12-2005
		US 2005257895 A1	24-11-2005
DE 9003031 U1	27-09-1990	KEINE	
US 6617760 B1	09-09-2003	AU 3448200 A	28-09-2000
		CA 2299997 A1	05-09-2000
		EP 1161307 A1	12-12-2001
		US 6617760 B1	09-09-2003
		WO 0053341 A1	14-09-2000
EP 0340661 A2	08-11-1989	DE 8805832 U1	07-07-1988
		EP 0340661 A2	08-11-1989

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 1598171 B1 [0003]