



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

706 303 A2

(19)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **B24B** 53/075 (2006.01)
B23F 1/02 (2006.01)
B23F 5/02 (2006.01)

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer:	00407/13	(71) Anmelder: Liebherr-Verzahntechnik GmbH, Kaufbeurer Strasse 141 87437 Kempten (DE)
(22) Anmeldedatum:	06.02.2013	(72) Erfinder: Hansjörg Geiser, 87487 Wiggensbach (DE)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	30.09.2013	
(30) Priorität:	30.03.2012 DE 10 2012 006 581.7	(74) Vertreter: Keller & Partner Patentanwälte AG, Schmiedenplatz 5 Postfach 3000 Bern 7 (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Schleifen von modifizierten Verzahnungen.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abrichten und/oder Profilieren eines Schleifwerkzeuges für die Herstellung eines Werkstückes mit korrigierter Verzahnungsflanken-geometrie und/oder modifizierter Oberflächenstruktur, wobei mittels eines Abrichtwerkzeuges das Schleifwerkzeug abgerichtet und profiliert wird, wobei Bereiche des Schleifwerkzeuges gezielt zurückgenommen werden, so dass während eines Schleifhubes nur in Teilbereichen des Profils von Kopf bis Fuss Material am Werkstück abgetragen wird.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abrichten bzw. Profilieren eines Schleifwerkzeuges für die Herstellung eines Werkstückes mit korrigierter Verzahnungsgeometrie und modifizierter Oberflächenstruktur. Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Schleifen von modifizierten Verzahnungen sowie geeignete Vorrichtungen zur Ausführung der entsprechenden Verfahren.

[0002] Bei geräuschkritischen Anwendungen in hochbelasteten Getrieben finden zunehmen topologisch korrigierte und in ihrer Oberflächenstruktur modifizierte Verzahnungen Anwendung. Das Geräuschverhalten bekannter Getriebe wird massgeblich von der Anregung aus der vorgesehenen Verzahnung beeinflusst. Dieser Einfluss der Verzahnungsgeometrie auf das Anregungsverhalten erklärt sich durch gewisse Hauptgeometriekenngrossen, wie Profil und Sprungüberdeckung, sowie durch die Form der Zahnflankentopologie. Zudem kann sich jede auch nur geringfügige Herstellabweichung von der festgesetzten Zahnflankentopologie nachteilig auf das Anregungsverhalten auswirken.

[0003] Derzeit ist man bestrebt, mit gezielten Flankenkorrekturen das Anregungsverhalten zu optimieren um somit das Geräuschverhalten gewisser Getriebearten zu verbessern. Erzeugt werden diese Modifikationen mittels Wälzschleif- bzw. Profilschleifverfahren. Das erforderliche Schleifwerkzeug kann abrichtbar ausgestaltet sein und wird in ein oder mehreren Abrichtvorgängen in Abhängigkeit der erwünschten Oberflächengeometrie des Werkstückes entsprechend angepasst.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, dem Fachmann ein neuartiges Verfahren zur Herstellung eines Werkstückes mit modifizierter Oberflächenstruktur und korrigierter Verzahnungsgeometrie an die Hand zu geben, dass zum einen den Abrichtvorgang des passenden Schleifwerkzeuges sowie zum anderen das Herstellungsverfahren selbst betrifft.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Schleifverfahren und ein Verfahren zum Abrichten und Profilieren eines Schleifwerkzeuges gemäss den Merkmalen des Anspruchs 1 und 2 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens sind Gegenstand der sich an die Hauptansprüche anschliessenden abhängigen Ansprüche.

[0006] Erfindungsgemäss wird zur Herstellung eines Werkstückes mit korrigierter Verzahnungsgeometrie und modifizierter Oberflächenstruktur ein Wälz- oder Profilschleifverfahren sowie ein Verfahren zum Abrichten des entsprechenden Schleifwerkzeuges vorgeschlagen, bei dem mittels des Abrichtwerkzeuges einzelne Profilbereiche des Schleifwerkzeuges freigelegt werden, die im anschliessenden Schleifhub nicht zu Eingriff kommen. Durch oszillierende Zusatzbewegungen einzelner, am Prozess beteiligter Maschinenachsen werden im Schleifprozess Modifikationen oder Welligkeiten auf der Zahnflanke über Teile der Flanke oder über der gesamten Werkstückbreite erzeugt.

[0007] Unter Schleifhub im Sinne dieser Erfindung versteht man einen Bearbeitungsschritt bei dem das Schleifwerkzeug in axialer Richtung, parallel zur Werkstückachse bewegt wird und dabei zumindest Teilbereiche der Zahnradflanken bearbeitet.

[0008] Das Schleifwerkzeuges für dieses Verfahren ist eine Schleifschnecke, deren Oberflächenstruktur mittels des erfindungsgemässen Verfahrens abgerichtet und profiliert wird, um die periodische Flankenwelligkeit auf der aktiven Oberfläche erzeugen zu können.

[0009] Die Ausführung des Verfahrens ist jedoch nicht auf abrichtbare Schleifschnecken z.B. aus Korund oder CBN begrenzt, sondern lässt sich analog auf ein Schleifwerkzeug in Form einer Profilscheibe anwenden oder aber mit einem hartstoffbeschichteten, aber nicht abrichtbaren Schleifwerkzeug durchführen.

[0010] Das Schleifwerkzeug für dieses Verfahren wird so hergestellt oder abgerichtet und profiliert, dass in verschiedenen Werkzeugbreitenpositionen (Shiftpositionen) jeweils unterschiedliche Profilbereiche hervorragen die in unterschiedlichen Schleifhuben zum Eingriff kommen. In den, zurückgesetzten Profilbereiche, wird das Zahnrad während dieses Schleifhubes nicht bearbeitet. Nach dem Vershiften des Schleifwerkzeuges in eine andere Werkzeugbreitenposition werden diese Werkstückbereiche dann, von dem dort aktiven Profilbereich bearbeitet. Die Anzahl der Breitenpositionen am Werkzeug mit unterschiedlichen Profilbereichen ist abhängig von der Anzahl der geplanten Schleifhübe zur kompletten Bearbeitung der Zahnflanke-/Profilhöhe einer Verzahnung.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann auch das Schleifwerkzeug so profiliert und abgerichtet werden, dass während eines Hubes Bereiche von Kopf bis Fuss bearbeitet werden. Dies kann dann der Fall sein, wenn das Schleifwerkzeug zum Diagonalschleifen genutzt werden soll. Dabei kann das Schleifwerkzeug so abgerichtet werden, dass sich der aktive Profilbereich spiralförmig um das Schleifwerkzeug herum erstreckt. Hierzu wird beim Abrichten das Abrichtwerkzeug in Abhängigkeit von der Werkzeugbreitenposition radial zugestellt oder zurückgezogen.

[0012] Vor Ausführung des nächsten Schleifhubes muss dann das Werkzeug vershifft werden wodurch sich der aktive Profilbereich ebenfalls verlagert. Der Bearbeitungsbereich läuft dann parallel zum Bearbeitungsbereich des ersten Hubes schräg über die Zahnflanke.

[0013] Wenn das Werkzeug in einen Schrapp- und einen Schlichtbereich aufgeteilt ist, kann auch nur der Schlichtbereich über seiner gesamten Breite spiralförmig abgerichtet werden und für diesen speziellen Prozessschritt vorbereitet sein.

[0014] Neben dem speziell für dieses Verfahren aufbereiteten Schleifwerkzeug sind auch noch Zusatzbewegungen einer oder mehrerer am Schleifprozess beteiligter Maschinenachsen notwendig.

[0015] Achsbewegungen im Sinne der Erfindungen sind dabei oszillierende Bewegungen einer oder mehrerer Maschinenachsen in radialer, oder tangentialer Richtung zur Verzahnung, abhängig von der aktuell bearbeiteten Werkstückbreitenposition. Diese Zusatzbewegungen erzeugen periodisch wiederkehrende Oberflächenstrukturen oder Welligkeiten in dem bearbeiteten Profilhöhenbereich auf der Zahnflanke, die zu einer anregungsoptimierten Zahnradoberfläche führen.

[0016] Die Amplitude dieser Strukturen oder Welligkeiten liegt dabei im Mikrometerbereich.

[0017] Eine Zustellbewegung in einer ersten Ausführungsform kann eine radiale Zustellbewegung des Werkzeuges zum Werkstück hin oder vom Werkstück weg, sein. Diese Bewegung wird der für den Schleifhub notwendigen Zustellbewegung überlagert und erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Werkstückbreitenposition.

[0018] Eine weitere Form einer Zusatzbewegung kann in Form einer tangentialen Zusatzbewegung in Richtung der Werkzeugachse erfolgen. Des Weiteren ist eine Modifikation in Form von zusätzlich überlagerte Beschleunigung oder Verzögerung zu den Drehbewegungen der Werkzeug- und/oder Werkstückdrehbewegung möglich. Auch über diese Zusatzbewegungen kann eine wellige Flankenstruktur erzeugt werden.

[0019] Auch über ein Schwenken des Schleifwerkzeuges können Modifikationen auf der Zahnflanke erzeugt werden. Durch ein Schwenken des Schleifwerkzeuges wird die Werkzeugbreite im Eingriff erhöht oder ggf. reduziert. Auch damit lassen sich Welligkeiten oder Modifikationen auf der Zahnflanke erzeugen.

[0020] Im weiteren Schleifhub sind die zunächst genutzten Profilbereiche des Schleifwerkzeuges zurückgesetzt und neue bisher nicht benutzte Profilbereiche kommen zu Einsatz. Auch hier werden wieder die zuvor genannten Zusatzbewegungen der Maschinenachsen ausgeführt. Die Oszillation der Zusatzbewegungen kann dabei phasenverschoben oder phasenversetzt zur den Zusatzbewegungen im ersten Schleifhub erfolgen. Damit wird ein ungleichmässiges Welligkeitsbild auf der Flanke der Verzahnung erzeugt.

[0021] Die Wiederholung der Schleifhübe mit der zugehörigen Zusatzbewegung erfolgt so lange bis die gesamte Zahnflanke der Verzahnung bearbeitet worden ist. Durch die Verschiebung der Phasenlage der Welligkeit je Hub, kann ein phasenverschobenes Wellenmuster über der Profilhöhe bzw. Zahnbreite erzeugt werden.

[0022] Der Abrichtvorgang selbst kann stufenweise erfolgen. Zunächst wird das Schleifwerkzeug mit einer Formrolle über der gesamten Profilhöhe abgerichtet. Nur die zurückgesetzten Profilbereiche können dann anschliessend z.B. mit dem Zeilenabrichtverfahren freigelegt werden.. Damit kann der Abrichtprozess wirtschaftlicher gestaltet werden, wie ein reiner Zeilenabrichtprozess. Je nach Grösse der Zustelltiefe der zurückgelegten Profilbereiche können auch mehrere Abrichtzyklen mit der Abrichtrolle erfolgen, bevor es ggf. wieder notwendig wird, die zurückgelegten Profilbereiche neu abzurichten.

[0023] Die Reihenfolge der verschiedenen Abrichtprozesse kann auch getauscht werden.

[0024] Die einzelnen Profilbereiche können die Zusatzbewegungen sodann während des Schleifvorgangs auf die Flankenstruktur der Werkstückverzahnung übertragen werden. Das Schleifwerkzeug muss nicht notwendigerweise zwischen einzelnen Bearbeitungshüben erneut abgerichtet bzw. profiliert werden.

[0025] Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von mehreren heterogener Abrichtrollen, Diese kommen idealerweise nacheinander zum Einsatz und richten jeweils freigelegte oder vorstehende Profilbereiche des Schleifwerkzeuges ab. Dadurch wird der Zeitaufwand für den Abrichtvorgang deutlich reduziert und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird weiter optimiert.

[0026] Eine dazu alternative Abrichtmethode basiert auf Grundlage eines Abrichtzahnrades. Idealerweise umfasst das verwendete Abrichtzahnrad verschiedener Arbeits- bzw. Abrichtbereiche über seine Breite. Die Zahnradoberfläche kann mit einem Hartstoff, üblicherweise Diamant, beschichtet sein. Während des Abrichtverfahrens können durch gezieltes Anfahren der unterschiedlichen Breitenbereiche des Abrichtwerkzeuges unterschiedlichen Bereiche des Schleifwerkzeuges abgerichtet werden.

[0027] Die Erfindung betrifft zudem ein Schleifwerkzeug, das erfindungsgemäss unterschiedliche Arbeitsbereiche aufweist, welche in zeitlich nacheinander angeordneten Schleifhüben unterschiedliche Profilbereiche der Verzahnung bearbeitet. Mittels des erfindungsgemässen Schleifwerkzeugs lässt sich ein Werkstück, vorzugsweise mit einer zylindrischen Stirn- oder Schrägverzahnung, mit korrigierter Verzahnungsgeometrie und/oder modifizierter Oberflächenstruktur schleifen, wodurch die Betriebscharakteristik derartiger Werkstücke spürbar verbessert wird.

[0028] Das Schleifwerkzeug ist abrichtbar ausgeführt. Vorzugsweise ist das Schleifwerkzeug mittels des voranstehend beschriebenen erfindungsgemässen Verfahrens bzw. mittels einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens abrichtbar und/oder profilierbar bzw. abgerichtet und/oder profiliert. Das Schleifwerkzeug weist offensichtlich dieselben Vorteile und Eigenschaften wie das erfindungsgemässe Verfahren auf, weshalb an dieser Stelle auf eine wiederholende Beschreibung verzichtet wird.

[0029] Das Schleifwerkzeug kann als Schleifschnecke ausgeführt sein. Prinzipiell kann das Schleifwerkzeug auch eine Profilschleifscheibe sein, die eine entsprechende Oberflächenstruktur aufweist.

[0030] Die Oberfläche des Schleifwerkzeuges bildet sich im Zuge des Schleifprozesses auf der Flanke der geschliffenen Verzahnung des bearbeiteten Werkstücks ab und erzeugt so bei der Ausführung des erfindungsgemässen Feinbearbeitungsverfahrens Werkstücke, die eine periodische Flankenwelligkeit als Oberflächenmuster auf den Zahnoberflächen auf-

weisen. Ein derartiges Oberflächenmuster kann zu einer deutlichen Reduzierung der Eingriffs- und Betriebsgeräusche derartiger Verzahnungen führen.

[0031] Das erfindungsgemässe Schleifwerkzeug kann vorzugsweise in mehrere Bereiche eingeteilt sein, die nacheinander in Eingriff mit dem Werkstück bringbar sind. Beispielsweise kann das erfindungsgemässe Schleifwerkzeug ein oder mehrere Schruppbereiche und bzw. oder ein oder mehrere Schlichtbereiche aufweisen.

[0032] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen eines Werkstückes, wobei eine korrigierte Verzahnungsgeometrie und ein modifizierte Oberflächenstruktur zur Verbesserung der Betriebscharakteristik des Werkstückes, insbesondere eines Zahnrads, wünschenswert sind.

[0033] Zur Herstellung der geforderten Oberflächenstruktur der zu erstellenden Werkstückverzahnung wird auf das erfindungsgemässe Schleifwerkzeug zurückgegriffen und/oder das eingespannte Schleifwerkzeug vor oder während des Schleifvorgangs gemäss dem voranstehend beschriebenen Abrichtverfahren abgerichtet und/oder profiliert. Zusätzlich werden die periodischen Zusatzachs-bewegungen den Achsbewegungen zur Feinbearbeitung einer Verzahnung, überlagert.

[0034] Die Oberfläche des Schleifwerkzeuges bildet sich bei dem erfindungsgemässen Verfahren durch den Schleifprozess auf der Flanke der geschliffenen Verzahnung ab und erzeugt so bei der Feinbearbeitung ein entsprechendes Werkstück, das eine periodische Flankenwelligkeit als Oberflächenmuster auf den Zahnoberflächen aufweist.

[0035] Beispielsweise kann das Werkstück mittels des erfindungsgemässen Verfahrens in mehreren Bearbeitungshüben geschliffen werden. In diesem Fall werden unterschiedliche Profilbereiche des Werkstückes mit den jeweiligen zugeordneten Profilbereichen des Schleifwerkzeuges bearbeitet. So kann z. B. während des ersten Schleifhubs der Bereich vom Zahnfuss bis zu einer bestimmten Zahnhöhe bearbeitet werden, und in einem nachfolgenden Schleifhub der Kopfbereich der Verzahnung fertiggestellt werden. Die Anzahl der Schleifhübe ist nicht beschränkt, beträgt jedoch mindestens zwei. Grundsätzlich kann die Mindestanzahl von zwei Schleifhüben beliebig erhöht werden. Üblicherweise sind 1 bis 7 Wellen über der gesamten Profilhöhe erforderlich, um eine optimale Betriebscharakteristik des Werkstückes zu erreichen.

[0036] Der Abrichtvorgang des Schleifwerkzeuges erfolgt idealerweise einmalig vor dem Schleifgang kann aber auch beispielsweise zyklisch während des Schleifvorgangs wiederholt werden.

[0037] Das Schleifwerkzeug kann beispielsweise während des Schleifvorgangs kontinuierlich in Achsrichtung des Werkstückes verfahren werden. Erfolgt ein Werkzeugvorschub lediglich in Achsrichtung des Werkstückes, so wird der Prozess als Axialschleifverfahren bezeichnet.

[0038] Mittels des erfindungsgemässen Verfahrens lässt sich eine Flankenwelligkeit entlang der Zahnflanke erreichen. Wird in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens das Schleifwerkzeug zusätzlich tangential zum Werkstück verschifft, so entspricht das Schleifverfahren einem diagonalen Schleifverfahren, wodurch ein schräg über die Flankenbreite verlaufender periodischer Wellenverlauf erreicht wird. Ein optimaler schräger Verlauf der Welligkeiten über die Flankenbreite kann gegebenenfalls einen positiven Einfluss auf das Laufgeräusch entsprechender Zahnradpaare haben.

[0039] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Verzahnmaschine zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens zum Abrichten eines Schleifwerkzeuges. Weiterhin kann die Verzahnmaschine geeignet sein, ein Werkstück gemäss dem erfindungsgemässen Schleifverfahren zu fertigen. Besonders bevorzugt ist es, wenn beide Verfahren in gegenseitiger Abstimmung auf der Verzahnmaschine ausführbar sind.

[0040] Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung werden im Folgenden anhand mehrerer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine CNC-Verzahnmaschine zur Durchführung der erfindungsgemässen Verfahren,

Fig. 2: eine schematische Darstellung der Profilwelligkeit,

Fig. 3: eine Schleifschnecke mit verschiedenen Flankenbereichen,

Fig. 4, 5: eine Schleifschnecke zur Diagonalebearbeitung mit verschiedenen Flankenbereichen und

Fig. 6: eine Schleifscheibe die verschiedene Flankenbereiche abrichtet.

[0041] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Wälz- und Profilschleifmaschine zur Durchführung der erfindungsgemässen Verfahren zur Herstellung einer periodischen Flankenwelligkeit auf einem zu verzahnenden Werkstück vorgenommen werden kann. Die Wälz- und Profilschleifmaschine weist dabei die für die Bearbeitung notwendigen Freiheitsgrade auf und kann insbesondere die eingezeichneten Bewegungen A1, B1, B3, C2, C3, C5, V1.X1.Z1, sowie Z4 ausführen. Im Einzelnen beschreibt X1 die Radialbewegung des Ständerschliters, V1 die Tangentialbewegung des Werkzeugs, Z1 die Axialbewegung des Werkzeugs, B1 die Drehbewegung des Werkzeugs, C2 die Drehbewegung des Werkstücks, A1 die Schwenkbewegung des Werkzeugs, Z4 die Vertikalbewegung des Gegenhalters, C3 die Drehbewegung des Ringla-

ders, B3 die Drehbewegung des Abrichtwerkzeugs sowie C5 den Schwenkwinkel des Abrichtwerkzeugs zur Änderung des Eingriffswinkel am Schleifwerkzeug.

[0042] Die Fig. 2 zeigen eine schematische Darstellung der erwünschten Profilwelligkeit eines zu verzahnenden Werkstückes. Die Darstellung gemäss Fig. 2a offenbart eine perspektivische Seitenansicht auf die Oberseite eines einzelnen Zahns. Die Flankenometrie wird mittels Profil- und Flankenlinien beschrieben, wobei die Profillinien auf jeder Flankenseite vom Zahnkopf bis hin zum Zahnfussbereich verlaufen. Die Flankenlinien erstrecken sich über die gesamte Zahnbreite, d.h. quer zur Ausrichtung der Profillinien.

[0043] Fig. 2b zeigt nun eine dreidimensionale Darstellung einer möglichen Zahnflankenstruktur des Zahnrads. In der Diagrammdarstellung ist der Amplitudenverlauf der Oberflächenwelligkeit der Zahnflanke gegenüber der Zahnbreite und der Eingriffstrecke eingetragen. Zur Verdeutlichung sind ebenfalls die in Fig. 2a definierten Flanken- und Profillinien gekennzeichnet. Wie der Fig. 2b im Einzelnen zu entnehmen ist, zeigt die Zahnoberfläche sowohl in Richtung der Zahnhöhe als auch in Richtung der Zahnbreite eine periodische Welligkeit, wobei die Welligkeiten auf der Zahnflanke schräg über der Flankenbreite verlaufen.

[0044] Eine mögliche Vorgehensweise zur Erzeugung der periodischen Korrekturen auf der Zahnflanke besteht darin, das Werkstück in mehreren Bearbeitungshüben zu schleifen. Als Schleifwerkzeug wird eine Schleifschnecke verwendet. Es werden unterschiedliche Profilbereiche definiert, die nacheinander mittels der Schleifschnecke bearbeitet werden. Fig. 3 zeigt eine mögliche Definition einzelner Teilbereiche, wobei die Zahnflanke vom Zahnfuss D bis zum Zahnkopf A in die drei Teilbereiche 1, 2, 3 unterteilt ist. In diesem Fall wird während des ersten Schleifhubs der Bereich vom Zahnfuss D bis in die Nähe des Teilkreises 1 bearbeitet. Im nachfolgenden Schleifhub erfolgt die Bearbeitung des Bereichs um den Teilkreis 2, um abschliessend im dritten Schleifhub den Kopfbereich der Verzahnung 3 fertigzustellen.

[0045] Die Wellenförmigen Linien in Flankenrichtung der Verzahnung werden durch die periodisch wiederkehrenden oder oszillierenden Zusatzbewegungen der Maschinenachsen erzeugt, die den Achsbewegungen zur Feinbearbeitung einer Verzahnung überlagert werden. Zwischen den einzelnen Schleifhüben wird die Phasenlagen der oszillierende Bewegung in Flankenrichtung verschoben umso gezielt ein Welligkeitsmuster auf der Zahnflanke zu erzeugen. Dadurch wird das Geräuschverhalten der Zahnradpaarungen noch weiter verbessert.

[0046] Für die einzelnen Profilbereiche 1, 2, 3 sind zugeordnete Bereiche der Schleifschnecke vorgesehen. Um die voranstehend beschriebene Profilstruktur zu erhalten, wird nur der jeweils aktive Profilbereich pro Schleifhub in Kontakt gebracht, während die inaktiven übrigen Bereiche der Schleifschnecke zurückgesetzt sind und folglich kein fertig abgerichtetes Profil erzeugen.

[0047] Der aktive Arbeitsbereich kann speziell profiliert bzw. abgerichtet werden, um den Übergang zwischen den einzelnen Profilbereichen fließend zu gestalten.

[0048] Die Anzahl der Schleifhübe beträgt mindestens zwei und kann nahezu beliebig erhöht werden, wobei üblicherweise ein bis sieben Wellen über die Profilhöhe erforderlich sind.

[0049] Die verwendete Schleifschnecke kann in mehrere Bereiche eingeteilt sein, die nacheinander in den Eingriff mit dem Werkstück gebracht werden. Damit kann in einem ersten Schleifvorgang beispielsweise der Schrubbereich genutzt werden und im nachfolgenden Schleifvorgang der Schlichtbereich des Werkzeugs für die Feinbearbeitung in Eingriff gebracht werden.

[0050] Das vorgestellte Verfahren kann als Diagonalschleifverfahren ausgeführt werden, indem zusätzlich während eines Schleifhubs eine Tangentialbewegung (V1) des Schleifwerkzeugs zum Werkstück realisiert wird. Über die Tangentialbewegung (V1) kann der Verlauf der ausgeprägten Wellen über die Flankenbreite variiert werden. Das Schleifwerkzeug hierzu kann zusätzlich spiralförmig über der gesamten Werkzeugbreite abgerichtet sein.

[0051] Beispielsweise kann, wie in Fig. 4 dargestellt, der Verlauf des aktiven Werkzeugbereiches an der Flanke in Richtung der Flankenbreite schräg verlaufen. Zunächst ist hier vorgesehen, dass die Zusatzbewegung nur zwischen den einzelnen Schleifhüben aufgebracht wird. In der Fig. 4 ist beispielsweise dargestellt, dass für die Bereiche 1 und 3 das Schleifwerkzeug tiefer zugestellt wurde und für den Bereich 2 die Zustellung reduziert wurde.

[0052] Der Winkel der Wellenausbreitungsrichtung gegenüber der Flankenlängsachse bestimmt sich über die Tangentialbewegung (V1). Die Welligkeit in Profilrichtung wird dabei durch die Zusatzachs-bewegung(en), die den Bewegungen für die Feinbearbeitung der Verzahnung überlagert werden, erzeugt. Zunächst ist hier vorgesehen, dass die Zusatzbewegung nur zwischen den einzelnen Schleifhüben aufgebracht wird.

[0053] In einer erweiterten Ausführungsform, wie in Fig. 5 dargestellt, können die Zusatzbewegungen auch hier noch während eines Schleifhubes aufgebracht werden, wobei auch hier die Phasenlage der periodischen Oberflächenmodifikation oder Welligkeit zwischen den einzelnen Bearbeitungsspuren in Flankenrichtung verschoben werden kann, um so geräuschoptimierte Zahnradpaarungen zu erhalten.

[0054] Eine Zahnradpaarung, die einen Flankenwellenverlauf mit gegensinniger Schräge über die jeweilige Zahnbreite aufweist, zeichnet sich durch nochmals verbesserte Laufeigenschaften und eine weitere Reduzierung der Laufgeräusche aus.

[0055] Die vorgestellten Herstellungsverfahren funktionieren sowohl für das Wälz- als auch für das Profilschleifen.

[0056] Für das Profilschleifen muss die Profilscheibe nicht jedes Mal neu profiliert werden.

[0057] Durch Zusatzbewegungen in C- und/oder V- und / oder A- und/oder X-Richtung ist es möglich mit einer Profilscheibe unterschiedliche Flankenbereiche zu bearbeiten. Dies ist in der Fig. 6. dargestellt.

[0058] Das jeweilige Schleifwerkzeug kann während der Verfahrensausführung mittels Zeilenabrichtverfahren profiliert bzw. abgerichtet werden, wobei hier eine Schleifschnecke gezielt in den unterschiedlichen Profilbereichen 1, 2, 3 (vgl. Fig. 3 und Fig. 4) unterschiedlich abgerichtet wird. Alternativ können nacheinander die unterschiedlichen Profilbereiche auf dem Schleifwerkzeug abgerichtet werden, nachdem ein Bearbeitungshub abgeschlossen ist.

[0059] Ein besseres Ergebnis kann durch die Verwendung mehrerer unterschiedlich gestalteter Abrichtrollen, die nacheinander zum Einsatz kommen und dabei unterschiedliche Profilbereiche abrichten, erzielt werden.

[0060] Eine weitere alternative Abrichtmethode verwendet ein hartstoffbeschichtetes Abrichtzahnrad mit verschiedenen Arbeits- bzw. Abrichtbereichen entlang der Werkzeugbreite. Durch Anfahren unterschiedlicher Breitenabschnitte des Abrichtwerkzeuges werden dann die unterschiedlichen Bereiche des Schleifwerkzeuges abgerichtet.

[0061] Beide zuletzt genannten Abrichtverfahren zeichnen sich durch eine Verbesserung der Profilqualität aus, da hier die Profilbereiche anders als beim Zeilenabrichten nicht in mehreren Abrichtzyklen erzeugt werden und es daher zu keinen Übergangsbereichen zwischen den Abrichtbahnen kommt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abrichten und/oder Profilieren eines Schleifwerkzeuges für die Herstellung eines Werkstückes mit korrigierter Verzahnungsflankenengeometrie und/oder modifizierter Oberflächenstruktur, wobei mittels eines Abrichtwerkzeuges das Schleifwerkzeug abgerichtet und profiliert wird, dadurch gekennzeichnet, dass Bereiche des Schleifwerkzeuges gezielt zurück genommen werden, so dass während eines Schleifhubes nur in Teilbereichen des Profils von Kopf bis Fuss Material am Werkstück abgetragen wird.
2. Verfahren zum Wälz- oder Profilschleifen eines Werkstücks mit korrigierter Verzahnungsflankenengeometrie und/oder modifizierter Oberflächenstruktur, wobei die Bearbeitung in mehreren Hübten ausgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug während eines Schleifhubes nur in Teilbereichen des Profils von Kopf zum Fuss Kontakt mit dem Werkstück hat und durch gezielte Überlagerung von zusätzlichen Achsbewegungen während oder zwischen den Schleifhübten Modifikationen oder Welligkeiten auf das Werkstück aufgebracht werden.
3. Verfahren zum Abrichten eines Schleifwerkzeuges bei dem das Abrichtwerkzeug, in verschiedene Breitenpositionen mit unterschiedlich aktiven Profilbereichen aufgeteilt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3 bei dem das Schleifwerkzeug zwischen den einzelnen Schleifhübten mit den verschiedenen aktiven Profilbereichen durch gezielte Überlagerung von zusätzlichen Achsbewegungen vorzugsweise ein Verschieben des Schleifwerkzeuges und durch gezielte Überlagerung von zusätzlichen Achsbewegungen während des Hubes Modifikationen oder Welligkeiten auf das Werkstück aufbringt.
5. Verfahren zum Abrichten eines Schleifwerkzeuges bei dem das Abrichtwerkzeug, während es in Werkzeuglängsrichtung bewegt wird, kontinuierlich radial zugestellt oder zurück gezogen wird und so das Schleifwerkzeug spiralförmig abgerichtet wird bzw. spiralförmige Bereiche gezielt zurückgelegt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5 bei dem das Schleifwerkzeug zwischen den einzelnen Schleifhübten verschiftet wird um den aktiven Profilbereich am Hubanfang zu verändern und zur Erzeugung der Modifikationen und Welligkeiten in Abhängigkeit vom aktiven Profilbereich am Hubanfang unterschiedlich radial zugestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6 bei dem die gezielte Überlagerung von zusätzlichen Achsbewegungen auch noch zusätzlich während eines Schleifhubes periodisch modifiziert aufgebracht werden.
8. Verfahren nach Anspruch 4, 6 oder 7 bei dem das Schleifwerkzeug zur Erzeugung von Breitenballigkeiten um die A-Achse geschwenkt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 2, 4, 6 oder 7 bei dem so viele Schleifhübe durchgeführt werden, wie Korrekturflächen auf der Zahnflanke in Flankenrichtung vorgesehen sind, sowie das Werkzeug dazu.
10. Verfahren nach Anspruch 2, 4, 6 oder 7 bei dem das Werkstück zunächst nach dem bekannten Wälz- oder Profilschleifverfahren geschliffen wird und nur in ausgewählten Profilbereichen Korrekturflächen auf der Zahnflanke in Flankenrichtung vorgesehen sind, sowie das Werkzeug dazu.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifwerkzeug mittels Zeilenabrichtverfahren abgerichtet und profiliert wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifwerkzeug zunächst mittels einer oder mehrerer Abrichtscheiben abgerichtet wird und nur die zurückgesetzten Profilbereiche mittels Zeilenabrichtverfahren abgerichtet und profiliert werden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifwerkzeug mit mehreren heterogenen Abrichtscheiben abgerichtet und profiliert wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifwerkzeug mit wenigstens einem Abrichtzahnrad abgerichtet und profiliert wird, wobei das wenigstens eine Abrichtzahnrad ein oder mehrere Abrichtbereiche umfasst.
15. Verfahren nach Anspruch 2, 4, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des Verfahrens eine hartstoffbeschichtete, nicht abrichtbare Schleifscheibe oder eine hartstoffbeschichtete, nicht abrichtbare Schleifschnecke, in mehreren, aufeinander folgenden, Schleifhüben jeweils unterschiedliche Werkzeugprofilbereiche zum Eingriff bringt.
16. Verfahren nach Anspruch 2, 4, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifwerkzeug aus abrichtbarem CBN besteht.
17. Schleifwerkzeug vorzugsweise Schleifscheibe oder Schleifschnecke, bei welchem zur Bearbeitung eines Werkstückes einzelne Profilbereiche hervorgehoben sind, so dass sie im Schleifverfahren an dieser Stelle Material am Werkstück abtragen.
18. Schleifschnecke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Werkzeug in so vielen Teilbereichen unterschiedlich profiliert ist, wie anschliessend Schleifhübe zur Bearbeitung der Verzahnung geplant sind.
19. Verfahren zum Schleifen eines Werkstückes mit einer korrigierten Verzahnungsgeometrie und/oder modifizierter Oberflächenstruktur, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Schleifwerkzeuges auf wenigstens einer Zahnflanke des Werkstückes in wenigstem einem Profilbereich der Zahnflanke eine periodische Flankenmodifikation erzeugt wird.
20. Verzahnmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 9 bis 10.

∞

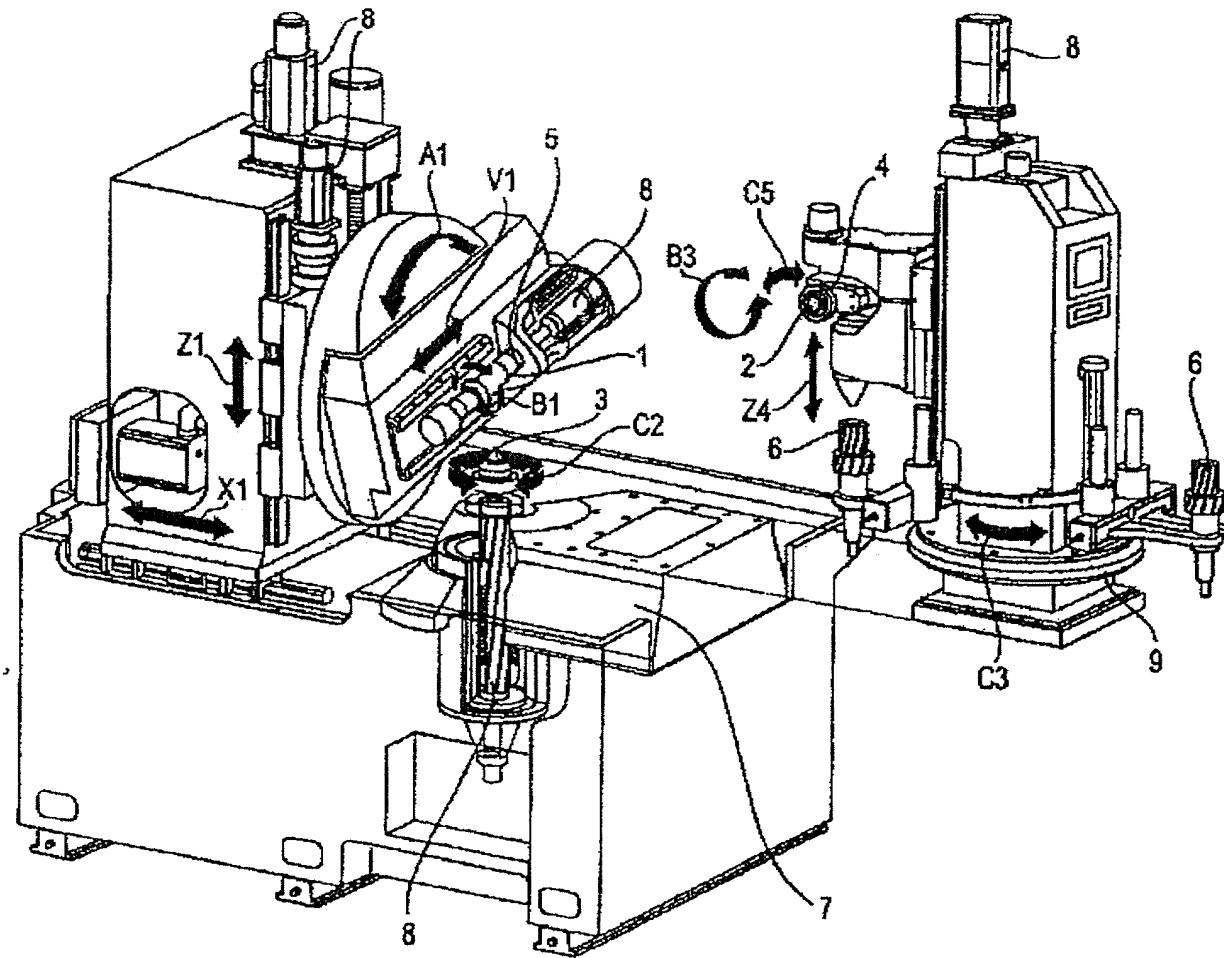


Fig. 2a

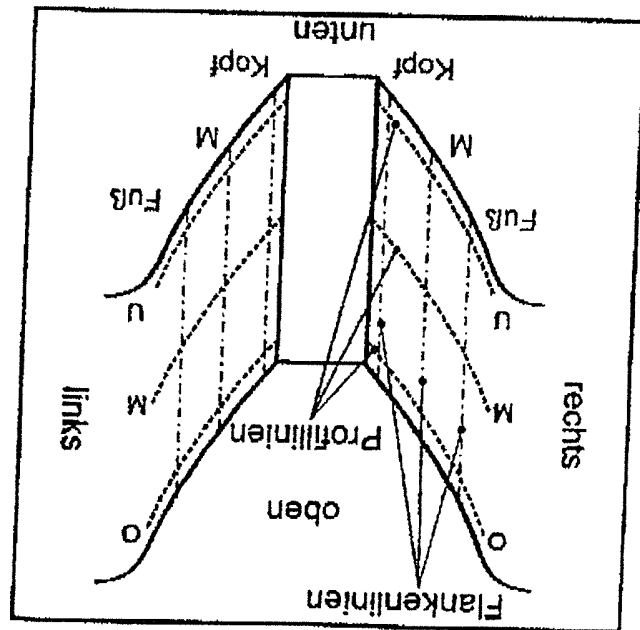


Fig. 2b

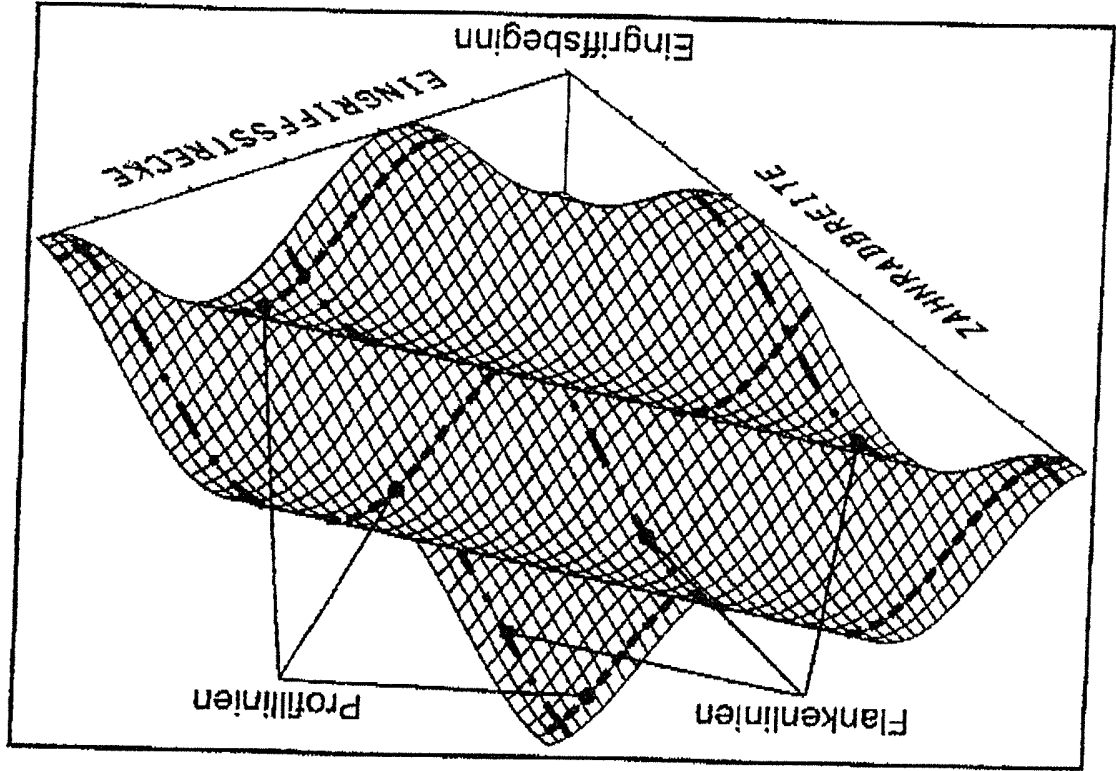
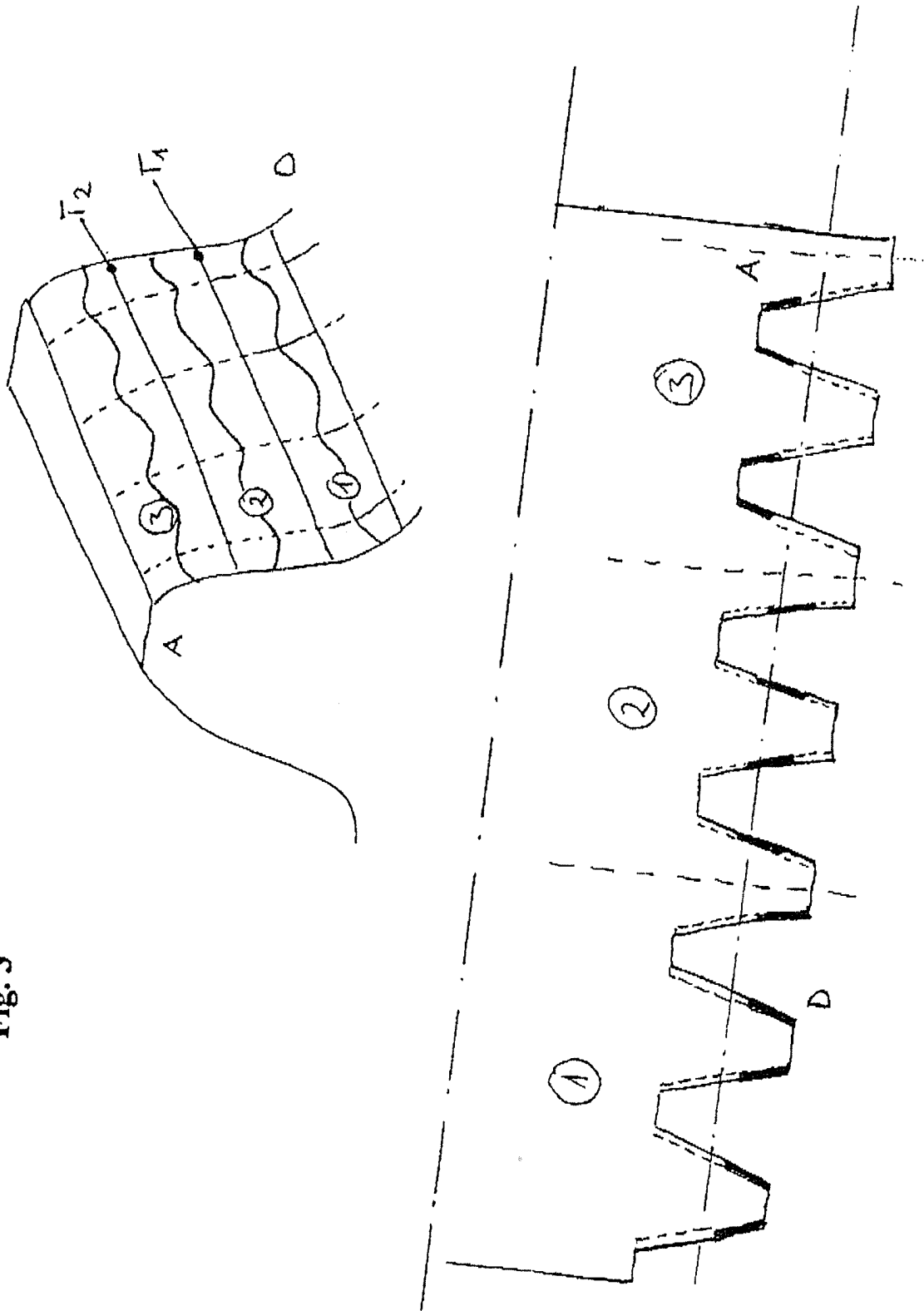


Fig. 3



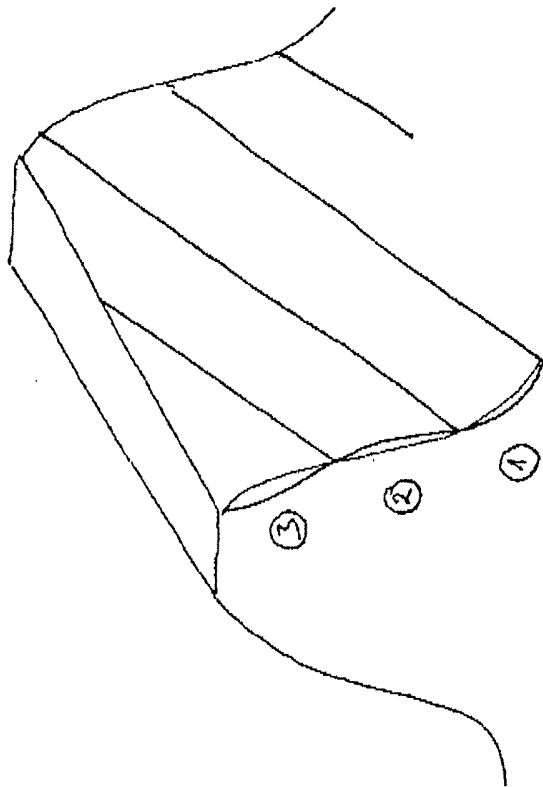
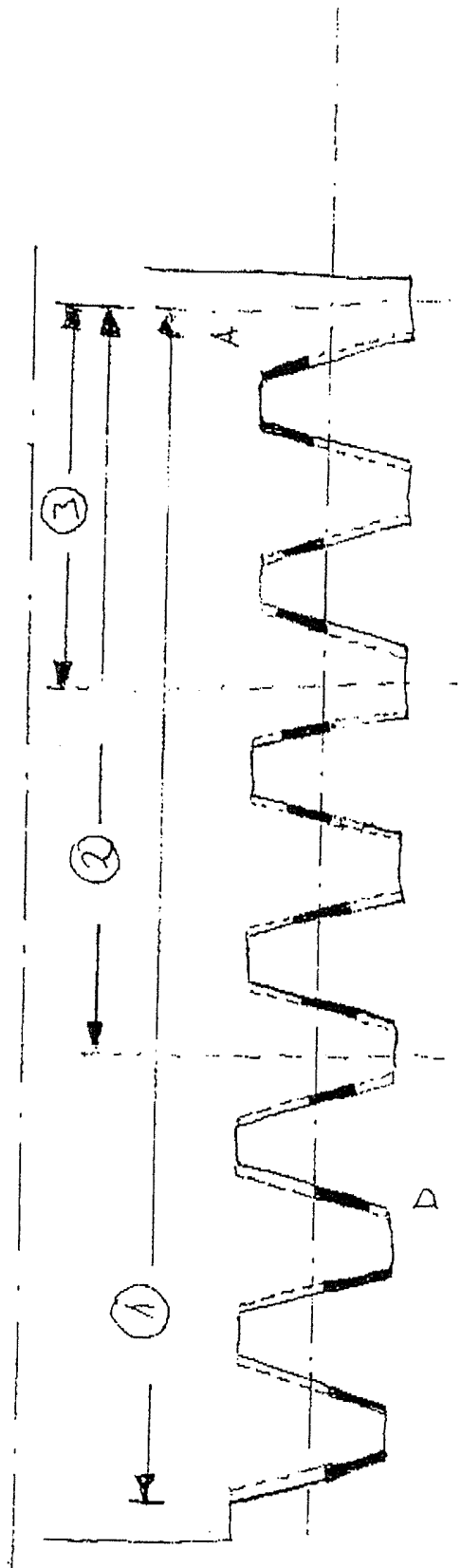


Fig. 4



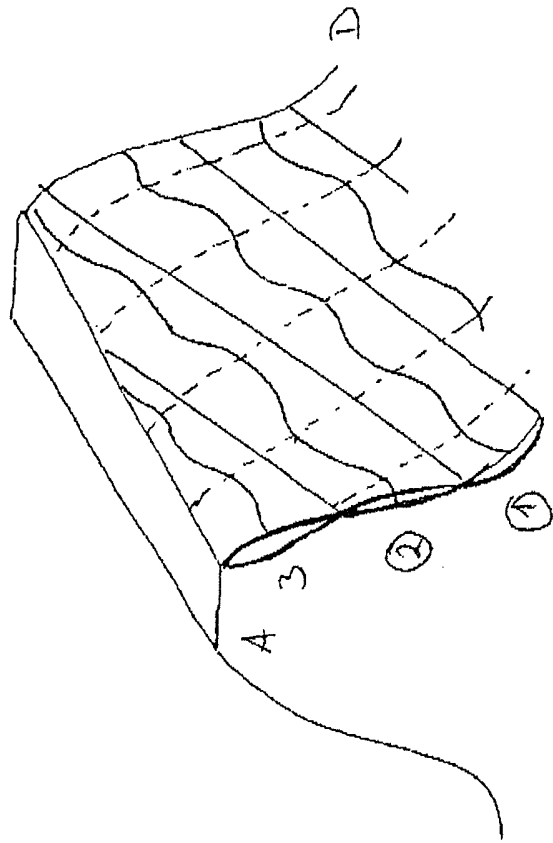
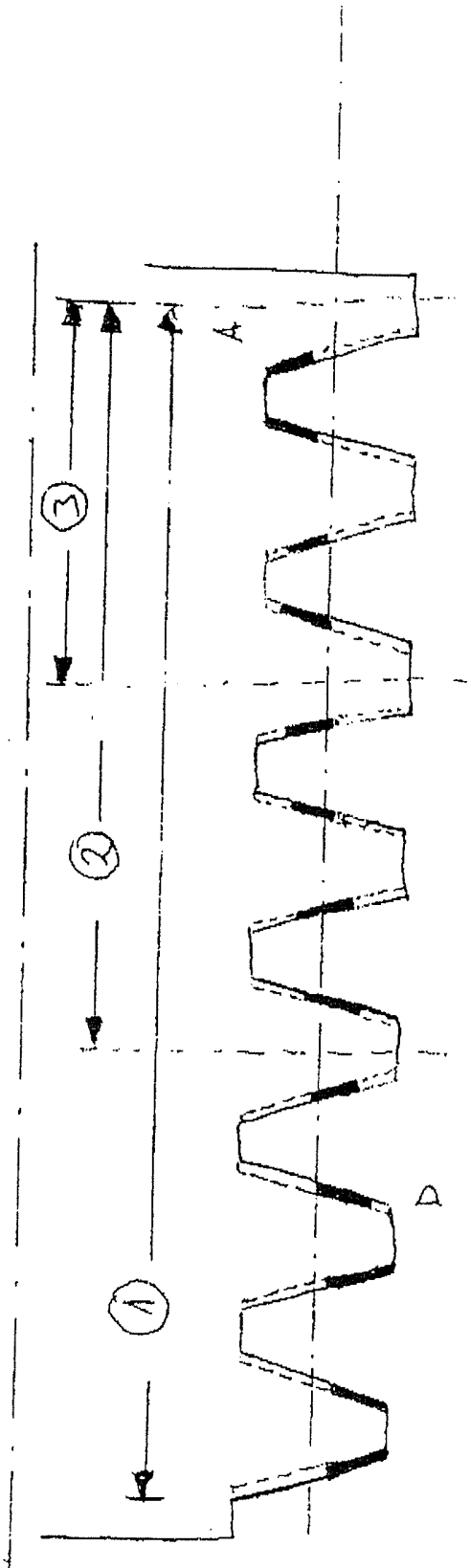


Fig. 5



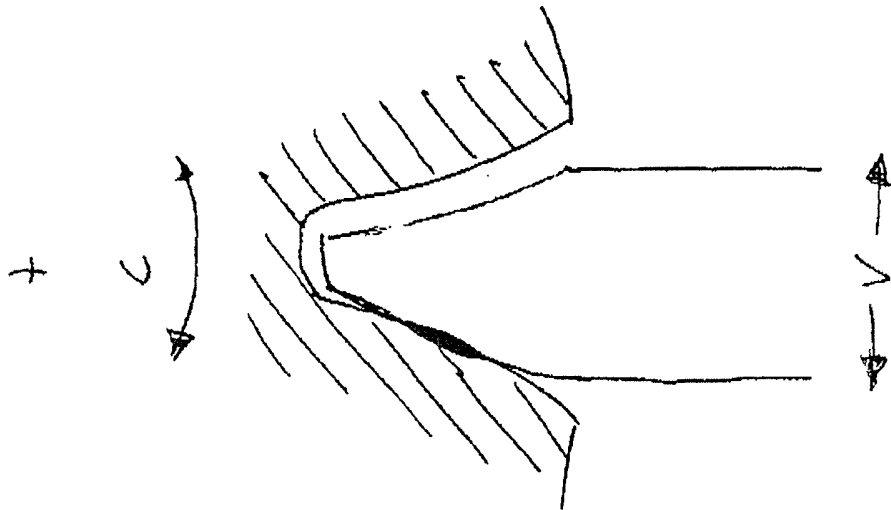
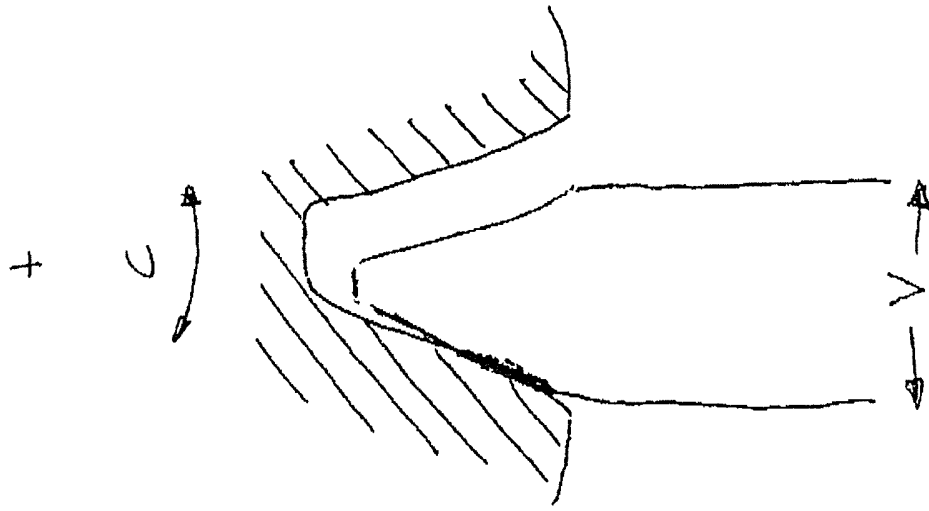


Fig. 6