

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 720 865 A2

(51) Int. Cl.: B24B 53/07 (2006.01)
B23F 5/04 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 000639/2024

(22) Anmeldedatum: 12.06.2024

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.12.2024

(30) Priorität: 16.06.2023
DE 102023115778.7

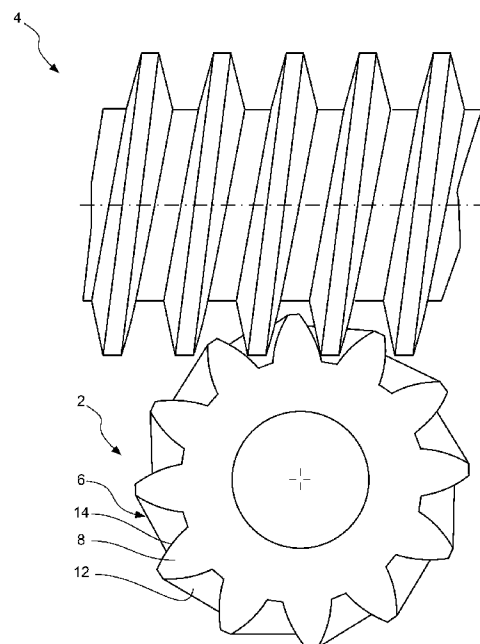
(71) Anmelder:
KLINGELNBERG AG, Binzmühlestrasse 171
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
Thomas Serafin, 76135 Karlsruhe (DE)
Sebastian Stramm, 50825 Köln (DE)
Alexander Landvogt, 76287 Rheinstetten (DE)
Florian Scheffler, 53179 Leverkusen (DE)

(74) Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Patent- und
Markenanwälte, Schwäntenmos 14
8126 Zumikon (CH)

(54) Wälzprüfgesteuertes Abrichten

(57) Verfahren, mit den Verfahrensschritten: Schleifen mindestens eines verzahnten Bauteils (2) mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs (4); Durchführen einer Wälzprüfung des mindestens einen verzahnten Bauteils (2); Abrichten des Schleifwerkzeugs (4), wobei vor dem Abrichten ein Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs (4) festgestellt wird; wobei der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs (4) anhand von Ergebnissen der Wälzprüfung des mindestens einen Bauteils (2) bestimmt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren, mit den Verfahrensschritten: Schleifen einer Mehrzahl von verzahnten Bauteilen mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs; Durchführen einer Wälzprüfung von zwei oder mehr der verzahnten Bauteile; Abrichten des Schleifwerkzeugs, wobei vor dem Abrichten ein Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs festgestellt wird.

[0002] Die Wälzprüfung verzahnter Bauteile dient der Qualitätssicherung. Mittels der Wälzprüfung können insbesondere Drehfehler und Geräuschverhalten der Verzahnung überprüft werden. In der Serienfertigung von verzahnten Bauteilen werden Prüfstände zur Drehfehler- und Geräuschdiagnose eingesetzt, wobei, je nach Hersteller- oder Kundenvorgaben, bis zu 100 % der gefertigten Bauteile geprüft werden. Im Rahmen der weit verbreiteten Prozesskette Vorverzahnung - Härten - Schleifen stellt die Drehfehler- und Geräuschprüfung daher eine Qualitätskontrolle nach dem Hartfeinbearbeiten durch Schleifen dar.

[0003] Weiter ist es bekannt, eine Verzahnung innerhalb eines Getriebes zu testen, wobei ein derartiger Test als „End-of-Line-Prüfung“ (EOL-Prüfung) bezeichnet wird. Hierbei wird die zu prüfende Verzahnung in ein Getriebegehäuse eingebaut, das dem tatsächlich ausgelieferten Getriebe zugeordnet oder mit diesem vergleichbar ist. Diese EOL-Prüfung testet die Verzahnung unter möglichst realen Einsatzbedingungen, wobei die EOL-Prüfung z.B. auf einem Getriebeprüfstand stattfinden kann. Der Getriebeprüfstand simuliert dabei z.B. die Einsatzbedingungen bzw. die zu erwartenden Betriebslasten.

[0004] Die Prüfung einer Verzahnung auf einem Wälzprüfstand unterscheidet sich daher insbesondere dadurch von der EOL-Prüfung, dass die Verzahnung für sich genommen geprüft wird, ohne dass diese in ein Getriebegehäuse eingebaut ist, das den realen, fertig montierten Zustand widerspiegelt.

[0005] Das Schleifen einer jeweiligen Verzahnung erfolgt in vielen Fällen mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs, wie einer abrichtbaren Schleifscheibe oder einer abrichtbaren Schleifschnecke. Diese abrichtbaren Schleifwerkzeuge bestehen im Wesentlichen aus Schneidpartikeln bzw. Schleifkorn, wie Korund oder dergleichen, die z.B. in eine keramische Bindung oder Kunstharzbindung eingebettet sind. Die Bindung wird auch Matrix genannt. Das abrichtbare Volumen eines solchen Schleifwerkzeugs besteht daher aus dem Matrixwerkstoff, dem darin gebundenen Schleifkorn und Poren der Matrix.

[0006] Mit zunehmender Verwendung verliert das abrichtbare Schleifwerkzeug durch Verschleiß seine ursprüngliche Form. Weiter stumpfen die außenliegenden Schleifkörner durch den Schleifkontakt ab und die Poren und Kornzwischenräume können sich mit Verunreinigungen zusetzen. Das Abrichten des Schleifwerkzeugs dient dazu, das betreffende Schleifwerkzeug zu schärfen und die vorgesehene Profilform des Schleifwerkzeugs wieder herzustellen. Die Schleifscheibe wird daher zurück in die geforderte geometrische Form gebracht. Zudem werden die stumpf gewordenen Kornschichten abgetragen, scharfe bzw. schnittige Kornschichten freigelegt und infolgedessen auch Verunreinigungen entfernt.

[0007] Eine besondere Herausforderung beim Abrichten besteht darin, den bestmöglichen Zeitpunkt zum Abrichten des Schleifwerkzeugs zu wählen. Ein zu frühes Abrichten bedeutet eine Verschwendung von noch brauchbarem Volumen des Schleifwerkzeugs. Das Schleifkorn des Schleifwerkzeugs wird somit nicht optimal genutzt und es werden weniger Bauteile mit dem betreffenden Schleifwerkzeug hergestellt als es das Schleifwerkzeug ermöglichen würde.

[0008] Ein zu spätes Abrichten kann zu einer Überlastung und Beschädigung des Schleifwerkzeugs führen, so dass das Schleifwerkzeug insgesamt unbrauchbar werden kann. Zudem kann ein zu spätes Abrichten die Produktion von Schlechteilen zur Folge haben, da Schleifbrand z.B. auf den bearbeiteten Oberflächen entsteht oder das Schleifwerkzeug während der Schleifbearbeitung nicht mehr die geforderte Abtragsleistung aufweist. Auch kann eine verschleißbedingt fehlerhafte Geometrie des Schleifwerkzeugs zur Herstellung einer fehlerhaften Geometrie an den geschliffenen Bauteilen führen. Weiter kann die gewünschte Oberflächenrauheit der geschliffenen Zahnflanken ggf. nicht erreicht werden.

[0009] Im Zweifel ist daher ein zu frühes Abrichten bevorzugt im Vergleich zu einem zu späten Abrichten zu sehen, da Beschädigungen des Schleifwerkzeugs und die Herstellung von Schlechteilen in jedem Fall vermieden werden sollten. In der betrieblichen Praxis werden die Abrichtintervalle daher üblicherweise zur sicheren Seite hin abgeschätzt, d.h. eher zu kurz als zu lang gewählt.

[0010] Eine Methode zur Bestimmung des Abrichtbedarfs ist die Überwachung des Zustands des Schleifwerkzeugs mittels taktiler oder optischer Messverfahren. Das Abrichten wird in Abhängigkeit von den Messergebnissen der taktilen oder optischen Messung durchgeführt. Der Abrichtbedarf wird daher auf Grundlage eines am Schleifwerkzeug selbst gemessenen Werkzeugverschleißes ermittelt. Die Abrichtzyklen werden somit vom Schleifwerkzeug ausgehend betrachtet festgelegt.

[0011] Ein weiterer Ansatz besteht darin, das Abrichten nach einer vorgegebenen Anzahl bearbeiteter Bauteile auszulösen. Hierbei wird häufig auf Erfahrungswerte zurückgegriffen. D.h. die Abrichtzyklen werden in Abhängigkeit von einem insgesamt von dem Schleifwerkzeug an den Werkstücken zerspanten Volumen festgelegt, wobei dem zerspanten Volumen aufgrund von Erfahrungswerten ein Abrichtbedarf zugeordnet wird. Die Abrichtzyklen werden daher vom zerspanten Volumen ausgehend betrachtet festgelegt.

[0012] In beiden vorgenannten Fällen besteht jedoch die Gefahr, dass Schleifkorn verschwendet wird, da das betreffende Schleifwerkzeug möglicherweise noch in der Lage ist, weiterhin Gutteile zu fertigen. Das zur Verfügung stehende Volumen des Schleifwerkzeugs bzw. das Schleifkorn des Schleifwerkzeugs wird ggf. nicht optimal ausgenutzt.

[0013] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die technische Problemstellung zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das eine möglichst effiziente Nutzung eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs ermöglicht.

[0014] Die voranstehend beschriebene, technische Problemstellung wird mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der nachstehenden Beschreibung.

[0015] Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mit den Verfahrensschritten: Schleifen mindestens eines verzahnten Bauteils mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs; Durchführen einer Wälzprüfung des mindestens einen verzahnten Bauteils; Abrichten des Schleifwerkzeugs, wobei vor dem Abrichten ein Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs festgestellt wird. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs anhand mindestens eines Ergebnisses der Wälzprüfung bestimmt wird.

[0016] Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, den Abrichtbedarf nicht vom Schleifwerkzeug oder vom zerspannten Volumen ausgehend zu betrachten, sondern vom geschliffenen Bauteil bzw. der Bauteilqualität auszugehen. Denn solange das betreffende Schleifwerkzeug Gutteile innerhalb der vorgegebenen Qualitätskriterien produziert, sollte kein Abrichten erforderlich sein. Hierzu können Daten bzw. Ergebnisse verwendet werden, die im Rahmen der Wälzprüfung mindestens eines verzahnten Bauteils ermittelt werden. Da die Wälzprüfung in vielen Fällen bereits Gegenstand der Qualitätsprüfung ist, kann das erfindungsgemäße Verfahren in diesen Fällen ohne die Anschaffung zusätzlicher Maschinen implementiert werden.

[0017] Es kann vorgesehen sein, dass ein Schleifen einer Mehrzahl von verzahnten Bauteilen mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs erfolgt.

[0018] Es kann vorgesehen sein, dass ein Durchführen einer Wälzprüfung von zwei oder mehr der verzahnten Bauteile erfolgt.

[0019] Es kann vorgesehen sein, dass der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs anhand von Ergebnissen der Wälzprüfung der zwei oder mehr Bauteile bestimmt wird.

[0020] Insgesamt ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere eine optimierte und dynamische Bestimmung des Abrichtbedarfs, wobei der Abrichtbedarf bauteilinduziert bzw. anhand der Bauteilqualität ermittelt wird. So können ein zu frühes oder zu spätes Abrichten vermieden werden. Eine „dynamische Bestimmung des Abrichtbedarfs“ bedeutet hierbei, dass der Abrichtbedarf für jeden Abrichtzyklus gesondert festgelegt werden kann. Während nach einem ersten Abrichten der Abrichtbedarf ggf. bereits nach einer ersten, geringeren Anzahl von geschliffenen Bauteilen erforderlich sein kann, kann der Abrichtbedarf nach einem zweiten Abrichten erst nach einer zweiten größeren Anzahl von geschliffenen Bauteilen erforderlich sein. Denn der Schleifprozess und der Werkzeugverschleiß sind nicht zwingend über der gesamten Lebensdauer des Schleifwerkzeugs betrachtet konstant, sondern können aufgrund von Einflussgrößen, wie Temperaturschwankungen, Kühlmittelversorgung, Vibrationen und dergleichen, beeinflusst werden.

[0021] Soweit die Bauteilqualität z.B. rapide abnimmt, kann ein früheres Abrichten eingeleitet werden, während ein Abrichten später erfolgen kann, sofern eine stabile Bauteilqualität beobachtet wird - jeweils beurteilt anhand der Ergebnisse der Wälzprüfung.

[0022] Das Schleifen des verzahnten Bauteils ist ein Verzahnungsschleifen. D.h. das verzahnte Bauteil hat eine Verzahnung, die mittels des Schleifwerkzeugs geschliffen wird.

[0023] Die Wälzprüfung des verzahnten Bauteils ist eine Wälzprüfung der Verzahnung des verzahnten Bauteils. Eine Wälzprüfung des verzahnten Bauteils findet statt, nachdem die Verzahnung des betreffenden Bauteils fertig geschliffen worden ist. Die Wälzprüfung findet vorliegend am fertig geschliffenen Bauteil statt, d.h. mit anderen Worten nach dem vollständigen Abschluss des Schleifvorgangs des betreffenden Bauteils statt. Es ist nicht möglich, sinnvolle Ergebnisse der Wälzprüfung zu erzielen, während das betreffende Bauteil geschliffen wird. Denn der Eingriff des Schleifwerkzeugs mit der Verzahnung würde das Ergebnis der Wälzprüfung verfälschen und unbrauchbar machen. Zudem ändert sich während des Schleifens die Geometrie der Verzahnung durch den Spanabtrag, so dass keine Wälzprüfung der fertigen Verzahnungsgeometrie während des Schleifens möglich ist.

[0024] Das Abrichten des abrichtbaren Schleifwerkzeugs erfolgt insbesondere mittels eines Abrichtwerkzeugs, wie einem Formabrichter, einem Punktabrichter oder dergleichen.

[0025] Wenn vorliegend davon gesprochen wird, dass ein Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs festgestellt wird, so kann dies insbesondere bedeuten, dass das Abrichten des Schleifwerkzeugs erfolgen muss, bevor das nächste verzahnte Bauteil geschliffen wird, um die Produktion vom Schlechteilen bzw. Ausschuss zu vermeiden. Ausschuss bzw. Schlechteile sind verzahnte Bauteile, die nicht die geforderten Qualitätsvorgaben erfüllen.

[0026] Beispielsweise kann bei der Überprüfung der zuletzt gefertigten 15 Bauteile festgestellt werden, dass anhand der Ergebnisse der jeweiligen Wälzprüfung dieser Bauteile voraussichtlich das 17. 18. oder 19. gefertigte verzahnte Bauteile nicht mehr den geforderten Qualitätsvorgaben entsprechen werden. Denn anhand der Ergebnisse der Wälzprüfung können beispielsweise ein Trend in der Verschlechterung eines oder mehrerer Parameter der Wälzprüfung extrapoliert werden, um vorherzusagen, ab welchem Zeitpunkt voraussichtlich Schlechteile mittels des Schleifwerkzeugs produziert werden würden.

[0027] Die Ergebnisse der Wälzprüfung spiegeln daher mittelbar den Zustand des abrichtbaren Schleifwerkzeugs wider, insbesondere den Verschleiß des abrichtbaren Schleifwerkzeugs wider, wobei der Verschleiß des abrichtbaren Schleifwerkzeugs vorliegend anhand der Fähigkeit des abrichtbaren Schleifwerkzeugs bewertet wird, Gutteile herzustellen. Ein abrichtbares Schleifwerkzeug gilt bezüglich dieses Kriteriums der Wälzprüfung daher nicht dann als verschlissen bzw. abzurichten, wenn ein an dem Schleifwerkzeug selbst gemessener Verschleiß detektiert wird, sondern wenn das Schleifwerkzeug nicht mehr dazu geeignet ist, verzahnte Bauteile innerhalb der geforderten Qualitätsvorgaben zu schleifen.

[0028] Wenn vorliegend davon gesprochen wird, dass ein Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs festgestellt wird, so kann dies insbesondere bedeuten, dass das Abrichten des Schleifwerkzeugs erfolgen muss, bevor das nächste verzahnte Bauteil geschliffen wird, und nachdem mindestens ein verzahntes Bauteil gefertigt worden ist, das nicht die geforderten Qualitätsvorgaben erfüllt. Dieses Bauteil, das nicht die geforderten Qualitätsvorgaben erfüllt, kann ggf. nachbearbeitet werden, um die geforderten Qualitätsvorgaben zu erfüllen, und kann z.B. insbesondere erneut geschliffen werden. Mit dem voranstehend beschriebenen Vorgehen können die Abrichtzyklen maximal ausgereizt werden, wobei ggf. ein Ausschuss einer weniger verzahnter Bauteile in Kauf genommen wird.

[0029] Es kann vorgesehen sein, dass, um den Abrichtbedarf zu bestimmen, ergänzend zu der Berücksichtigung von Ergebnissen der Wälzprüfung, optische und/oder taktile Messverfahren zur Überprüfung des Zustands des abrichtbaren Schleifwerkzeugs verwendet werden. Insbesondere können derartige ergänzend vorgesehene optische und/oder taktile Messverfahren herangezogen werden, um einen am abrichtbaren Schleifwerkzeug gemessenen Werkzeugverschleiß mit den Ergebnissen der Wälzprüfung zu korrelieren und/oder um makroskopische Defekte des abrichtbaren Schleifwerkzeugs, wie Ausbrüche an den Schneidflanken oder am Kopf des Schleifwerkzeugprofils, die zu einer Zerstörung des abrichtbaren Schleifwerkzeugs führen könnten, zu erkennen.

[0030] Wenn vorliegend von einem verzahnten Bauteil gesprochen wird, so kann es sich dabei insbesondere um ein Zahnrad oder eine Zahnwelle handeln, wie z.B. Zahnräder oder Zahnwellen mit Schrägverzahnungen oder Geradverzahnungen, Schneckenräder bzw. Schnecken, Kegelhäder oder dergleichen.

[0031] Es kann vorgesehen sein, dass die Wälzprüfung mittels eines Prüfstands durchgeführt wird. Hierbei handelt es sich um die Durchführung einer praktischen Qualitätsprüfung der betreffenden verzahnten Bauteile. Bei dem Prüfstand handelt es sich insbesondere um einen Prüfstand zur Wälzprüfung und zur Geräuschdiagnose von Verzahnungen.

[0032] Es kann vorgesehen sein, dass Ergebnisse der Wälzprüfung, die mittels des Prüfstands durchgeführt worden ist, mithilfe einer Analysesoftware überprüft werden. Es kann vorgesehen sein, dass der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs mittels der Analysesoftware bestimmt wird. Hierbei kann mittels der Analysesoftware insbesondere überprüft werden, ob einer oder mehr Absolutwerte bestimmter im Rahmen der Wälzprüfung ermittelter Qualitätsparameter einen jeweils vorgegebenen Grenzwert überschreiten und/oder ob eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einer oder mehrerer Qualitätsparameter einen vorgegebenen Grenzwert überschreiten. Ein Vergleich der Ergebnisse von Bauteil zu Bauteil bedeutet daher, dass die Ergebnisse der Wälzprüfung der betreffenden Bauteile in chronologischer Reihenfolge ihrer Fertigung miteinander verglichen werden, um Trends in den Veränderungen der berücksichtigten Qualitätsparameter der Wälzprüfung zu erkennen.

[0033] Neben der Berücksichtigung von Absolutwerten können auch relative Bezugsgrößen verwendet werden, um Trends und/oder Veränderungen der Qualitätsparameter der Wälzprüfung zu bewerten. So kann ein verzahntes Bauteil, das die Qualitätsvorgaben besonders gut erfüllt, als Referenz dienen, und ein Abrichtbedarf kann danach bestimmt werden, ob weitere verzahnte Bauteile bezüglich dieser Referenz innerhalb eines vorgegebenen Abweichungskorridors liegen oder sich eine zu große Abweichung von dieser Referenz einstellt oder einzustellen droht.

[0034] Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Wälzprüfung softwarebasiert mittels einer Auswertesoftware durchgeführt wird, wobei Messdaten der Geometrie des jeweiligen geschliffenen Bauteils Eingangsdaten der softwarebasierten Wälzprüfung sind. Die softwarebasierte Wälzprüfung bildet den Prüfstandsversuch einer praktischen Wälzprüfung virtuell nach. So kann anhand von Messdaten der Geometrie des geschliffenen Bauteils, das der softwarebasierten Wälzprüfung unterzogen werden soll, z.B. ein virtueller Zwilling dieses zu prüfenden Bauteils erstellt werden, der im Rahmen der softwarebasierten Wälzprüfung z.B. mit einem virtuellen Meisterrad abwälzt. Es versteht sich, dass die Analyse auch rein numerisch erfolgen kann. Auf diese Weise können Drehfehler virtuell ermittelt werden, die mit den im praktischen Versuchen gemessenen Drehfehlern vergleichbar sind. Sowohl die Einflankenwälzprüfung als auch die Zweiflankenwälzprüfung können virtuell nachgebildet werden oder anhand von gemessenen Geometrieabweichungen berechnet werden.

[0035] Die Messdaten der Geometrie des jeweiligen geschliffenen Bauteils können mittels eines Koordinatenmessgeräts ermittelt werden, insbesondere durch taktile und/oder optische Messung. Hierbei kann es sich beispielsweise um ein Koordinatenmessgerät mit Drehtisch handeln, wobei die zu messende Verzahnung an dem Drehtisch gehalten und mittels des Drehtischs während der Messung um seine eigene Achse drehbar ist.

[0036] Es kann vorgesehen sein, dass Ergebnisse der softwarebasierten Wälzprüfung, die mittels der Auswertesoftware durchgeführt worden ist, mithilfe einer Analysesoftware überprüft werden. Es kann vorgesehen sein, dass der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs mittels der Analysesoftware bestimmt wird. Hierbei kann mittels der Analysesoftware insbesondere überprüft werden, ob einer oder mehr Absolutwerte bestimmter im Rahmen der Wälzprüfung ermittelter Quali-

tätsparameter einen jeweils vorgegebenen Grenzwert überschreiten und/oder ob eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einer oder mehrerer Qualitätsparameter einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Ein Vergleich der Ergebnisse von Bauteil zu Bauteil bedeutet daher, dass die betreffenden Bauteile chronologischer Reihenfolge ihrer Fertigung miteinander verglichen werden, um Trends in den Veränderungen der berücksichtigten Qualitätsparameter der Wälzprüfung zu erkennen.

[0037] Neben der Berücksichtigung von Absolutwerten können auch relative Bezugsgrößen verwendet werden, um Trends und/oder Veränderungen der Qualitätsparameter der Wälzprüfung zu bewerten. So kann ein verzahnts Bauteil, das die Qualitätsvorgaben besonders gut erfüllt als Referenz dienen, und ein Abrichtbedarf danach bestimmt werden, ob weitere verzahnte Bauteile bezüglich dieser Referenz innerhalb eines vorgegebenen Abweichungskorridors liegen oder sich eine zu große Abweichung von dieser Referenz einstellt oder einzustellen droht.

[0038] Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens weist die Wälzprüfung eine Drehfehleranalyse auf, wobei der Abrichtbedarf vorliegt, sofern mindestens ein Ergebnis der Drehfehleranalyse einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder eine Veränderung mindestens eines Ergebnisses der Drehfehleranalyse von Bauteil zu Bauteil betrachtet einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Wie zuvor bereits erwähnt, bedeutet die Betrachtung von Bauteil zu Bauteil eine chronologische Betrachtung der aufeinanderfolgend gefertigten Bauteile, um im Rahmen der Drehfehleranalyse Trends in der Veränderung des Drehfehlers zu erkennen. Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass im Rahmen der Drehfehleranalyse Absolutwerte berücksichtigt werden, wobei die Überschreitung eines Grenzwerts für einen solchen Absolutwert ebenfalls das Vorliegen des Abrichtbedarfs bedeuten kann.

[0039] Der Abrichtbedarf kann vorliegen, sofern ein Qualitätskriterium, das aus einem Ergebnis oder aus mehreren Ergebnissen der Drehfehleranalyse bestimmt wird, nicht erfüllt ist. So können beispielsweise Kennzahlen ermittelt werden, die sich aus einem oder mehr Ergebnissen der Drehfehleranalyse berechnen, wobei Wertebereiche für diese Kennzahlen ein Qualitätskriterium bilden können.

[0040] Es kann vorgesehen sein, dass die Wälzprüfung eine Einflankenwälzprüfung umfasst.

[0041] Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens liegt der Abrichtbedarf vor, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Einflankenwälzprüfung ein jeweils zugeordneter, vorgegebener Grenzwert überschritten wird und/oder der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Einflankenwälzprüfung eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet: Rundlauf, Wälzabweichung, Rundlauffehler, Zahn-zu-Zahn Amplitude, maximale Wälzabweichung, Übertragungsfehler und dynamischer Backlash, Geräuschverhalten, Oberflächenfehler.

[0042] Es kann vorgesehen sein, dass die Wälzprüfung eine Zweiflankenwälzprüfung umfasst.

[0043] Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens liegt der Abrichtbedarf vor, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Zweiflankenwälzprüfung ein jeweils zugeordneter, vorgegebener Grenzwert überschritten wird und/oder der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Zweiflankenwälzprüfung eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet: Achsabstand, Rundlauf, Wälzsprung, Wälzabweichung, Zweikugelmaß, Geräuschverhalten.

[0044] Die Geräuschprüfung kann im Rahmen der Wälzprüfung das Aufzeichnen von Körperschall und/oder Luftschall aufweisen. Auch diese Daten können bezüglich des Überschreitens von Absolutwerten und/oder bezüglich von Bauteil zu Bauteil gemessenen Veränderungen überprüft und zur Bestimmung des Abrichtbedarfs verwendet werden.

[0045] Die Verfahren der Wälzprüfung mit Drehfehleranalyse, bzw. im Speziellen der Einflankenwälzprüfung und Zweiflankenwälzprüfung, sind Stand der Technik und sind hinlänglich bekannt. Kern der Erfindung ist nicht die Wälzprüfung bzw. die Einflankenwälzprüfung oder die Zweiflankenwälzprüfung, sondern die Verwendung der Ergebnisse einer solchen Wälzprüfung, insbesondere der Einflankenwälzprüfung oder der Zweiflankenwälzprüfung, um den Abrichtbedarf eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs zu bestimmen. Die Erfindung betrifft daher insbesondere das wälzprüfgesteuerte Abrichten, wobei der Begriff „wälzprüfgesteuert“ das Erkennen des Abrichtbedarfs betrifft und der Abrichtvorgang an sich nicht durch das Wälzprüfen gesteuert ist. Es kann daher ggf. auch von einem wälzprüfgetriggerten Abrichten gesprochen werden, da die Ergebnisse der Wälzprüfung das Abrichten des abrichtbaren Schleifwerkzeugs auslösen bzw. anhand der Ergebnisse der Wälzprüfung der Abrichtbedarf festgestellt wird.

[0046] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen jeweils schematisch:

- Fig. 1 einen Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 2 eine Schleifschnecke mit einem Zahnrad;
- Fig. 3 eine Einflankenwälzprüfung;
- Fig. 4 ein Ergebnis der Einflankenwälzprüfung;

Fig. 5 eine Zweiflankenwälzprüfung;

Fig. 6 ein Abrichten der Schleifschnecke aus Fig. 2.

[0047] Fig. 1 zeigt einen Ablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Verfahrensschritte (A), (B), (C), (D) sind hier zur vereinfachten Darstellung aufeinanderfolgend dargestellt, können jedoch auch teilweise parallel, d.h. zumindest teilweise zeitgleich stattfinden. Es versteht sich, dass jedes Bauteil erst dann einer Wälzprüfung unterzogen werden kann, wenn es fertig geschliffen ist. „Parallel“ bedeutet daher vorliegend, dass bereits fertig geschliffene Bauteile der Wälzprüfung übergeben werden können, während weitere Bauteile noch geschliffen werden. So können eine Schleifmaschine und ein Wälzprüfstand zeitgleich mit Bauteilen bestückt und betrieben werden. Es versteht sich, dass es technisch nicht sinnvoll oder möglich ist, ein und dasselbe Bauteil gleichzeitig zu schleifen und einer Wälzprüfung zu unterziehen.

[0048] Im Verfahrensschritt (A) erfolgt ein Schleifen einer Mehrzahl von verzahnten Bauteilen 2 mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs 4. Fig. 2 zeigt exemplarisch sowohl eines der verzahnten Bauteile 2 als auch das abrichtbare Schleifwerkzeug 4.

[0049] Das verzahnte Bauteil 2 ist ein außenschrägverzahntes Stirnrad. Gemäß alternativer Ausgestaltungen kann es sich bei dem verzahnten Bauteil um ein Kegelrad handeln. Das verzahnte Bauteil ist Teil einer Laufverzahnung zur Leistungsübertragung mit Drehzahl- und Drehmomentübersetzung bzw. -umsetzung, wobei die Bauart des verzahnten Bauteils für das erfindungsgemäße Verfahren nicht relevant ist. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich daher gleichermaßen für Stirnräder als auch für Kegelräder anwenden. Exemplarisch und stellvertretend beziehen sich die nachstehenden Ausführungen auf Bauteile in Form des außenschrägverzahnten Stirnrads 2.

[0050] Das Stirnrad 2 hat eine Verzahnung 6, mit Zähnen 8 und dazwischen gebildeten Zahnflanken 10. Die Zähne 8 haben jeweils Zahnflanken 12, 14, die durch Schleifbearbeitung mittels des Schleifwerkzeugs 4 geschliffen werden. Das Schleifwerkzeug 4 ist ein abrichtbares Schleifwerkzeug - und zwar vorliegend eine abrichtbare Schleifschnecke. Gemäß alternativer Ausführungsbeispiele kann es sich bei dem Schleifwerkzeug um eine abrichtbare Schleifscheibe oder eine Topfschleifscheibe handeln.

[0051] Im Verfahrensschritt (B) erfolgt eine Durchführung einer Wälzprüfung von zwei oder mehr der verzahnten Bauteile 2. Fig. 3 zeigt exemplarisch den schematischen Aufbau eines Prüfstands 16 zur Durchführung einer Einflankenwälzprüfung für ein jeweiliges verzahntes Bauteil 2.

[0052] Der Prüfstand 16 hat einen ersten Antrieb 18 und einen zweiten Antrieb 20. Der erste Antrieb 18 ist zum Antreiben einer ersten Welle 22 eingerichtet, auf der das zu prüfende verzahnte Bauteil 2 montiert ist.

[0053] Der zweite Antrieb 20 dient zum Abbremsen eines Gegenrads 24, das auf einer mit dem Antrieb 20 gekoppelten zweiten Welle 26 montiert ist.

[0054] Das Gegenrad 24 ist ein außenverzahntes Stirnrad, das mit der Verzahnung des Bauteils 2 im Eingriff ist. Durch das Antreiben des verzahnten Bauteils 2 und das gleichzeitige Abbremsen des Gegenrads 24 lassen sich eine Drehzahl und ein Drehmoment während des Prüflaufs einstellen. Es versteht sich, dass auch Drehzahl- und Drehmomentverläufe einstellbar sind. Ein Achsabstand a_1 zwischen den Wellen 22, 26 ist konstant.

[0055] Der Prüfstand 16 weist Drehgeber bzw. Winkelmesssysteme 28, einen Drehbeschleunigungsaufnehmer 30, sowie einen Körperschallsensor 32 auf.

[0056] Fig. 4 zeigt exemplarisch und schematisch den gemessenen Drehfehler F in $[\mu\text{m}]$ aufgetragen über einer Umdrehung U des Zahnrads 2 - d.h. ein Ergebnis einer Einflankenwälzprüfung eines einzelnen verzahnten Bauteils 2. Hieraus lassen sich in bekannter Weise z.B. Werte für den Rundlauffehler erster Ordnung Fr' , die Zahn-zu-Zahn Amplitude fi' und die maximale Wälzabweichung Fi' bestimmen. Die Wälzprüfung wird für zwei oder mehr Bauteile 2 durchgeführt und ausgewertet.

[0057] Im Verfahrensschritt (C) erfolgt ein Bestimmen eines Abrichtbedarfs des Schleifwerkzeugs 4 anhand von Ergebnissen der Wälzprüfung der zwei oder mehr verzahnten Bauteile 2. Sofern der Abrichtbedarf vorliegt, wird das Schleifwerkzeug in einem Verfahrensschritt (D) abgerichtet.

[0058] Das Abrichten ist schematisch in Fig. 6 gezeigt. Ein Abrichter 34 wird mit dem Schleifwerkzeug 4 in Eingriff gebracht und das Schleifwerkzeug 4 abzurichten, d.h. erneut auf seine vorgesehene Soll-Geometrie zu profilieren.

[0059] Der Abrichtbedarf liegt beispielsweise dann vor, sofern für eines oder mehrere der vorgenannten Ergebnisse der Einflankenwälzprüfung, d.h. den Rundlauffehler erster Ordnung Fr' , die Zahn-zu-Zahn Amplitude fi' und die maximale Wälzabweichung Fi' , ein vorgegebener Grenzwert überschritten wird und/oder eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung eines solchen Ergebnisses einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

[0060] Im Rahmen der Einflankenwälzprüfung besteht ein Einflankenkontakt zwischen der zu prüfenden Verzahnung 4 und dem Gegenrad 24. D.h. entweder die Linksflanken oder die Rechtsflanken des verzahnten Bauteils 2 wälzen mit dem Gegenrad 24 ab - und zwar bei konstanten Achsabstand a_1 .

[0061] Alternativ oder ergänzend kann im Verfahrensschritt (B) eine Zweiflankenwälzprüfung durchgeführt werden. Ein Prüfstand 36 zur Zweiflankenwälzprüfung ist exemplarisch in Fig. 5 gezeigt. Zur Vermeidung von Wiederholungen werden nachfolgend gleichen Merkmalen die gleichen Bezugszeichen zugeordnet.

[0062] Die Zweiflankenwälzprüfung unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch von der zuvor mit Bezug zu Fig. 3 beschriebenen Einflankenwälzprüfung, dass ein Achsabstand a_2 während der Prüfung nicht konstant ist. Das Gegenrad 24 ist mit seiner Welle 26 an einem verfahrbaren Schlitten 38 montiert und gelagert. Der verfahrbare Schlitten 38 ist mittels einer Federeinrichtung 40 an einem unbeweglichen Gegenhalter 42 abgestützt.

[0063] Mittels der Federeinrichtung 40 wird das Gegenrad 24 in den Zahnkontakt zur zu prüfenden Verzahnung 4 gedrückt, wobei im Zahnkontakt eine beidseitige Kontaktierung sowohl der Rechts- als auch der Linksflanken der zu prüfenden Verzahnung 4 vorliegt.

[0064] Während der Prüfung, d.h. während des Abwälzens des Bauteils 2 mit dem Gegenrad 24, wird das Gegenrad 24 mit einer definierten Kraft in Richtung des Bauteils 2 gedrückt. Die Abweichung werden anhand einer translatorischen Verlagerung des verfahrbaren Schlittens 38 erfasst, wobei dem Schlitten 38 ein Wegaufnehmer 44 und ein Schwingungsaufnehmer 46 zugeordnet sind, um Messdaten aufzunehmen. Ergebnisse der Zweiflankenwälzprüfung sind beispielsweise die Wälz-Rundlaufabweichung, die Zweiflankenwälzabweichung und der Zweiflankenwälzsprung. Anhand der Ergebnisse der Zweiflankenwälzprüfung kann wiederum im Verfahrensschritt (C) der Abrichtbedarf bestimmt werden, d.h. geprüft werden, ob das Schleifwerkzeug abgerichtet werden muss oder ob das Schleifwerkzeug weiterhin in der Lage ist, Gutteile zu produzieren.

[0065] Wie bereits erwähnt, sind die Verfahren der Einflankenwälzprüfung und der Zweiflankenwälzprüfung bekannt. Die Erfindung zielt darauf ab, Ergebnisse der Einflankenwälzprüfung und/oder der Zweiflankenwälzprüfung zum Bestimmen des Abrichtbedarfs eines Schleifwerkzeugs heranzuziehen.

BEZUGSZEICHEN

[0066]

4	verzahntes Bauteil
6	Verzahnung
8	Zahn
12	Zahnflanke
14	Zahnflanke
16	Prüfstand
18	erster Antrieb
20	zweiter Antrieb
22	erste Welle
24	Gegenrad
26	zweite Welle
28	Drehgeber / Winkelmesssystem
30	Drehbeschleunigungsaufnehmer
32	Körperschallsensor
34	Abrichter
36	Prüfstand
38	Schlitten
40	Federeinrichtung
42	Gegenhalter
44	Wegaufnehmer
46	Schwingungsaufnehmer
(A)	Verfahrensschritt
(B)	Verfahrensschritt
(C)	Verfahrensschritt
(D)	Verfahrensschritt
a1	Achsabstand
a2	Achsabstand

Patentansprüche

1. Verfahren, mit den Verfahrensschritten:
 - Schleifen mindestens eines verzahnten Bauteils (2) mittels eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs (4);
 - Durchführen einer Wälzprüfung des mindestens einen verzahnten Bauteils (2);
 - Abrichten des Schleifwerkzeugs (4), wobei vor dem Abrichten ein Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs (4) festgestellt wird;
 dadurch gekennzeichnet, dass

- der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs (4) anhand mindestens eines Ergebnisses der Wälzprüfung bestimmt wird.
2. Verfahren, nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Schleifen einer Mehrzahl von verzahnten Bauteilen (2) mittels des abrichtbaren Schleifwerkzeugs (4).
 3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Durchführen der Wälzprüfung von zwei oder mehr der verzahnten Bauteile (2).
 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs (4) anhand von Ergebnissen der Wälzprüfung von zwei oder mehr Bauteilen (2) bestimmt wird.
 5. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzprüfung mittels eines Prüfstands (16, 36) durchgeführt wird und/oder die Wälzprüfung softwarebasiert mittels einer Auswertesoftware durchgeführt wird, wobei Messdaten der Geometrie des jeweiligen geschliffenen Bauteils Eingangsdaten der softwarebasierten Wälzprüfung sind.
 6. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzprüfung eine Drehfehleranalyse aufweist, wobei der Abrichtbedarf vorliegt, sofern mindestens ein Ergebnis der Drehfehleranalyse einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder dass der Abrichtbedarf vorliegt, sofern ein Qualitätskriterium, das aus einem Ergebnis oder aus mehreren Ergebnissen der Drehfehleranalyse bestimmt wird, nicht erfüllt ist.
 7. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche 3-5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzprüfung eine Drehfehleranalyse aufweist, wobei der Abrichtbedarf vorliegt, sofern eine Veränderung mindestens eines Ergebnisses der Drehfehleranalyse von Bauteil zu Bauteil betrachtet einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.
 8. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzprüfung eine Einflankenwälzprüfung umfasst.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Einflankenwälzprüfung ein jeweils zugeordneter, vorgegebener Grenzwert überschritten wird und/oder der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet: Rundlauf, Wälzabweichung, Rundlauffehler, Zahn-zu-Zahn Amplitude, maximale Wälzabweichung, Übertragungsfehler und dynamischer Backlash, Geräuschverhalten, Oberflächenfehler.
 10. Verfahren nach Anspruch 8 und einem der Ansprüche 3-5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Einflankenwälzprüfung eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet: Rundlauf, Wälzabweichung, Rundlauffehler, Zahn-zu-Zahn Amplitude, maximale Wälzabweichung, Übertragungsfehler und dynamischer Backlash, Geräuschverhalten, Oberflächenfehler.
 11. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzprüfung eine Zweiflankenwälzprüfung umfasst.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Zweiflankenwälzprüfung ein jeweils zugeordneter, vorgegebener Grenzwert überschritten wird: Achsabstand, Rundlauf, Wälz sprung, Wälzabweichung, Zweikugelmäß, Geräuschverhalten.
 13. Verfahren nach Anspruch 11 und einem der Ansprüche 3-5, dadurch gekennzeichnet, dass

der Abrichtbedarf vorliegt, sofern für ein Ergebnis oder für mehrere der nachfolgend aufgelisteten Ergebnisse der Zweiflankenwälzprüfung eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet: Achsabstand, Rundlauf, Wälzsprung, Wälzabweichung, Zweikugelmaß, Geräuschverhalten.

14. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
Ergebnisse der Wälzprüfung, die mittels der Auswertesoftware durchgeführt worden ist, mithilfe einer Analysesoftware überprüft werden, wobei der Abrichtbedarf des Schleifwerkzeugs insbesondere mittels der Analysesoftware bestimmt wird.
15. Verfahren, nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
mittels der Analysesoftware überprüft wird, ob einer oder mehr Absolutwerte bestimmter im Rahmen der Wälzprüfung ermittelten Qualitätsparameter einen jeweils vorgegebenen Grenzwert überschreiten und/oder ob eine von Bauteil zu Bauteil gemessene Veränderung einer oder mehrerer Qualitätsparameter einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

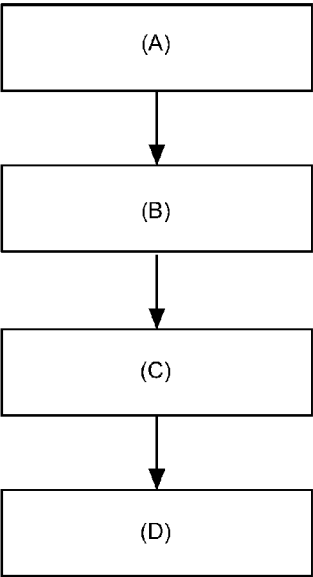


Fig. 1

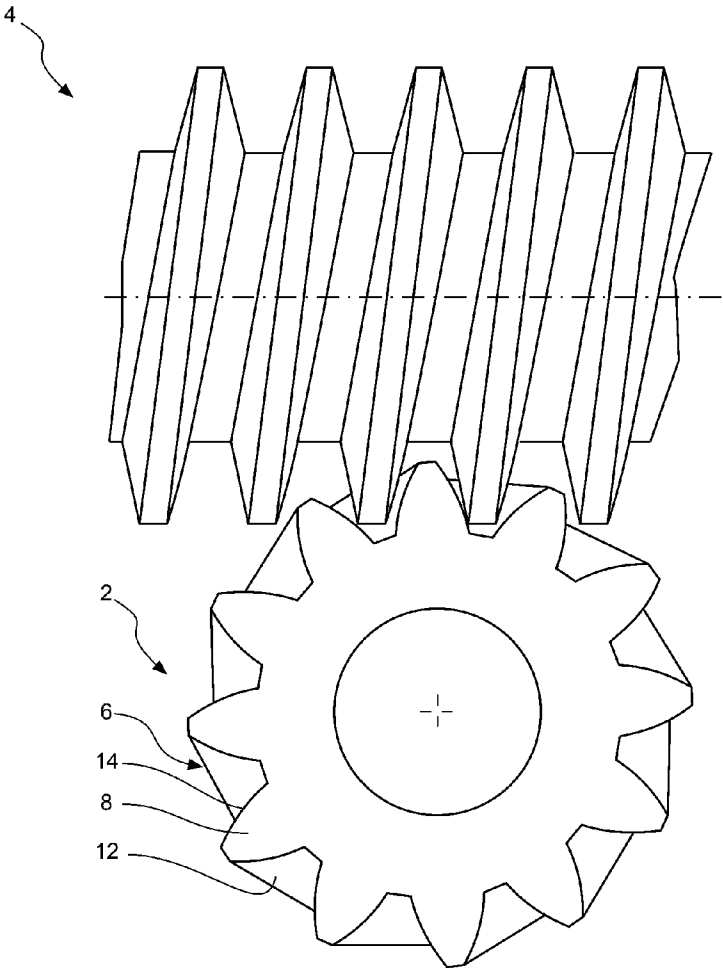


Fig. 2

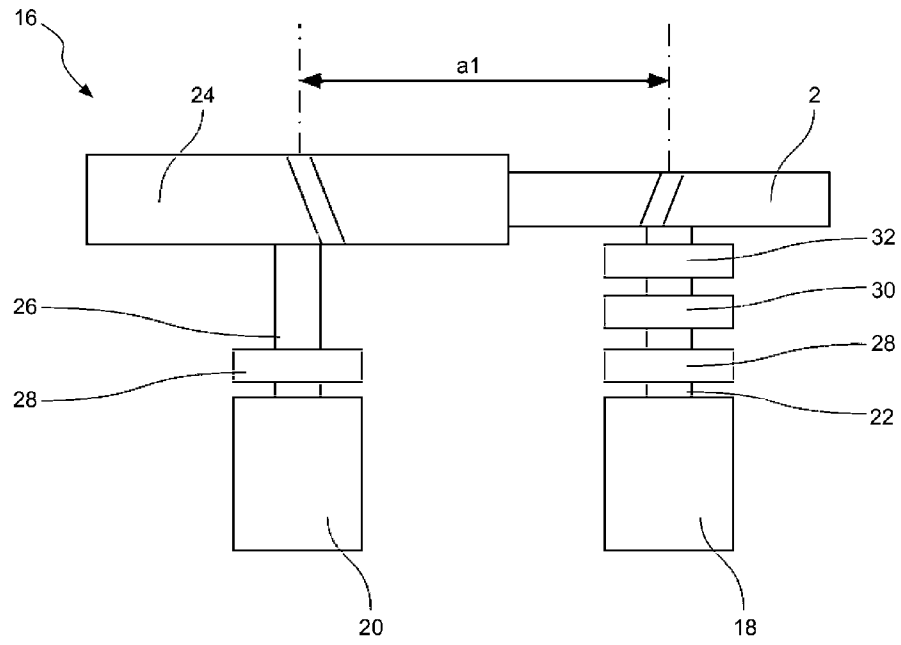


Fig. 3

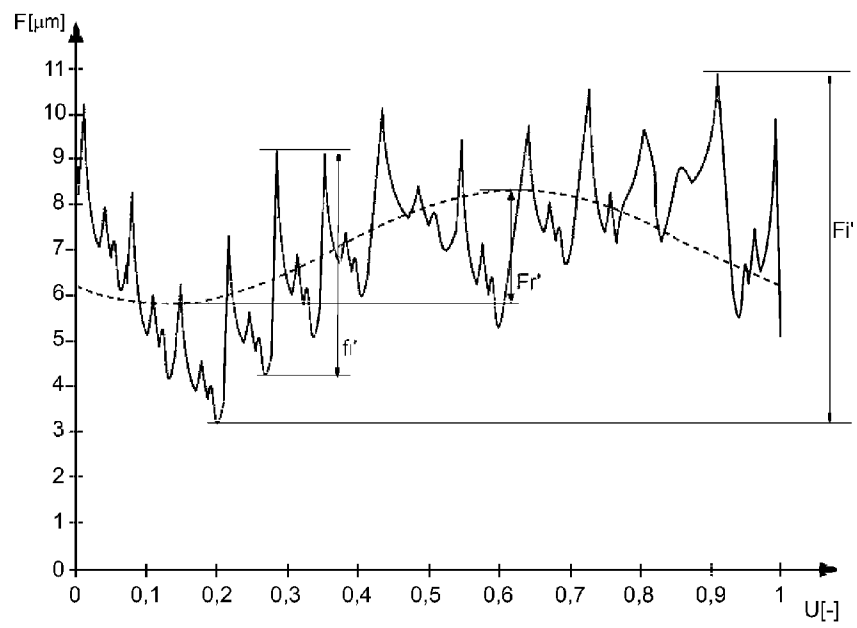


Fig. 4

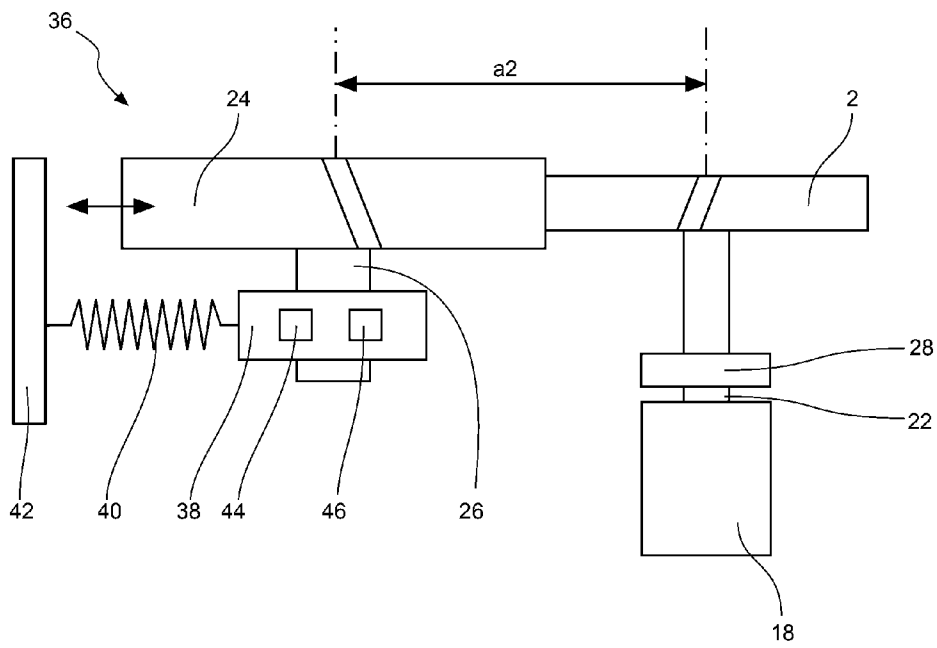


Fig. 5

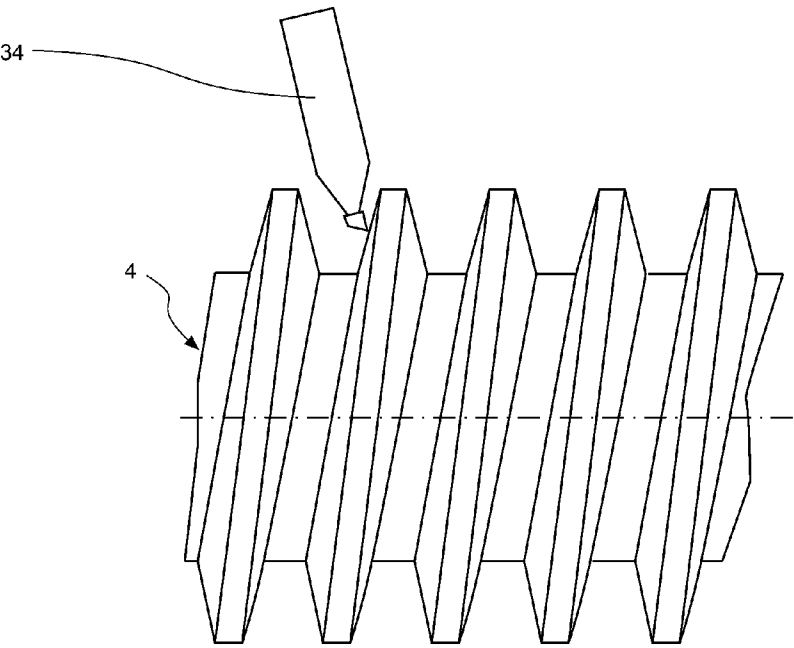


Fig. 6