

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 712 919 A2**

(51) Int. Cl.: **B24B 53/12** (2006.01)
B24B 53/075 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01126/17

(22) Anmeldedatum: 11.09.2017

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.03.2018

(30) Priorität: 12.09.2016
DE 10 2016 010 893.2

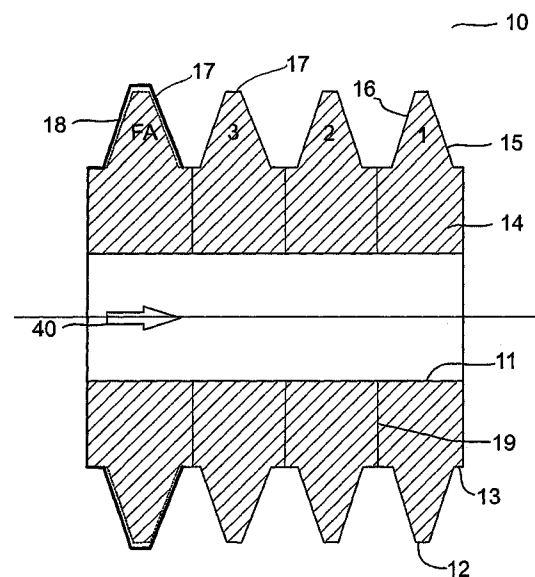
(71) Anmelder:
Liebherr-Verzahntechnik GmbH, Kaufbeurer Strasse 141
87437 Kempten (DE)

(72) Erfinder:
Markus Thoma, 87437 Kempten (DE)

(74) Vertreter:
Keller & Partner Patentanwälte AG, Eigerstrasse 2
Postfach
3000 Bern 14 (CH)

(54) **Abrichtwerkzeug zum Abrichten von ein- oder mehrgängigen Schleifscheiben.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Abrichtwerkzeug zum Abrichten von ein- oder mehrgängigen Schleifscheiben zur Hartfeinbearbeitung von verzahnten Werkstücken, mit insbesondere Stirnradverzahnungen, im kontinuierlichen Wälzschleifverfahren. Das Abrichtwerkzeug (10) umfasst wenigstens zwei Abrichtbereiche (17, 18) mit unterschiedlich grossem Abrichtaufmass. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Abrichten von Schleifwerkzeugen mit einem Abrichtwerkzeug.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Abrichtwerkzeug zum Abrichten von ein- und mehrgängigen Schleifschnecken zur Hartfeinbearbeitung von verzahnten Werkstücken, mit insbesondere Stirnradverzahnungen, im kontinuierlichen Wälzschleifverfahren. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Abrichten von Schleifwerkzeugen mit einem Abrichtwerkzeug.

[0002] Überwiegend findet heute das Abrichten von Schleifschnecken mit scheibenförmigen Abrichtwerkzeugen statt bei denen die Abrichterflanke ein Negativbild der gewünschten Profilform auf der Schleifschnecke darstellt. Das Abrichtwerkzeug ist beim Abrichten des Schleifwerkzeuges meist über der gesamten Zahnhöhe der Schleifschnecke, ein- oder zweiflankig, im Eingriff und wird während beide Werkzeuge rotieren, parallel zur Achse des Schleifwerkzeuges geführt. Dadurch wird das Profil des Abrichtwerkzeuges unmittelbar auf die Schleifschnecke übertragen. In der Regel finden dabei beim Abrichten des Schleifwerkzeuges mehrere Durchläufe (Abrichthübe) statt, um den gesamten Abrichtbetrag am Schleifwerkzeug abzutragen bzw. um Späne von den vorhergehenden Schleifprozessen aus dem Spanraum zu entfernen. Bei mehrgängigen Schleifwerkzeugen muss diese Abrichtprozess für jeden Werkzeuggang separat durchgeführt werden.

[0003] Aus der DE 3 134 147 ist ein Verfahren zum Abrichten einer ein- oder mehrgängigen, Schnecken- oder gewindeförmigen Schleifscheibe durch ein ein- oder mehrgängiges, Schnecken- oder gewindeförmiges Abrichtwerkzeug bekannt. Während der Drehung der beiden Schnecken wird das Abrichtwerkzeug in einen kämmenden Eingriff mit der Schleifscheibe gebracht. Durch eine gezielt, auf die radialen Zu- und Rückstellbewegungen abgestimmte, zusätzliche axiale Relativbewegung zwischen dem Werkzeug und der Schleifscheibe werden die Eingriffsstellen so verschoben, dass auf der Scheibe das vorgesehene Schneckenprofil erzeugt wird. Da die Gesamtfläche der momentanen Eingriffsstellen wesentlich kleiner ist als die Gesamtprofilfläche der Schleifscheibe, sind die auftretenden Schnittkräfte relativ klein, so dass hohe Abrichtgeschwindigkeiten erzielt werden können. Im Weiteren wird beschrieben, gezielte Flankenkorrekturen an der Schleifschnecke anzubringen. Man könnte dieses Verfahren daher auch als mehrgängiges Zeilenabrichten bezeichnen. Die Flexibilität geht hier aber deutlich zu Lasten der Abrichtgeschwindigkeit, auch wenn hier gleichzeitig mehrere Eingriffsstellen im Einsatz sind. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass sich dieses nur bedingt für die Serienfertigung mit grossen Losgrößen eignet, da die Abrichtzeiten bei dem bekannten Verfahren zwischen den Schleifzyklen zu lang werden. Des Weiteren sind bestimmte Einschränkungen bei den bekannten Korrekturen gegeben, da sich mehrere Eingriffsstellen an mehreren Flanken gleichzeitig im Eingriff befinden, sodass es bei bestimmten Korrekturen an einer Eingriffsstelle zu ungewollten Korrekturen an einer anderen Stelle der Schleifschnecke kommen kann.

[0004] Werkzeuge vergleichbarer Bauart gibt es auch als sogenannte Vollprofilrollen, bei welchen gleichzeitig jeweils 3 bis 5 benachbarte Gänge des Schleifschnecken Gesamtprofils abgerichtet werden. Diese richten die Schleifschnecke deutlich schneller ab.

[0005] Die Abrichtbereiche wirken bei beiden Ausführungen gemeinsam auf alle der aktuell damit bearbeiteten Schneckengänge ein. Dies ist in der Grossserienfertigung von Vorteil, da damit geringe Abrichtzeiten gerade auch bei mehrgängigen Schleifwerkzeugen erzielt werden können. Nachteilig daran ist die mangelnde Flexibilität hinsichtlich Korrekturen bei denen das Abrichtwerkzeug relativ zur Schleifschnecke bewegt wird. Diese Änderungen wirken sich gleichmässig auf alle Gänge aus, können aber auch dazu führen das bestimmte Bewegungen wegen ungewollter Kollisionen mit Nachbargängen aufgrund der Werkzeugbreite, nicht mehr durchgeführt werden können.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass bei mehrgängigen Schleifschnecken eine kurze Abrichtzeit erzielt werden kann, wobei gleichzeitig aber Korrekturen, wie beispielsweise Profilkorrekturen auf den Flanken der Schleifschnecke erzeugt werden können.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Abrichtwerkzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst sowie mit einem Verfahren nach Anspruch 7. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zu eigen, dass bei einer mehrgängigen Schleifschnecke mit einem Abrichtwerkzeug gleichzeitig mehrere Gänge abgerichtet werden können. Voraussetzung hierfür ist, dass die Gangzahl des Abrichters mit der Schnecken Gangzahl übereinstimmt.

[0009] Es wird ein Abrichtwerkzeug zum Abrichten von ein- und mehrgängigen Schleifschnecken zur Hartfeinbearbeitung von verzahnten Werkstücken, mit insbesondere Stirnradverzahnungen, im kontinuierlichen Wälzschleifverfahren vorgeschlagen. Erfindungsgemäss zeichnet sich das Abrichtwerkzeug dadurch aus, dass dieses wenigstens zwei Abrichtbereiche mit unterschiedlich grossem Abrichtaufmass umfasst. Ein derartiges Abrichtaufmass ist zum Abtragen von unterschiedlich viel Schleifschneckenmaterial in einem Abrichtzyklus vorgesehen.

[0010] Bei diesem Abrichtwerkzeug ist mindestens eine Abrichtscheibe (Feinabrichtscheibe) für einen, von den restlichen Scheiben abweichenden Abrichtbetrag ausgelegt, so das in einem ersten Abrichthub alle Schneckengänge gleichzeitig bearbeitbar sind und dann in den folgenden weiteren Schritten alle Schneckengänge noch mal separat nur noch mit der Feinabrichtscheibe fertig abrichtbar sind, während bedarfsweise dabei diese Gänge durch die Feinabrichtscheibe dann auch korrigierbar sein können. Im Feinabrichtschriff kann dabei, je nach Korrekturanforderungen, die Schleifschnecke 1- oder 2-flankig abgerichtet werden. Beim 1-flankigen Abrichten verdoppelt sich dabei die Anzahl der notwendigen Feinabrichthübe. Weiterhin kann beim Feinabrichten die Feinabrichtscheibe je Abrichthub auch nur über einen Teilbereich der

Schneckenzenhnhöhe in den Eingriff bringbar sein, wodurch sich noch weitere Korrekturmöglichkeiten erffnen, wobei dann ggf. aber weitere zuszliche Abrichtthube erforderlich werden.

[0011] In einer Ausfhrungsform umfasst das Abrichtwerkzeug mindestens zwei einzelne Abrichtbereiche, wobei sich wenigstens zwei der Abrichtbereiche durch ein unterschiedlich grosses Abrichtaufmass unterscheiden und das Abrichtwerkzeug vorzugsweise mindestens einen Schruppbereich und einen Feinaibrichtbereich aufweist.

[0012] In einer Ausfhrungsform ist das Abrichtwerkzeug entsprechend der Gangzahl, der zu bearbeitenden mehrgngigen Schleifschnecke modular zusammenstellbar ist. Diese umfasst zumindest eine Feinaibrichtscheibe und zumindest eine Schruppabrichtscheibe. Der Schruppabrichtbereich ist dabei vorzugsweise in je eine Schruppscheibe je Schnecken-gang aufteilbar.

[0013] Das bietet den Vorteil, dass mittels des modularen Aufbaus weiterhin die Mglichkeit besteht, das Abrichtwerkzeug speziell fr die damit zu bearbeitende Schleifschnecke zu konfigurieren. So kann eine Feinaibrichtscheibe mit mehreren Schruppabrichtscheiben ausgestattet werden, wobei die Gesamtzahl der Schruppabrichtscheiben vorzugsweise der Gangzahl der Schleifschnecke entspricht. Es besteht aber auch die Mglichkeit mit weniger Schruppabrichtscheiben zu arbeiten, dann sollte bevorzugt das Verhltnis der Schnecken-gangzahl einem ganzzahligen Vielfachen der Schruppabrichtscheibenanzahl entsprechen, beispielsweise bei 2 Schruppabrichtscheiben eine 4-gngige Schleifschnecke. Prinzipiell ist aber auch ein ungerades Verhltnis mglich, wie z.B. ein 3-gngiges Schruppabrichtwerkzeug plus einer Feinaibrichtscheibe mit einer 2-gngigen Schleifschnecke. In diesem Fall wird der 3.Gang schruppbearbeitet, whrend der 1. Gang Feinaibrichtet wird. Auch ein umgekehrtes Verhltnis wre mglich, dann wre bei einer Mehrzahl der Prozessschritte die unzhligen Schruppabrichtscheiben nicht im Eingriff, es msste aber kein spezielles Abrichtwerkzeug fr solche Flle angeschafft werden. Im Falle eines modularen Werkzeuges wrde man vermutlich die unzhlige Schruppabrichtscheibe demontieren.

[0014] In einer weiteren Ausfhrungsform ist das Abrichtwerkzeug mittels des modularen Aufbaus aus Einzelwerkzeugen unabhngig voneinander austauschbar ist. Alternativ oder zuszlich ist das Abrichtwerkzeug zur Bearbeitung verschiedener Werkstcke unterschiedlich zusammenstellbar.

[0015] Ein derartiger modularer Aufbau des Abrichtwerkzeugs bietet den Vorteil, dass der Schrupp- und der Feinaibrichtbereich unabhngig voneinander austauschbar oder wechselbar sind. Damit kann beispielsweise die Feinaibrichtscheibe, die fr die Bearbeitungsqualitt massgeblich ist, schon vor den Abrichtscheiben im Schruppbereich gewechselt werden. Der Schruppbereich kann so deutlich lnger genutzt werden auch wenn er nicht mehr ganz toleranzhaltig ist. Weiterhin ist es mglich einen Satz Schruppabrichtscheiben mit unterschiedlichen Feinaibrichtscheiben zu nutzen um so Kosten fr die Abrichtwerkzeuge zu sparen. In einer weiteren Ausfhrungsform kann auch mehr als eine Feinaibrichtscheiben in den Abrichter integriert werden.

[0016] In einer weiteren Ausfhrungsform ist sind die Abrichtbereiche hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften unterscheidbar. Alternativ oder zuszlich sind diese Bereiche hinsichtlich der Belegung oder der Bestckung mit Abrasivmaterial. unterschiedlich. Alternativ oder zuszlich sind die Abrichtbereiche hinsichtlich ihrer geometrischen Form unterscheidbar sind.

[0017] Das bietet den Vorteil, dass mittels des modularen Aufbaus die Abrichtscheiben bei der Herstellung unterschiedlich behandelt werden knnen. So knnen die Abrichtscheiben mit unterschiedlichem Abrichtaufmass produziert werden. Weiter ist es mglich die Abrichtscheiben mit Abrasivmaterial in Form eines Hartstoffes zu versehen, welches sich in seinen physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise der Korngrsse, Bindungsmaterialien oder dem Hartstofftyp unterscheiden kann. Bevorzugt kann es sich beim dem Hartstoff um Diamantwerkstoffe handeln, wobei dieser sich jedoch in Form, Grsse und Herstellverfahren unterscheiden kann.

[0018] Der Schruppbereich kann dabei mit einem grobkrnigen Hartstoff beschichtet werden um gleichzeitig mglichst viel Material von der Schleifschnecke abzutragen, whrend der Feinaibrichtbereich durch feinkrnigen Hartstoff auf die Oberflchenqualitt hin optimierbar ist.

[0019] Auch die geometrische Verteilung des Abrasivmaterials ber der Abrichtscheibenoberflche kann hinsichtlich seiner Dichte oder aber auch Grsse unterschiedlich sein. Besonders belastete Bereiche wie beispielsweise die Kopf-bereiche der Abrichtscheiben knnen zuszlich durch massive Hartstoffstifte, wie beispielsweise mono- oder polykristalline Diamanteinszte, noch verstarkt werden.

[0020] Der modulare Aufbau bietet weiterhin die Mglichkeit auch die Abrichtscheiben unterschiedlich aufzubauen. Meist werden die Abrichtscheiben so angeordnet, dass sie eine Schnecken-ganglcke ein- oder zweiflankig bearbeiten knnen. Es wre aber auch eine zweigeteilte Abrichtrolle denkbar (im weiteren Verlauf ebenfalls als Abrichtscheibe bezeichnet) die einen Schnecken-zahn an seiner rechten und linken Flanke ein- oder zweiflankig bearbeiten kann. Vorteilhaft ist hierbei, dass der Zahnkopf der Schleifschnecke zuszlich mit diesem Abrichtwerkzeug abgerichtet werden kann.

[0021] In einer Ausfhrungsform ist das Abrichtwerkzeug, vorzugsweise das Feinaibrichtwerkzeug abrichtbar. Zuszlich oder alternativ ist das Feinaibrichtwerkzeug modifizierbar. Somit an die zu bearbeitenden Verzahnung anpassbar.

[0022] Es knnen Modifikationen oder Modifikationsnderungen am Feinaibrichtwerkzeugprofil vor der eigentlichen Abrichtbearbeitung erfolgen, wodurch das Abrichtwerkzeug noch universeller einsetzbar wre. Diese Korrektur des Abricht-

werkzeuges könnte auch in der Schleifmaschine erfolgen indem beispielsweise anstelle der Schleifschnecke zunächst ein weiteres Abrichtwerkzeug in der Schleifschneckenaufnahme eingespannt wird. In diesem Fall könnten die gleichen Maschinenachsen genutzt werden, wie sie auch beim Abrichten der Schleifschnecke eingesetzt werden.

[0023] Erfindungsgemäss wird ein Verfahren zum Abrichten von Schleifwerkzeugen mit einem Abrichtwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6 genutzt. Dieses Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass in einem ersten Prozessschritt gleichzeitig so viele Schneckengänge abrichtbar sind, wie das Abrichtwerkzeug Abrichtscheiben aufweist. Ein erster Schleifschneckengang ist mit einem Feinabrichtwerkzeug und die weiteren Schleifschneckengänge mit Schrubbabrichtwerkzeugen abrichtbar. In den weiteren folgenden Prozessschritten werden die bisher nur Schrubbabgerichteten Schleifschneckengänge jeweils einzeln Feinabgerichtet.

[0024] In diesem Verfahren werden in einem ersten Prozessschritt so viele Schneckengänge gleichzeitig abgerichtet wie das Abrichtwerkzeug Abrichtscheiben aufweist. Dabei wird ein erster Schleifschneckengang von dem Feinabrichtwerkzeug zeitgleich auf das in diesen Prozessschritt vorgesehenen Zahnweitenmass abgerichtet. In den weiteren, parallel angeordneten, Schleifschneckengänge wird dabei nur das Schrubbaufrass abgetragen.

[0025] Durch die Aufteilung des Abrichtwerkzeuges in einen Schrubb- und einen Feinabrichtbereich, vorzugsweise ein Schlichtbereich ist es dabei möglich in einem ersten Abrichtzyklus das komplette Abrichtaufmass zu entfernen bzw. mit deutlich weniger Abrichtthüben auszukommen wie dies nach dem Stand der Technik bisher erforderlich ist um das Abrichtwerkzeug oder das Schleifwerkzeug nicht zu überlasten. Durch die Aufteilung in die zwei Bereiche können diese nämlich optimal für die jeweilige Abrichtaufgabe, wie z.B. hohe Abtragleistung im Schrubbereich und gute Oberflächenqualität im Schlichtbereich, ausgelegt werden.

[0026] In den weiter folgenden Abrichtschritten werden nun die restlichen Schneckengänge ebenfalls mit der Feinabrichtscheibe auf das vorgesehene Zahnweitenmass gebracht. Die Anzahl der Abrichtdurchgänge hängt dabei im Wesentlichen von der Gangzahl der Schleifschnecke, der Anzahl der Abrichtscheiben sowie der Anzahl der abgerichteten Schleifschneckenbereiche, einflankig, zweiflankig oder nur Teilbereiche des Schneckenprofils, ab.

[0027] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird in einem ersten Prozessschritt das Schleifwerkzeug mit einem Restabrichtaufmass abgerichtet und in folgenden Prozessschritten jeder Schneckengang separat auf ein Feinabrichtaufmass abgerichtet. Die Anzahl der Prozessschritte ist abhängig von der Anzahl der Abrichtscheiben an einem Abrichtwerkzeug.

[0028] Im ersten Abrichtprozessschritt verbleibt noch ein Restabrichtaufmass in dem ersten Schleifschneckengang der von der Feinabrichtscheibe abgerichtet wird. Der nächste Abrichtschritt beginnt nun damit das der erste Schleifschneckengang noch einmal mit der Feinabrichtscheibe nun auf das vorgesehene Zahnweitenmass abgerichtet wird, bevor auch die restlichen Schleifschneckengänge auf dieses Mass hin bearbeitet werden. Dies bietet den Vorteil, dass die Abrichtbedingungen in allen Schleifschneckengängen durch vergleichbare Prozessparameter beim Feinabrichten identisch sind. Die Anzahl der Abrichtthübe ist vergleichbar mit der ersten Verfahrensführung nur das hier zusätzlich der erste Schneckengang auch noch einmal mit abgerichtet wird.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens sind vorzugsweise beim Feinabrichten die Schleifschneckengänge durch Achsbewegungen des Abrichtwerkzeuges relativ zur Schleifschnecke korrigierbar. Vorzugsweise werden Bewegungen der C5-Achse ausgeführt. Zusätzlich oder alternativ werden Bewegungen der V1-Achse ausgeführt.

[0030] Die Aufteilung in einen Schrubb- und einen Feinabrichtprozess bietet weiterhin den Vorteil, dass mit der einzelnen Feinabrichtscheibe beim Abrichten Korrekturen durch Achsbewegungen auf die Schleifschnecke aufgebracht werden können. Damit können im Verzahnungsherstellprozess auftretenden Toleranzabweichungen leichter korrigiert werden als dies mit einer Vollprofilrolle möglich wäre. Bei einer Vollprofilrolle müsste dazu diese Rolle nachgearbeitet werden, was zeitlich sehr aufwändig ist.

[0031] Die Bauart des Abrichters, insbesondere das gegenüber dem Fertigabrichtaufmass reduzierte Schrubbaufrass, ermöglicht beim Feinabrichten Korrekturen an der Schleifschnecke ohne das die Nachbargänge davon betroffen wären. So ist es möglich die Vorschubgeschwindigkeiten des Abrichters in Achsrichtung des Werkzeuges über der Werkzeugbreite unterschiedlich zu gestalten. Auch Schwenkbewegungen des Abrichtwerkzeuges um seine Hochachse (C5-Achse) sind möglich ohne dabei gleich benachbarte Schleifschneckengänge mit zu beeinflussen. So können noch zusätzliche Profilkorrekturen an der Schleifschnecke erzeugt werden, die bei der Auslegung des Abrichtwerkzeuges so noch nicht berücksichtigt wurden oder werden konnten.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens ist die Vorschubbewegung der Schleifschnecke variierbar, um Steigungsfehler des Abrichtwerkzeuges beim Schrubbabrichten oder Feinabrichten zu korrigieren. Die Aufteilung in einen mehrgängigen Schrubbereich und einen vorzugsweise einscheibigen Feinabrichtbereich bietet gegenüber Vollprofilrollen den Vorteil, dass Teilungsfehler, welche bei der Werkzeugherstellung aufgetreten sind durch die Maschinensteuerung kompensiert werden können, in dem der Bewegung der Shiftachse eine entsprechende Korrekturfunktion oder Korrekturbewegung beim Feinabrichten der Schleifschnecke überlagert wird. Damit kann die Teilungsgenauigkeit der Schleifschnecke, gegenüber Schnecken die mit Vollprofilrollen abgerichtet wurden, noch verbessert werden. Alternativ kann auch der Eingriffswinkel der Schleifschnecke über eine Variation der Vorschubbewegung korrigiert werden. Zunächst wird beim Schrubbabrichten dabei ein Profilfeiler zwischen den einzelnen Schleifschneckengängen erzeugt, der aber erforderlichenfalls beim weiteren Feinabrichten entsprechend korrigiert werden kann.

[0033] Durch den Schruppbereich kann mehr Schleifschneckenmaterial von den Flanken der Schleifschnecke auf einmal abgetragen werden als dies mit einer reinen Vollprofilrolle zum Feinabrichten möglich wäre. Damit kann insgesamt die Anzahl der Abrichtdurchgänge, um die Schleifschnecke wieder scharf und Toleranzhaltig zu machen, reduziert werden. Der erfindungsgemässe Abrichtvorgang kann somit schneller als ein Abrichtvorgang mit einer Vollprofilrolle ausgeführt werden.

[0034] Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung werden im Folgenden anhand mehrerer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: den Aufbau einer Verzahnungsschleifmaschine nach dem Stand der Technik in schematischer Darstellung mit ihren Maschinenachsen,

Fig. 2: eine Schnittansicht durch ein erfindungsgemässes Abrichtwerkzeug,

Fig. 3: eine Schnittansicht durch eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemässes Abrichtwerkzeug,

Fig. 4: eine Schnittansicht durch ein erfindungsgemässes Abrichtwerkzeug mit einem Schleifwerkzeug in einer Abrichtbearbeitung, und

Fig. 5: eine Schnittansicht durch ein erfindungsgemässes Abrichtwerkzeug mit einem Schleifwerkzeug in einer Abrichtbearbeitung, beim Abrichten eines weiteren Schleifschneckenanges.

[0035] Anhand der schematischen Darstellung in Fig. 1 kann der Aufbau einer Verzahnungsschleifmaschine (30) erklärt werden, wie sie für den Einsatz des erfindungsgemässen Verfahrens genutzt werden kann. Auf einem Maschinenbett (31) sind die Baugruppen Maschinenständer (35), Gegenstände (36) und Maschinentisch (34) angeordnet. Der Maschinenständer (35) kann sich entlang der X1-Richtung in Richtung auf den Maschinentisch (34) linear bewegen. Am Maschinenständer (35) ist ein Bearbeitungskopf (33) mit den Freiheitsgraden A1, V1 und Z1 montiert, wobei eine Schwenkbewegung des Bearbeitungskopfs (33) um die A1-Achse erfolgt. Über die Z1-Achse wird der Bearbeitungskopf (33) mit dem in der B1-Achse aufgenommen Schleifwerkzeug (20) parallel zur Werkstückachse (C2) während der Werkstückbearbeitung bewegt. Über Maschinenbewegungen entlang der X1 und Z1-Achse kann, in diesem Ausführungsbeispiel, das Schleifwerkzeug (20) zum Abrichtwerkzeug (10) hinbewegt werden, damit dann dort der Abrichtvorgang stattfinden kann. Das Abrichtwerkzeug (10) ist dabei in der Abrichtaufnahme (32) aufgenommen und dreht sich während des Abrichtvorgangs wälzgekoppelt mit dem Schleifwerkzeug (20) um die Achse B3. Zu Korrekturbewegungen z.B. des Eingriffswinkels am Schleifwerkzeug (20) kann der Abrichter um die C5-Achse geschwenkt werden. Die Bewegung des Schleifwerkzeuges (20) in V1-Richtung liefert die Relativbewegung zwischen Schleifschnecke (20) und Abrichtwerkzeug (10), wobei die Bewegungsgeschwindigkeit durch die Steigungshöhe der Schnecke und, deren Drehzahl vorgegeben wird, die mit der Bewegung des Abrichtwerkzeuges (10) synchronisiert werden muss.

[0036] Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht eines erfindungsgemässen Abrichtwerkzeugs (10) mit zwei Abrichtbereichen in einer Beispielsausführung für 3 Schneckengänge. Die Bereiche unterscheiden sich dahingehend, dass der Bereich zum Feinabrichten (FA) (Schlichten) eine etwas grössere Zahndicke aufweist wie der des Bereichs für die Gänge 1–3 zum Grobabrichten (Schruppen). Der Unterschied zwischen den Bereichen wird in der Fig. 2 anhand der Linien (17) Schruppen und (18) Feinabrichten dargestellt. Der Feinabrichtbereich nimmt bedingt durch die grössere Zahndicke im ersten Abrichtzyklus zusätzlich von einem Schneckenang des Schleifwerkzeuges noch weiteres Schneckenmaterial ab, um so diesen Gang noch zusätzlich weiter feinabzurichten. Dabei kann das Abrichtwerkzeug einflankig oder beidflankig mit der rechten (15) und/oder linken Flanke (16) mit dem Schleifwerkzeug im Eingriff stehen. Der Zahnkopf (12) des Abrichtwerkzeuges (10) richtet dabei zusätzlich den Zahnfuss (13) der Schleifschnecke mit ab. Der Zahnfuss (13) am Abrichtwerkzeug wird häufig nicht genutzt, da der Zahnkopf (12) am Schleifwerkzeug teilweise separat mit speziellen Kopfabrichtwerkzeuge abgerichtet wird. Die Position (11) bezeichnet eine mögliche Aufnahme des Abrichtwerkzeuges aus der Bohrung heraus dar. Der Pfeil auf der Werkzeugachse stellt eine bevorzugte Werkzeugbewegungsrichtung beim Abrichten dar, in der das Werkzeug geschiftet werden kann.

[0037] Das Werkzeug kann ausserdem modular aus einzelnen Abrichterscheiben (14) aufgebaut sein, wie dies die Trennlinien (19) zwischen den einzelnen Bereichen andeuten.

[0038] Die Fig. 3 zeigt ein Abrichtwerkzeug mit einer alternative Ausführungsform für das Feinabrichtwerkzeug. Bei dieser Ausführung wird gleichzeitig die rechte (15) und linke (16) Flanke eines Schneckenzahnes abgerichtet im Gegensatz zur Ausführung nach der Fig. 1 bei dem die rechte (15) und linke (16) Flanke eines Schneckenanges abgerichtet werden.

[0039] In der Schnittdarstellung in Fig. 4 sind die Details des erfindungsgemässen Abrichtvorganges dargestellt. Das 4-gängige (1, 2, 3, FA) Abrichtwerkzeug (10) befindet sich im Eingriff mit einem 3-gängigen (a, b, c) Schleifwerkzeug (20) und bewegt sich in Pfeilrichtung (40) parallel zu Achse des Schleifwerkzeuges (20). Dabei wird in einem ersten Abrichtzyklus sowohl das Abrichtaufmass AA in allen Schleifschneckenengängen als auch Aufmass AB in wenigstens einem Schleifschneckenang abgetragen, wobei dabei das Aufmass AA vorzugsweise deutlich grösser ist als das Aufmass AB. Die von den jeweiligen Abrichtbereichen (17; 18) bearbeiten Schleifschneckenflanken (15; 16) sind anhand der punktierten Linien

erkennbar. Die Schneckenflanken (15; 16) sind dabei im Bereich (23) bereits fertig abgerichtet, während der Bereich (22) bisher erst mit den Schruppscheiben abgerichtet wurde. Die Flanken (15; 16) im Bereich (21) sind noch nicht abgerichtet.

[0040] Für den folgenden Abrichtzyklus kann das Abrichtwerkzeug (10) entweder weiter in X1-Richtung auf das Schleifwerkzeug (20) zugestellt werden oder aber der Achsabstand bleibt für den abschliessend Abrichtvorgang gleich. Wie in der Fig. 5 dargestellt, wird in diesem Ausführungsbeispiel das Werkzeug einmal parallel zum Schleifwerkzeug (20) verfahren und um einen Schneckengang versetzt wieder in den Eingriff gebracht und richtet so einen weiteren Gang des Schleifwerkzeuges (20) ab. Bei diesem Abrichtvorgang wird in diesem Beispiel nur der Feinabrichtbereich (18) mit dem Schleifwerkzeug (20) in Kontakt gebracht und so die Schnecke für die anschliessende Bearbeitung nur in diesem Bereich (23) feinabgerichtet. Erkennbar ist dabei auch, dass der erste Schneckengang bereits feinabgerichtet ist. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis alle Schneckengänge abgerichtet wurden. Die Anzahl der Abrichtbereiche (17; 18) entspricht dabei in einem ersten Ausführungsbeispiel der Anzahl der Gänge des Schleifwerkzeuges (20).

[0041] In einer weiteren Ausführung kann die Anzahl der Gänge des Schleifwerkzeuges (20) auch einem, vorzugsweise ganzzahligen, Vielfachen der Abrichtbereiche (17; 18) entsprechen.

Patentansprüche

1. Abrichtwerkzeug zum Abrichten von ein- oder mehrgängigen Schleifschnecken zur Hartfeinbearbeitung von verzahnten Werkstücken, mit insbesondere Stirnradverzahnungen, im kontinuierlichen Wälzschleifverfahren, dadurch gekennzeichnet, dass das Abrichtwerkzeug (10) wenigstens zwei Abrichtbereiche (17, 18) mit unterschiedlich grossem Abrichtaufmass (AA, AB) umfasst, welche zum Abtragen von unterschiedlich viel Schleifschneckenmaterial in einem Abrichtzyklus vorgesehen sind.
2. Abrichtwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Abrichtwerkzeug (10) mindestens zwei einzelnen Abrichtbereiche (17, 18) umfasst, wobei sich wenigstens zwei der Abrichtbereiche (17, 18) durch ein unterschiedlich grosses Abrichtaufmass (AA, AB) unterscheiden und das Abrichtwerkzeug (10) vorzugsweise mindestens einen Schrupp- (17) und mindestens einen Feinabrichtbereich (18) aufweist.
3. Abrichtwerkzeug nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Abrichtwerkzeug (10) entsprechend der Gangzahl (a, b, c, d), der zu bearbeitenden mehrgängigen Schleifschnecke modular zusammenstellbar ist, umfassend zumindest eine Feinabrichtscheibe und zumindest eine Schruppabrichtscheibe.
4. Abrichtwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Abrichtwerkzeug (10) mittels des modularen Aufbaus aus Einzelwerkzeugen (14), welche unabhängig voneinander austauschbar und/oder zur Bearbeitung verschiedener Werkstücke unterschiedlich zusammenstellbar sind.
5. Abrichtwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Abrichtbereiche (17, 18) hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften und/oder hinsichtlich der Belegung oder der Bestückung mit Abrasivmaterial unterscheiden und/oder dass die Abrichtbereiche (17, 18) hinsichtlich ihrer geometrischen Form unterscheidbar sind.
6. Abrichtwerkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Abrichtwerkzeug (10) vorzugsweise das Feinabrichtwerkzeug ebenfalls abrichtbar und/oder modifizierbar und so an die zu bearbeitende Verzahnung anpassbar ist.
7. Verfahren zum Abrichten von Schleifwerkzeugen mit einem Abrichtwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Prozessschritt gleichzeitig so viele Schneckengänge abrichtbar sind, wie das Abrichtwerkzeug (10) Abrichtscheiben aufweist, wobei ein erster Schleifschneckengang mit einem Feinabrichtwerkzeug und die weiteren Schleifschneckengänge mit Schruppabrichtwerkzeugen abrichtbar sind und in weiteren folgenden Prozessschritten die bisher nur Schruppabgerichteten Schleifschneckengänge jeweils einzeln feinabgerichtet werden.
8. Verfahren zum Abrichten eines Schleifwerkzeuges nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Prozessschritt das Schleifwerkzeug mit einem Restabrichtaufmass abgerichtet wird und in weiteren folgenden Prozessschritten jeder Schneckengang separat auf ein Feinabrichtaufmass abgerichtet wird, wobei die Anzahl der Prozessschritte abhängig von der Anzahl der Schneckengänge und der Anzahl der Feinabrichtwerkzeuge ist.
9. Verfahren zum Abrichten von Schleifwerkzeugen nach einem der Ansprüche 7 oder 8 dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise beim Feinabrichten die Schleifschneckengänge durch Achsbewegungen des Abrichtwerkzeuges (10) relativ zur Schleifschnecke korrigierbar sind, wobei dabei vorzugsweise Bewegungen der C5-Achse und/oder der V1-Achse und/oder der C2-Achse ausgeführt werden.
10. Verfahren zum Abrichten von Schleifwerkzeugen nach einem der Ansprüche 7 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorschubbewegung des Schleifwerkzeuges, insbesondere einer Schleifschnecke, in Richtung der V-Achse variierbar ist, um Steigungsfehler des Abrichtwerkzeuges (10) beim Schruppabrichten und/oder Feinabrichten zu korrigieren.

Fig.1

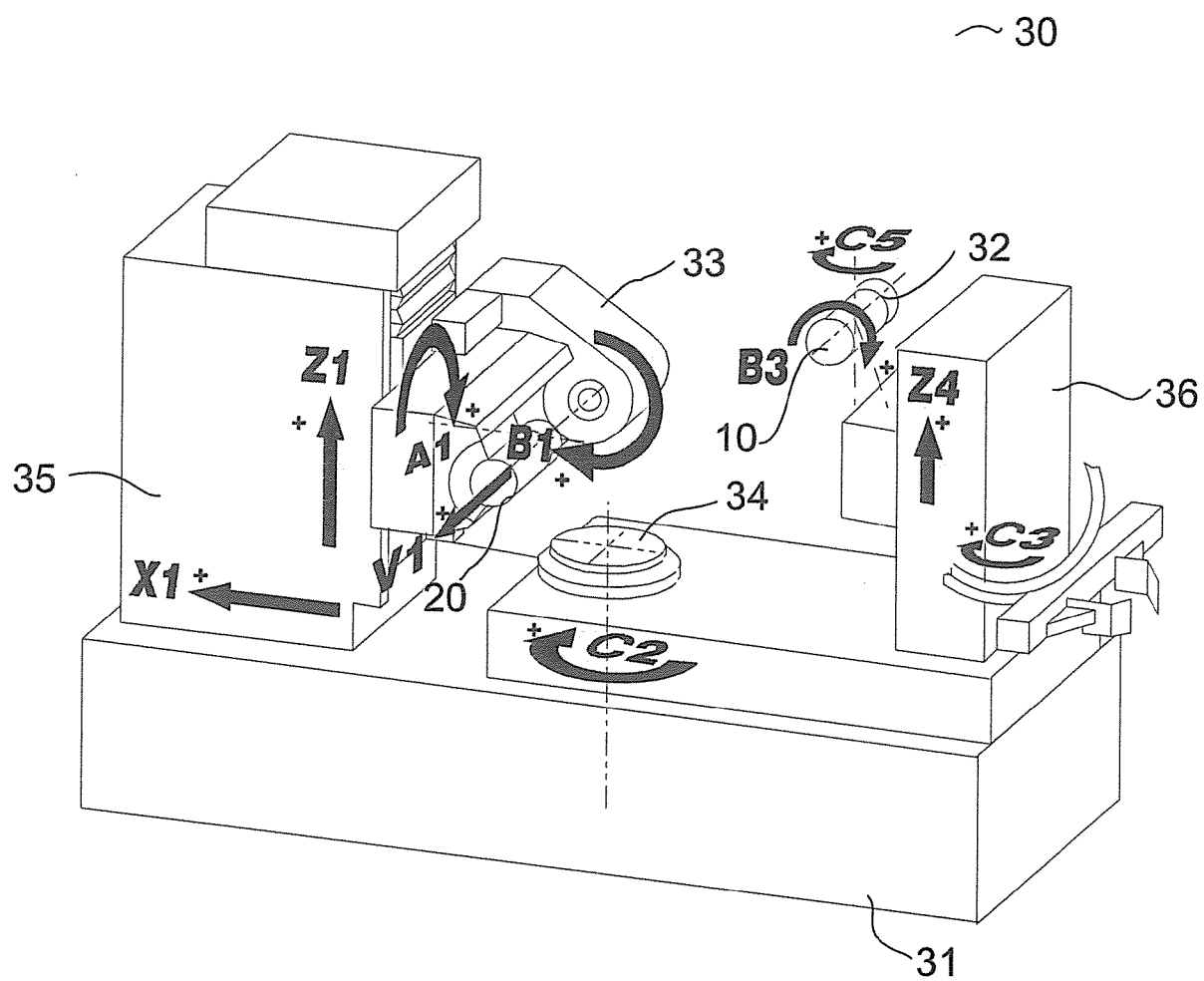


Fig.2

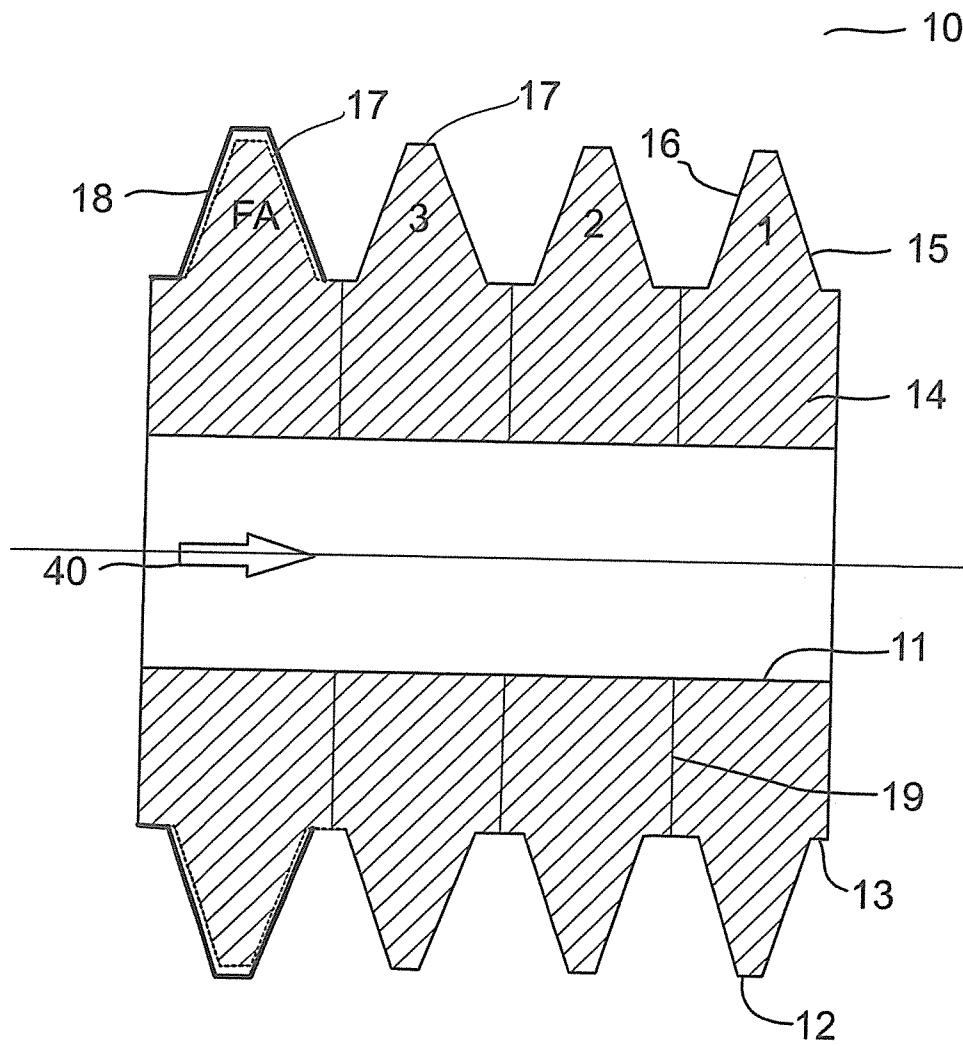


Fig.3

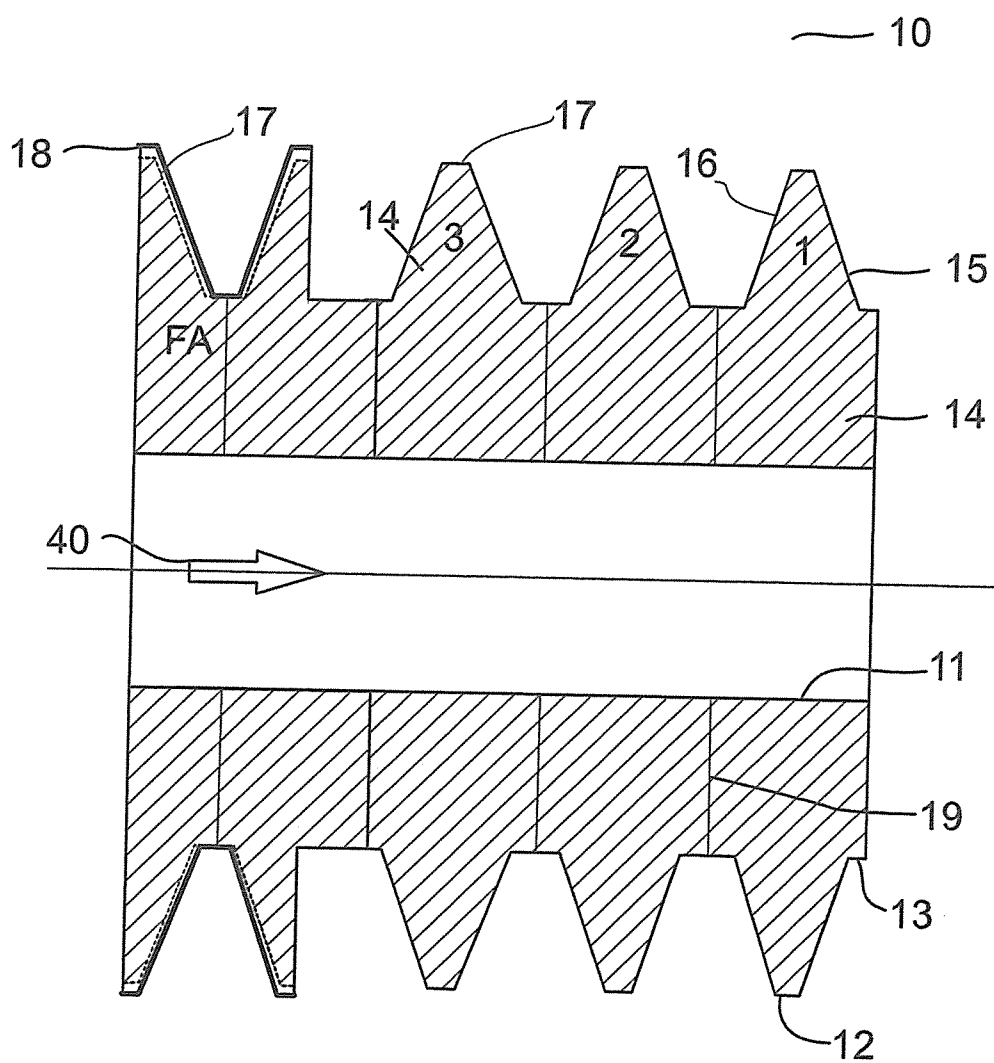


Fig.4

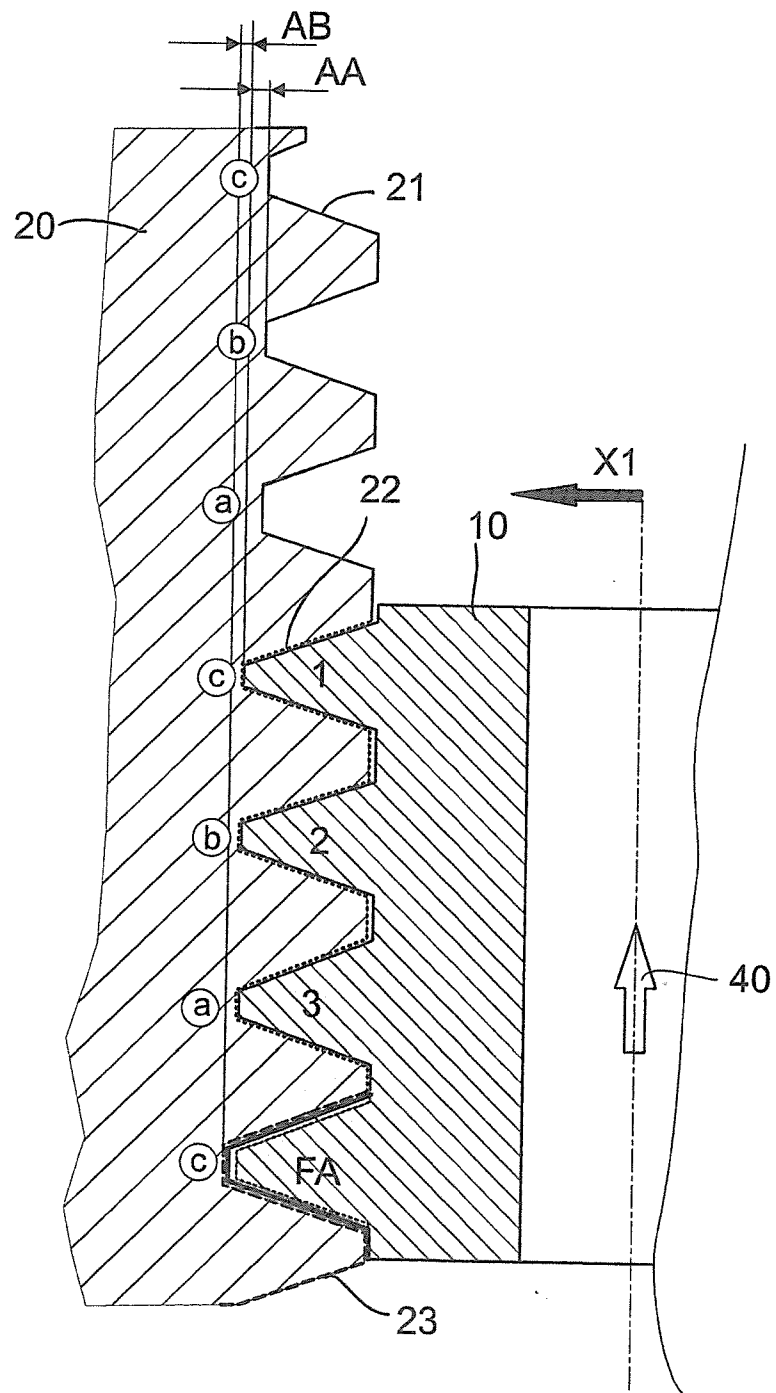


Fig.5

