



(10) **DE 10 2014 211 938 A1** 2015.12.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 211 938.3**

(22) Anmeldetag: **23.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.12.2015**

(51) Int Cl.: **B24B 35/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH,
72622 Nürtingen, DE**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster &
Partner mbB, 70174 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
Bosch, Marcel, 72622 Nürtingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

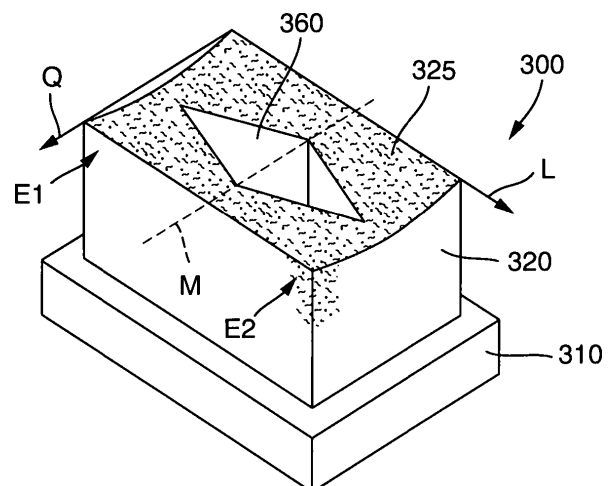
DE	196 07 821	A1
DE	601 26 707	T2
EP	1 181 132	B1
EP	1 514 642	A2
EP	2 327 510	A1
EP	2 712 702	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Finish-Werkzeug**

(57) Zusammenfassung: Ein Finish-Werkzeug (300) zur Finish-Bearbeitung eines rotationssymmetrischen Werkstückabschnitts eines Werkstücks, welches bei der Finish-Bearbeitung um eine Werkstückrotationsachse rotiert, hat einen Schneidmittelträger (310) und einem Schneidbelag (320), der an dem Schneidmittelträger befestigt ist. Der Schneidbelag weist eine Schneidfläche (325) auf, die dafür vorgesehen ist, bei einer Finish-Bearbeitung flächig an den Werkstückabschnitt angedrückt zu werden. Der Schneidbelag definiert eine im Wesentlichen parallel zur Werkstückrotationsachse auszurichtende Längsrichtung (L) und eine senkrecht dazu verlaufende Querrichtung (Q). Die Schneidfläche (325) weist eine in Querrichtung konkave Form auf. Eine in Querrichtung (Q) gemessene wirksame Breite der Schneidfläche variiert in Längsrichtung (L) der Schneidfläche.



BeschreibungANWENDUNGSGEBIET
UND STAND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Finish-Werkzeug gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Das Finishen, das auch als Superfinishen bezeichnet wird, ist ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden. Durch Finishen können Werkstückoberflächen von rotationssymmetrischen oder nicht-rotationssymmetrischen Werkstückabschnitten an Werkstücken wie Kurbelwellen, Nockenwellen, Getriebewellen oder anderen Bauteilen für Kraftund Arbeitsmaschinen zur Erzeugung einer gewünschten Oberflächenfeinstruktur bearbeitet werden. Beim Finishen im Einstechverfahren wird ein mit körnigem Schneidmittel besetztes Finish-Werkzeug an die zu bearbeitende Umfangsfläche angedrückt. Zur Erzeugung der für den Materialabtrag erforderlichen Schnittgeschwindigkeit wird das Werkstück um seine Werkstückachse gedreht. Gleichzeitig wird eine parallel zur Werkstückachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem an der Umfangsfläche anliegenden Finish-Werkzeug erzeugt. Durch die Kombination der Rotationsbewegung des Werkstückes und der überlagerten Oszillationsbewegung kann ein Kreuzschliffmuster erzeugt werden, wodurch die bearbeiteten Werkstückoberflächen z.B. als Laufflächen für Gleitlager oder Wälzlager oder dergleichen besonders geeignet sind. Bei dem zu bearbeiteten Werkstückabschnitt kann es sich beispielsweise um ein Hauptlager oder ein Hublager einer Kurbelwelle oder um ein Nockenwellenlager oder um ein Lager einer anderen Welle, z.B. einer Ausgleichswelle, handeln.

[0003] Nach der Art des verwendeten Finish-Werkzeugs unterscheidet man zwei unterschiedliche Finish-Prozesse, nämlich das Bandfinishen und das Finishen mit Finish-Stein. Beim Bandfinishen ist der Schneidmittelträger ein flexibles Band, das mit einer relativ dünnen Schicht eines körnigen Schneidmittels beschichtet ist. Beim Finishen mit Finish-Stein wird ein Finish-Werkzeug verwendet, das einen starren Schneidmittelträger hat, an dem ein mehr oder weniger dicker, relativ fester Schneidbelag befestigt ist, der in einer Bindung verteilte Schneidmittelkörner aufweist. Der Schneidmittelträger weist an seiner dem Werkstück zuzuwendenden Seite eine Schneidfläche auf, die dafür vorgesehen ist, bei einer Finish-Bearbeitung flächig an den Werkstückabschnitt angedrückt zu werden. Der Schneidbelag definiert eine im Wesentlichen parallel zur Werkstückrotationsachse auszurichtende Längsrichtung und eine senkrecht dazu verlaufende Querrichtung. Die Schneidfläche weist eine in Querrichtung konkave Form auf, damit die Schneidfläche sich großflächig an den zu bearbeitenden rotationssymmetrischen Werkstückabschnitt

andrücken lässt. Die Schneidfläche ist normalerweise im Wesentlichen zylindrisch gekrümmt.

[0004] Im Unterschied zum Schleifen ist das Finishen ein thermisch neutrales Bearbeitungsverfahren, bei dem keine mit Mikrorissen oder Oberflächenspannungen durchsetzte Weichhaut entsteht. Das Finishen wird häufig nach einem Schleifprozess als letztes spanabhebendes Bearbeitungsverfahren einer Prozesskette eingesetzt, um die Weichhaut zu entfernen, die ursprüngliche Gefügestruktur wieder freizulegen, den Traganteil der aufgerauten Oberflächenstruktur zu erhöhen und die Bauteilgeometrie bezüglich Rundheit und kurzweiligen Fehlern in Axialrichtung

[0005] Bei der Finish-Bearbeitung rotationssymmetrischer Lagerstellen steht normalerweise die Erhaltung der axialen Kontur im Vordergrund. Eine Verbesserung der Formwerte an zylindrischen Lagerstellen findet überwiegend in radialer Richtung statt und steht stark in Abhängigkeit zur Vorbearbeitung. So können beispielsweise kurzweilige Fehleranteile z.B. mit mehr als 15 Wellen am Umfang, relativ prozesssicher verbessert werden, während langweilige Anteile, wie z.B. Ovale, Dreiecke oder Vierecke, durch Finishen in der Regel nicht positiv beeinflusst werden können. Das Zerspanungsvolumen durch den Finish-Prozess liegt in der Regel unter ca. 10 µm. Um die Geometrie bestmöglich zu erhalten, wird der Materialabtrag des Finish-Prozesses im Normalfall auf die Vorbearbeitung abgestimmt.

[0006] Das Schleifen ist in der Regel die letzte formgebende Bearbeitungsoperation. Das bedeutet, dass die Konturierung einer rotationssymmetrischen Lagerstelle im Wesentlichen durch den dem Finish-Prozess vorgeschalteten Schleifprozess erfolgt. Ein kontinuierliches Abrichten der Schleifscheibe ist für die Formgebung und Gestaltung der Lagerstelle zwingend notwendig. Je nach Anforderung und Zeichnungstoleranz an die Lagerstelle reduziert oder verlängert sich der Abricht-Zyklus. Der Schleifprozess ist aber in der Regel nicht in der Lage, die durch die Finish-Bearbeitung erzielbaren Oberflächeneigenschaften zu erzielen.

[0007] Bei der Bearbeitung von Lagerabschnitten an Wellen sind die Geometrieforderungen häufig so, dass einzelne oder alle Lagerabschnitte eine leicht ballige Gestalt aufweisen sollen. Eine ballige (tonnenförmige, konvexe) Gestalt rotationssymmetrischer Lagerabschnitten kann dazu beitragen, Lager Schäden aufgrund von Flucht- und Formfehlern der im Lager zusammenwirkenden Komponenten zu vermindern. Entsprechende, vom Kunden vorgegebene finale Mantellinienanforderungen bezüglich Balligkeit drücken sich in der Regel in Durchmesserunterschieden von wenigen Mikrometern zwischen unter-

schiedlichen axialen Positionen des (balligen) Lagerabschnitts aus.

[0008] Beim Schleifen von Kurbelwellen-Lagerabschnitten kann eine ballige Makroform durch entsprechende Abrichtung der Umfangsflächen der beim Schleifen verwendeten Schleifscheiben erreicht werden (vgl. z.B. EP 1 181 132 B1, Fig. 5).

[0009] Die EP 1 514 642 A2 beschreibt eine Vorrichtung zur Finish-Bearbeitung von Wellen, insbesondere von Kurbel- und Nockenwellen, mit einem Werkzeugträger und einem endlosem Schleifband, das einen flexiblen Träger und eine Schleifmittelschicht mit Hartstoff aufweist. Die Vorrichtung dient zur Bearbeitung eines um seine Rotationsachse rotierenden Werkstückes. Ein Schleifbandantrieb treibt das Schleifband während einer Werkstückbearbeitung kontinuierlich an. Es ist eine Spannvorrichtung für das Schleifband vorgesehen. Der Werkzeugträger hat einen Bearbeitungskopf mit zwei zueinander beabstandeten Bandumlenkungen, die einen Arbeitsbereich des Bearbeitungskopfes begrenzen, wobei das Schleifband über die Bandumlenkungen geführt ist und im Arbeitsbereich an der zu bearbeitenden Umfangsfläche des Werkstückes vorbeiläuft. Dem umlaufenden Schleifband ist außerhalb des Arbeitsbereiches eine Vorrichtung zum Abrichten der Schleifmittelschicht zugeordnet, welche ein während der Werkstückbearbeitung gegen die Schleifmittelschicht des mit einer auf die Werkstückbearbeitung abgestimmten Bandgeschwindigkeit umlaufenden Schleifbandes zustellbares Abrichtwerkzeug aufweist. Bei einer Ausführungsform hat das Abrichtwerkzeug quer zur Bandlaufrichtung eine ballige Kontur, die beim Abrichten auf die Schleifmittelschicht übertragen wird. Dadurch kann am bearbeiteten Werkstückabschnitt mittels Bandfinishen eine leicht ballige Kontur erzeugt werden.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0010] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, Mittel für einen Finish-Prozess bereitzustellen, die es gestatten, mit Hilfe der Finish-Bearbeitung aus einer Vorbearbeitung resultierende Formwerte bearbeiteter Werkstückabschnitte nicht nur zu erhalten und ggf. leicht zu verbessern, sondern bei Bedarf auch gezielt beeinflussen und erzeugen bzw. verändern zu können.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung ein Finish-Werkzeug mit den Merkmalen von Anspruch 1 bereit. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Inhalt sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0012] Die beanspruchte Erfindung stellt ein Finish-Werkzeug bereit, bei dessen Verwendung es mög-

lich ist, die axiale Kontur eines Werkstückabschnitts durch den Prozess des Finishens, d.h. durch eine Material abtragende Finish-Bearbeitung mittels geometrisch unbestimmter Schneiden, auf einfache Weise gezielt zu beeinflussen und ggf. gegenüber einer Vorbearbeitung gezielt zu verändern. Diese neue Funktionalität kann erzielt werden, ohne Veränderungen an der Finish-Maschine selbst vorzunehmen.

[0013] Hierfür ist bei einem Finish-Werkzeug gemäß der beanspruchten Erfindung vorgesehen, dass eine in Querrichtung gemessene wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung der Schneidfläche variiert. Der Begriff „wirksame Breite“ bezeichnet hierbei diejenige in Querrichtung gemessene Breite, über die Schneidmittel bei der Werkstückbearbeitung in Eingriff mit der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche stehen kann. Je größer die wirksame Breite in einem bestimmten axialen Abschnitt des Schneidbegriffs bei der Bearbeitung ist, desto mehr Schneidmittel steht innerhalb dieses axialen Abschnitts für die materialabtragende Bearbeitung bereit. Andererseits findet in denjenigen axialen Bereichen, in welchen die wirksame Breite geringer ist als in Nachbarbereichen, während der gleichen Bearbeitungszeit ein weniger starker Materialabtrag statt. Wenn somit die wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung der Schneidfläche variiert, kann in demjenigen Bereich des Werkstückabschnitts, an welchem das Finish-Werkzeug angreift, in Axialrichtung gesehen ein ungleichmäßiger Materialabtrag erzielt werden. Dadurch kann die Gestalt des bearbeiteten Werkstückabschnitts bzw. dessen Mantellinienform gezielt verändert werden. Das Ausmaß der Variation der wirksamen Breite zwischen minimaler wirksamer Breite und maximaler wirksamer Breite sowie die Verteilung der wirksamen Breite in Längsrichtung bestimmen dabei wesentlich die durch Finish-Bearbeitung erzielbare Gestalt des Werkstückabschnitts.

[0014] Das Ausmaß der Variation der wirksamen Breite kann bei unterschiedlichen Ausführungsformen unterschiedlich sein. Vorzugsweise beträgt die wirksame Breite in einem Axialabschnitt minimaler wirksamer Breite zwischen 20% und 80% der wirksamen Breite in einem Abschnitt mit maximaler wirksamer Breite. Stärkere oder schwächere Variationen sind jedoch auch möglich.

[0015] Bei manchen Ausführungsformen ist die wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung gesehen in einem Mittelabschnitt der Schneidfläche am geringsten und nimmt zu den axialen Endabschnitten kontinuierlich oder diskontinuierlich zu. In der axialen Mitte kann die geringste wirksame Breite vorliegen. Der Schneidmittelanteil kann in Längsrichtung gesehen spiegelsymmetrisch zu einer Mittelebene der Schneidfläche verlaufen. Durch einen reduzierten Schneidmittelanteil bzw. eine reduzierte wirksame Breite im mittleren Bereich der Schneidfläche

kann je nach Ausbildung des Breitenverlaufs eine gewünschte Balligkeit am Werkstückabschnitt gezielt reduziert oder verstärkt werden, um nach Abschluss der Finish-Bearbeitung innerhalb der Formtoleranzen die gewünschte Mantellinienform zu erhalten.

[0016] Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, eine Variation der wirksamen Breite der Schneidfläche in Längsrichtung zu realisieren. Beispielsweise ist es möglich, der Schneidfläche insgesamt eine von der Rechteckform abweichende Gestalt zu geben und die Schneidfläche durchgängig bzw. ohne Unterbrechungen gleichmäßig mit Schneidmittel zu belegen. Dann wird die Variation der wirksamen Breite durch die Variation der tatsächlichen Breite der Schneidfläche, gemessen in Querrichtung zwischen den Außenrändern der Schneidfläche, bestimmt. Der Schneidbelag kann beispielsweise eine taillierte Form haben, bei der der Schneidbelag in einem Mittelbereich in Querrichtung gesehen schmaler ist als in den axialen Endbereichen. Es wäre auch möglich, zur Erzielung einer konischen Gestalt des bearbeiteten Werkstückabschnitts eine insgesamt keilförmige Schneidfläche vorzusehen.

[0017] Bei bevorzugten Ausführungsformen ist vorgesehen, dass der Schneidbelag mindestens eine Ausnehmung aufweist, die in die Schneidfläche mündet, so dass die wirksame Breite der Schneidfläche im Bereich der Ausnehmung gegenüber einer Schneidfläche ohne diese Ausnehmung verringert wird. Wenn in der Schneidfläche mindestens eine derartige Ausnehmung vorgesehen ist, ist im axialen Bereich der Ausnehmung die wirksame Breite geringer als die zwischen den Längskanten in Querrichtung gemessene Breite des Schneidbelags. Mit Hilfe mindestens einer Ausnehmung ist es möglich, den Schneidbelag so zu gestalten, dass die Schneidfläche in ihrer Außenseite rechteckförmig begrenzt ist, wobei dennoch die wirksame Breite in Längsrichtung variiert. Der Begriff „Ausnehmung“ steht hier für einen schneidmittelfreien Bereich innerhalb der äußeren Begrenzung der Schneidfläche.

[0018] Es können innerhalb der Schneidfläche mehrere Ausnehmungen vorgesehen sein, wobei beispielsweise deren räumliche Dichte und/oder deren Größe in Längsrichtung der Schneidfläche so variiert, dass sich in Querrichtung die gewünschte Verteilung der wirksamen Breite ergibt. Vorzugsweise ist im Schneidbelag nur eine einzige Ausnehmung vorgesehen, deren Gestalt so gewählt ist, dass sie die gewünschte axiale Verteilung der wirksamen Breite ergibt. Finish-Werkzeuge mit nur einer einzigen Ausnehmung lassen sich besonders einfach herstellen und zeichnen sich darüber hinaus durch besonders hohe mechanische Stabilität aus.

[0019] Bei manchen Ausführungsformen hat die Ausnehmung eine parallelogrammförmige Gestalt

bzw. eine Rautenform, vorzugsweise in der Weise, dass die Ausnehmung in der axialen Mitte der Schneidfläche ihre maximale Ausdehnung in Querrichtung hat, wobei die Breite der Ausnehmung in Querrichtung zu den axialen Enden der Ausnehmung linear abnimmt.

[0020] Es ist auch möglich, dass die Ausnehmung eine linsenförmige Gestalt hat, also eine bikonvexe Form, deren Breite im mittleren Bereich der Schneidfläche am größten ist und zu den axialen Enden hin gemäß einer nicht-linearen Funktion allmählich bis auf Null abnimmt.

[0021] Es ist möglich, dass die wirksame Breite über die gesamte Länge der Schneidfläche variiert. Bei manchen Ausführungsformen ist dagegen vorgesehen, dass die wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung gesehen in den Randbereichen, also in den axialen Endbereichen der Schneidfläche, über eine gewisse axiale Länge konstant ist. Die Bereiche konstanter wirksamer Breite können z.B. jeweils zwischen 5% und 20% der axialen Länge der Schneidfläche betragen.

[0022] Es ist grundsätzlich nicht notwendig, dass eine Ausnehmung in der Schneidfläche durch den gesamten Schneidbelag hindurch bis zum Schneidmitteltträger führt. Für die Reduzierung des Schneidmittelteils in der Schneidfläche reicht es aus, wenn das Schneidmittel gegenüber der Schneidfläche ausreichend weit zurückgesetzt ist.

[0023] Bei manchen Ausführungsformen wird jedoch ein weiterer Vorteil einer Ausgestaltung mit Ausnehmung dadurch genutzt, dass der Schneidmitteltträger mindestens einen Kühlmittelkanal aufweist, der in mindestens einer Ausnehmung im Schneidbelag mündet. Hierdurch ist es möglich, Kühlschmierstoff während der Bearbeitung durch das Schneidmittel bzw. den Schneidbelag hindurch punktgenau an die Bearbeitungsstelle zuzuführen. Hierdurch kann trotz gegebenenfalls größter Zerspanungsleistung ein ausreichender Spüleffekt beim Finishen erzielt werden.

[0024] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Finish-Bearbeitung von Umfangsflächen rotationssymmetrischer Werkstückabschnitte an Werkstücken. Bei dem Verfahren wird ein Finish-Werkzeug mit einer Andrückkraft an einen zu bearbeitenden Werkstückabschnitt eines Werkstücks angedrückt. Zur Erzeugung von Materialabtrag wird das Werkstück um eine Werkstückrotationsachse gedreht und es wird eine parallel zur Werkstückrotationsachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Finish-Werkzeug erzeugt. Bei dem Verfahren wird ein Finish-Werkzeug der hier vorgeschlagenen Art verwendet. Dadurch ist es möglich, ohne konstruktive Veränderungen an einer Fi-

nish-Maschine allein durch die Auslegung des Finish-Werkzeugs eine gezielte Konturierung des bearbeiteten Werkstückabschnitts mittels Finish-Bearbeitung zu erreichen.

[0025] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Finish-Bearbeitung von Umfangsflächen rotationssymmetrischer Werkstückabschnitte an Werkstücken, bei der ein Finish-Werkzeug der beschriebenen Art eingesetzt ist bzw. wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0026] Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung, die nachfolgend anhand der Figuren erläutert sind. Dabei zeigen:

[0027] Fig. 1 eine Seitenansicht einer Bearbeitungssituation bei einem Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Finish-Bearbeitung;

[0028] Fig. 2 eine Ansicht der Bearbeitungssituation aus Fig. 1 in Richtung parallel zur Werkstückrotationsachse;

[0029] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines Finish-Werkzeugs mit einer rautenförmigen Ausnehmung im Schneidbelag;

[0030] Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines Finish-Werkzeugs mit einer bikonvexen Ausnehmung im Schneidbelag; und

[0031] Fig. 5 schematische Beispiele für unterschiedliche Finish-Werkzeuge und damit erzielbare unterschiedliche Mantellinienformen eines Werkstückabschnitts.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0032] Anhand der Fig. 1 und Fig. 2 werden einige für das Verständnis der Erfindung hilfreiche Zusammenhänge und Begriffe erläutert. Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht einer typischen Bearbeitungssituation bei einem Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Finish-Bearbeitung einer Umfangsfläche **193** eines rotationssymmetrischen Werkstückabschnitts an einem Werkstück **190**, welches mithilfe einer Dreheinrichtung zur Erzeugung einer Drehbewegung des Werkstücks um eine Werkstückrotationsachse **192** mit konstanter Drehgeschwindigkeit gedreht wird. Bei dem zu bearbeitenden Werkstückabschnitt kann es sich beispielsweise um ein Hauptlager einer Kurbelwelle oder eine Lagerfläche einer anderen Welle, beispielsweise einer Nockenwelle oder einer Ausgleichswelle, handeln.

[0033] Um an dem Werkstückabschnitt mittels Finishen einen Materialabtrag zu bewirken, wird ein Finish-Werkzeug **100** mittels einer Andrückeinrichtung der Finish-Maschine mit einer im Wesentlichen radial zur Werkstückrotationsachse wirkenden Andrückkraft F an die zu bearbeitende Umfangsfläche bzw. an den zu bearbeitenden Werkstückabschnitt angebracht. Der Materialabtrag wird dadurch unterstützt, dass mithilfe einer Oszillationseinrichtung der Finish-Maschine eine parallel zur Werkstückrotationsachse ausgerichtete oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Finish-Werkzeug erzeugt wird (siehe Doppelpfeil OSZ). Im Beispielsfall ist die Oszillationseinrichtung auf Seiten des Finish-Werkzeugs angebracht, so dass das Finish-Werkzeug oszillierend bewegt wird, während das Werkstück sich lediglich um die Werkstückrotationsachse **192** dreht. Es ist auch möglich, das Werkstück bzw. die Werkstückspannvorrichtung axial oszillierend anzutreiben, während das Werkzeug nicht axial oszilliert wird. Der axiale Hub bzw. die Amplitude der Oszillationsbewegung kann z.B. im Bereich von 0,5 mm bis 3 mm liegen, ggf. auch darüber oder darunter. Typische Drehgeschwindigkeiten des Werkstücks können z.B. im Bereich von 50 min^{-1} bis 300 min^{-1} liegen, ggf. auch darüber oder darunter.

[0034] Das am freien Ende eines Werkzeughalters **180** montierte Finish-Werkzeug **100** umfasst einen Schneidmittelträger **110**, der aus Werkzeugstahl oder einem anderen metallischen Werkstoff gefertigt ist und an seiner Rückseite Einrichtungen zur Montage des Finish-Werkzeugs am Werkzeughalter **180** umfasst. An der Vorderseite des Schneidmittelträgers ist ein Schneidbelag **120** zum Beispiel mithilfe eines Klebers oder mittels Schrauben befestigt. Der aus einem Sinterwerkstoff bestehende Schneidbelag enthält eine Vielzahl von Schneidmittelkörnern, die im Beispielsfall homogen innerhalb einer metallischen Matrix verteilt sind. Schneidmittelkörner können beispielsweise Diamantkörner oder Körner aus kubischem Bornitrid (CBN) sein. Typische mittlere Korngrößen können bei den hier beschriebenen Anwendungen z.B. im Bereich von $10 \mu\text{m}$ bis $50 \mu\text{m}$, insbesondere im Bereich von $15 \mu\text{m}$ bis $40 \mu\text{m}$ liegen.

[0035] Der Schneidbelag hat an seiner dem Schneidmittelträger zugewandten Grundseite einen Rechteckquerschnitt. Definitionsgemäß ist die Längsrichtung L des Schneidbelags diejenige Richtung, die bei der Finish-Bearbeitung parallel zur Werkstückrotationsachse verläuft. Senkrecht zur Längsrichtung L verläuft die Querrichtung Q in der Weise, dass Längsrichtung und Querrichtung in einer Ebene senkrecht zur Andrückrichtung, d.h. senkrecht zu einer Radialrichtung der Werkstückrotationsachse, liegen.

[0036] Auf der dem Schneidmittelträger abgewandten Seite bildet der Schneidbelag eine abrasive

Schneidfläche **125**, mit der der Schneidbelag während der Finish-Bearbeitung mehr oder weniger großflächig an der zu bearbeitenden Umfangsfläche anliegt. Wie in **Fig. 2** gut zu erkennen ist, hat die Schneidfläche eine konkav-zylindrische Form, deren Krümmungsradius im Wesentlichen dem Soll-Krümmungsradius des zu bearbeitenden Werkstückabschnitts am Ende der Finish-Bearbeitung entspricht. Die Krümmung verläuft in Querrichtung Q.

[0037] Eine Besonderheit des Finish-Werkzeugs **100** besteht darin, dass innerhalb des Schneidbelags **120** eine einzige zentrale Aussparung bzw. Ausnehmung **160** gebildet ist, die sich von der Grundfläche des Schneidbelags (am Schneidmittelträger **110**) bis zur Schneidfläche **125** mit konstanter Querschnittsform erstreckt. Beispiele für mögliche Formen einer derartigen Ausnehmung sind in den **Fig. 3** bis **Fig. 5** gezeigt. Die Ausnehmung **160** ist ein von Schneidmittel freier Bereich im Inneren des Schneidbelags. Die Ausnehmung kann bereits beim Sintern durch entsprechende Formgebung der Sinterform erzeugt oder nachträglich z.B. mittels Funkenerosion oder auf andere Weise geschaffen werden. Im Bereich der Ausnehmung **160** befindet sich somit an der Seite der konkav-zylindrisch gekrümmten Schneidfläche kein Schneidmittel, so dass in diesem Bereich kein Materialabtrag stattfindet. In den axialen Endabschnitten E1, E2 des Schneidbelags (in Längsrichtung vor und hinter der Ausnehmung) ist dagegen über die gesamte in Querrichtung Q gemessene Breite des Schneidbelags Schneidmittel vorhanden. Es ist ersichtlich, dass aufgrund der Ausnehmung **160** eine in Querrichtung gemessene wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung L der Schneidfläche **125** variiert, und zwar in der Weise, dass die (für den Materialabtrag wirksame) Breite der Schneidfläche in den axialen Endabschnitten E1 und E2 größer ist als im Bereich der Ausnehmung **160**.

[0038] Das Finish-Werkzeug **100** ermöglicht eine innere Kühlschmierstoffzuführung, d.h. eine Zuführung von Kühlschmierstoff zur Bearbeitungsstelle durch das Finish-Werkzeug bzw. durch den Schneidbelag hindurch. Hierzu ist im Schneidmittelträger **110** ein Kühlmittelkanal **170** vorgesehen, der von der dem Werkstückhalter **180** zugewandten Rückseite des Schneidmittelträgers bis zur Vorderseite durchgeht und im Bereich der Ausnehmung **160** in diese mündet. Im Werkzeughalter **180** ist ein korrespondierender Kühlmittelkanalabschnitt **182** ausgebildet, der über Kühlmittelleitungen an eine Kühlmittelpumpe **175** angeschlossen ist und der bei fertig montiertem Finish-Werkzeug in den Kühlmittelkanal **170** des Finish-Werkzeugs mündet. So kann das Finish-Werkzeug während der Finish-Bearbeitung von innen mit Kühlmittel gespült werden, so dass auch bei hohen Zerspanungsleistungen das abgetragene Material äußerst effizient von der Bearbeitungsstelle abtransportiert werden kann.

[0039] Bei Verwendung dieses Finish-Werkzeugs wird allein aufgrund dieser Konfiguration des Finish-Werkzeugs am bearbeiteten Werkstückabschnitt ein Materialabtrag erzielt, der in Axialrichtung des Werkstückabschnitts (Richtung parallel zur Werkstückrotationsachse **192**) variiert. Dabei wird in denjenigen Abschnitten, die bei der Oszillation des Finish-Werkzeugs überwiegend oder ausschließlich von den axialen Endabschnitten E1 und E2 bearbeitet werden, tendenziell ein stärkerer Materialabtrag erzeugt als in demjenigen zwischenliegenden Abschnitt, welcher im Bereich der Ausnehmung **160** liegt. Dies wird dadurch verursacht, dass in den axialen Endbereichen E1, E2 über die gesamte Breite des Schneidbelags Schneidmittel in Eingriff mit der Werkstückaußenseite steht, während im mittleren Abschnitt, d.h. im Bereich der Ausnehmung **160**, ein Materialabtrag nur in den seitlichen Randbereichen der Schneidfläche (in Querrichtung neben der Ausnehmung) stattfindet. Innerhalb des Bereichs mit Ausnehmung variiert die wirksame Breite nochmals komplementär zur Breite der Ausnehmung in Querrichtung.

[0040] Anhand des Finish-Werkzeugs **300** in **Fig. 3** wird eine mögliche Ausgestaltung eines Finish-Werkzeugs mit einer zentralen Ausnehmung **360** erläutert. Das Finish-Werkzeug **100** in **Fig. 1** und **Fig. 2** kann identisch hierzu gestaltet sein oder eine davon abweichende Form der Ausnehmung haben.

[0041] Beim Finish-Werkzeug **300** hat die Ausnehmung **360** im Schneidbelag **320** die Form einer Raute, deren Länge in Längsrichtung L etwa doppelt so groß ist wie deren (maximale) Breite in Querrichtung Q. Die Ausnehmung **360** erstreckt sich von der Schneidfläche **325** bis zum Schneidmittelträger **310** über die gesamte Dicke des Schneidbelags. Im Bereich der axialen Endabschnitte E1 und E2 entspricht die für den Materialabtrag wirksame Breite der Schneidfläche in Querrichtung Q der geometrischen Breite der Schneidfläche, gemessen in Querrichtung. In der axialen Mitte M des Schneidbelags, d.h. am Ort größter Breite der Ausnehmung in Querrichtung, ist die in Querrichtung gemessene wirksame Breite der Schneidfläche nur zwischen 40% und 60% so groß wie in den axialen Endabschnitten, da sich im Bereich der Ausnehmung kein Schneidmittel befindet. Vom axialen Ort minimaler wirksamer Breite in der Mittelebene M nimmt die wirksame Breite in Axialrichtung zu beiden Enden hin aufgrund der Rautenform der Ausnehmung linear und symmetrisch zur Mitte zu und erreicht das in den Endbereichen vorliegende Maximum im Bereich der axialen Spitzen der Ausnehmung. Die wirksame Breite ist also in den Bereichen der axialen Endabschnitte konstant und hat symmetrisch zur Mittelebene einen V-förmigen Verlauf mit Minimum in der axialen Mitte des Schneidbelags.

[0042] Es ist unmittelbar ersichtlich, dass bei Verwendung eines derartigen Finish-Werkzeugs in dem-

jenigen Bereich, in welchem sich bei der Oszillationsbewegung die Ausnehmung bewegt, der Materialabtrag pro Zeiteinheit geringer ist als in den axialen Endbereichen, in welchen das Finish-Werkzeug über die volle geometrische Breite der Schneidfläche in abrasivem Eingriff mit der Werkstückoberfläche steht. Dadurch wird in den axialen Endbereichen mehr Material abgetragen als im mittleren Bereich, wodurch sich eine insgesamt ballige Form mit konvex gekrümmter Mantellinienform des bearbeiteten Werkstückabschnitts ergibt.

[0043] Bei der Variante eines Finish-Werkzeugs **400** in **Fig. 4** hat die Ausnehmung **460** in dem am Schneidmittelträger **410** befestigten Schneidbelag **420** eine bikonvexe Linsenform, deren Länge in Längsrichtung L etwa zwei- bis dreimal so groß ist wie die in Querrichtung Q gemessene maximale Breite in der axialen Mitte der Ausnehmung. Die vollständig mit Schneidmittel belegten axialen Endabschnitte E1 und E2 der Schneidfläche **425** sind hier schmaler als im Fall der Ausführungsform von **Fig. 3** (zwischen ca. 10% und ca. 5% der axialen Länge des Schneidbelags). Im Bereich der Ausnehmung variiert die wirksame Breite zwischen einem Maximalwert in den axialen Endbereichen und einem Minimalwert in der axialen Mitte entsprechend einer glatten Verlaufskurve mit lokalem Minimum in der axialen Mitte.

[0044] Anhand von **Fig. 5** wird beispielhaft erläutert, auf welche Weise durch unterschiedliche Auslegung der Dimensionen einer einzigen Ausnehmung **560** im Zentrum eines Schneidbelags (linke Teilfiguren) bei der Bearbeitung eines Werkstückabschnitts unterschiedliche konvexe Mantellinienformen (rechte Teilfiguren) erzielbar sind. **Fig. 5A** entspricht dabei etwa der Variante aus **Fig. 3**, bei der die wirksame Breite der Schneidfläche in der Mitte der Schneidfläche, d.h. am Ort größter Breite der rautenförmigen Ausnehmung, nur ca. 30% bis 40% der maximalen wirksamen Breite in den Endbereichen beträgt. Hierdurch kann eine relativ große Balligkeit mit mehr oder weniger durchgängig konvex gekrümmter Mantellinienform durch Finish-Bearbeitung erzeugt werden.

[0045] Bei der Variante von **Fig. 5B** ist die Ausnehmung **560** in dem zentralen Bereich schmaler, so dass die wirksame Breite in der Mitte etwa zwischen 40% und 50% der wirksamen Breite der Schneidfläche in den axialen Endbereichen beträgt. Hierdurch kann bei entsprechender Anpassung der Dimensionen an den Oszillationshub (Auslenkung der Oszillationsbewegung) eine ebenfalls konvexe Mantellinienform mit flacherem Mittelbereich erzielt werden.

[0046] Eine weitere Verflachung des Mittelbereichs einer grundsätzlich balligen Gestalt des bearbeiteten Werkstückabschnitts kann sich dann ergeben, wenn eine noch geringere Variation der wirksamen Breite in Längsrichtung erzeugt wird, wie dies beispielsweise

in **Fig. 5C** schematisch gezeigt ist. Dort liegt die wirksame Breite im axialen Mittelbereich bei ca. 60% bis 80% der maximalen wirksamen Breite in den axialen Endbereichen. Hierdurch kann gegebenenfalls eine Mantellinienform erzielt werden, die in ihrem Mittelbereich mehr oder weniger zylindrisch ist und nur in den axialen Endbereichen des bearbeiteten Werkstückabschnitts konvex gekrümmt ist.

[0047] Finish-Werkzeuge der hier gezeigten Art sowie die in dieser Anmeldung beschriebenen Varianten erlauben es, rotationssymmetrische, eventuell zunächst mehr oder weniger zylindrische Werkstückabschnitte gezielt in ihrer axialen Kontur zu beeinflussen. Es ist möglich, mithilfe derartiger starrer Finish-Werkzeuge langwellige Fehler in Axialrichtung besser zu korrigieren als mit herkömmlichen Finish-Werkzeugen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1181132 B1 [0008]
- EP 1514642 A2 [0009]

Patentansprüche

1. Finish-Werkzeug (**100, 300, 400**) zur Finish-Bearbeitung eines rotationssymmetrischen Werkstückabschnitts eines Werkstücks (**190**), welches bei der Finish-Bearbeitung um eine Werkstückrotationsachse (**192**) rotiert, mit:

einem Schneidmittelträger (**110, 310, 410**),
einem Schneidbelag (**120, 320, 420**), der an dem Schneidmittelträger befestigt ist und eine Schneidfläche (**125, 325, 425**) aufweist, die dafür vorgesehen ist, bei einer Finish-Bearbeitung flächig an den Werkstückabschnitt angedrückt zu werden, wobei der Schneidbelag eine im Wesentlichen parallel zur Werkstückrotationsachse auszurichtende Längsrichtung (L) und eine senkrecht dazu verlaufende Querrichtung (Q) definiert und die Schneidfläche (**125, 325, 425**) eine in Querrichtung konkave Form aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine in Querrichtung (Q) gemessene wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung (L) der Schneidfläche variiert.

2. Finish-Werkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wirksame Breite in einem Axialabschnitt minimaler wirksamer Breite zwischen 20% und 80% der wirksamen Breite in einem Abschnitt mit maximaler wirksamer Breite beträgt.

3. Finish-Werkzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wirksame Breite der Schneidfläche in Längsrichtung (L) gesehen in einem Mittelabschnitt der Schneidfläche, insbesondere an der axialen Mitte (M) der Schneidfläche, am geringsten ist und in Richtung von axialen Endabschnitten (E1, E2) der Schneidfläche zunimmt.

4. Finish-Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Schneidmittelanteil der Schneidfläche (**125, 325, 425**) in Längsrichtung (L) gesehen spiegelsymmetrisch zu einer Mittelebene (M) der Schneidfläche verläuft.

5. Finish-Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schneidbelag mindestens eine Ausnehmung (**160, 360, 460, 560**) aufweist, die in die Schneidfläche (**125, 325, 425**) mündet, so dass die wirksame Breite der Schneidfläche im Bereich der Ausnehmung gegenüber einer Schneidfläche ohne Ausnehmung verringert ist.

6. Finish-Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidfläche (**125, 325, 425**) rechteckförmig begrenzt ist.

7. Finish-Werkzeug nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schneidbelag (**120, 320, 420**) nur eine einzige Ausnehmung (**160, 360, 460, 560**) vorgesehen ist, deren Gestalt so gewählt ist, dass sich die gewünschte axiale Verteilung der wirksamen Breite der Schneidfläche ergibt.

8. Finish-Werkzeug nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausnehmung (**360, 560**) eine Rautenform aufweist, vorzugsweise in der Weise, dass die Ausnehmung in der axialen Mitte der Schneidfläche ihre maximale Ausdehnung in Querrichtung (Q) hat, wobei die Breite der Ausnehmung in Querrichtung zu den axialen Enden der Ausnehmung linear abnimmt.

9. Finish-Werkzeug nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausnehmung (**460**) eine linsenförmige Gestalt hat, deren Breite im mittleren Bereich der Schneidfläche am größten ist und zu den axialen Enden hin gemäß einer nicht-linearen Funktion allmählich abnimmt.

10. Finish-Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wirksame Breite der Schneidfläche (**125, 325, 425**) in Längsrichtung (L) gesehen in axialen Endbereichen (E1, E2) der Schneidfläche konstant ist.

11. Finish-Werkzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schneidmittelträger (**110**) mindestens einen Kühlmittelkanal (**170**) aufweist, der in mindestens einer Ausnehmung (**160**) im Schneidbelag (**120**) mündet.

12. Verfahren zur Finish-Bearbeitung von Umfangsflächen rotationssymmetrischer Werkstückabschnitte an Werkstücken, bei dem ein Finish-Werkzeug mit einer Andrückkraft an eine zu bearbeitende Umfangsfläche angedrückt wird und zur Erzeugung von Materialabtrag das Werkstück um eine Werkstückachse gedreht und eine parallel zur Wertstückachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Schneidmittel erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Finish-Werkzeug gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche verwendet wird.

13. Vorrichtung zur Finish-Bearbeitung von Umfangsflächen rotationssymmetrischer Werkstückabschnitte an Werkstücken mit:

einer Dreheinrichtung zur Erzeugung einer Drehbewegung des Werkstückes (**190**) um eine Werkstückrotationsachse (**192**);

einer Andrickeinrichtung zum Andrücken eines Finish-Werkzeugs (**100, 300, 400**) an eine zu bearbeitende Umfangsfläche derart, dass das Finish-Werkzeug mit einer Andrückkraft (F) an die Umfangsfläche angedrückt wird; und

einer Oszillationseinrichtung zur Erzeugung einer parallel zur Werkstückrotationsachse ausgerichteten oszillierenden Relativbewegung zwischen dem Werkstück (**190**) und dem Finish-Werkzeug, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Finish-Werkzeug gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

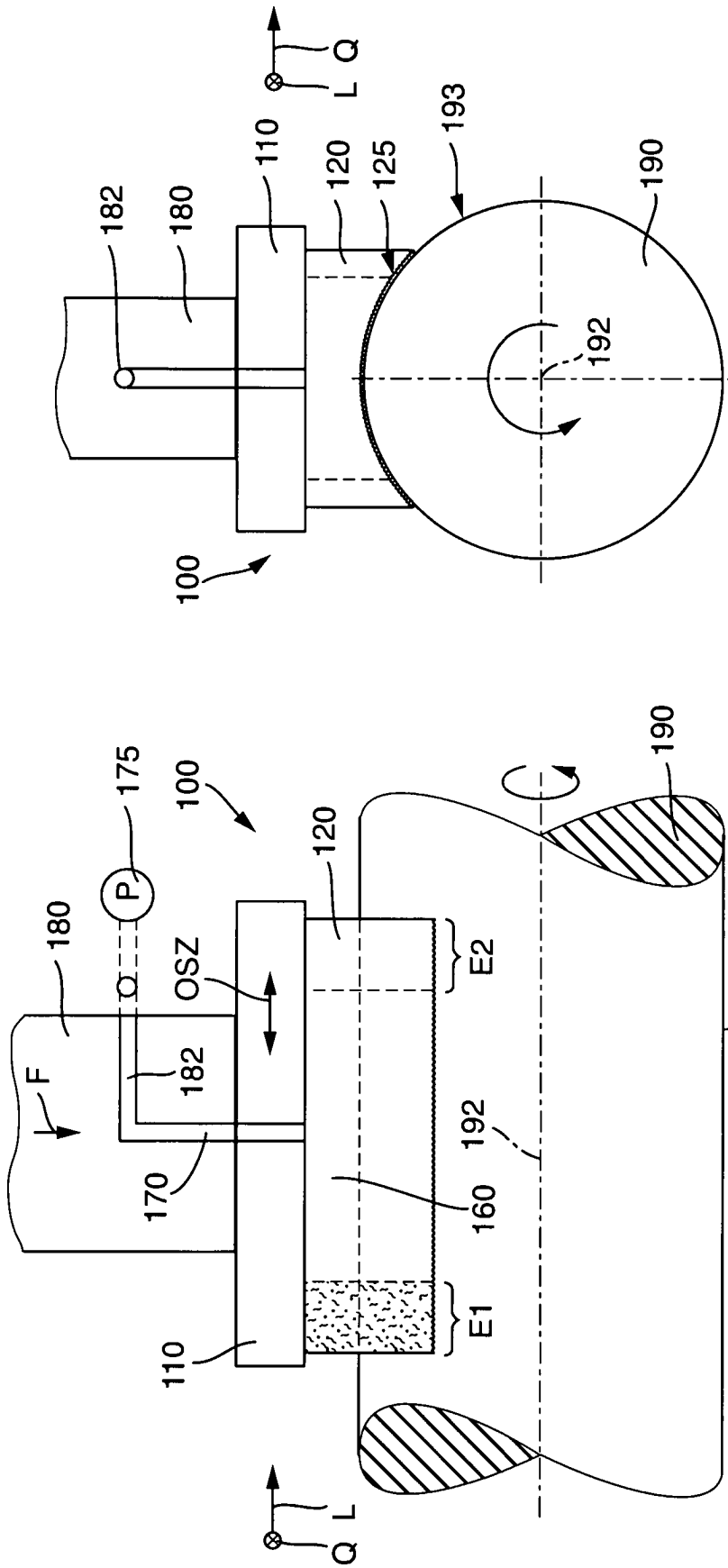


Fig. 2

Fig. 1

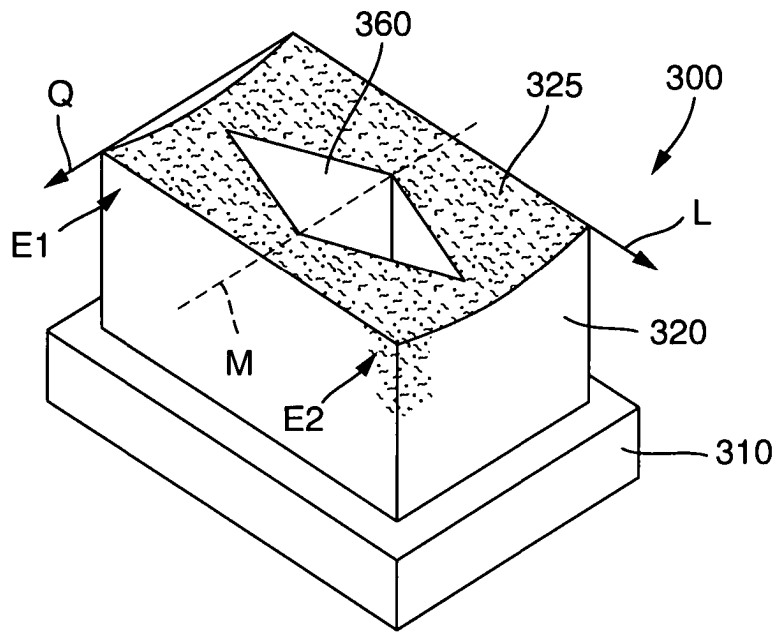


Fig. 3

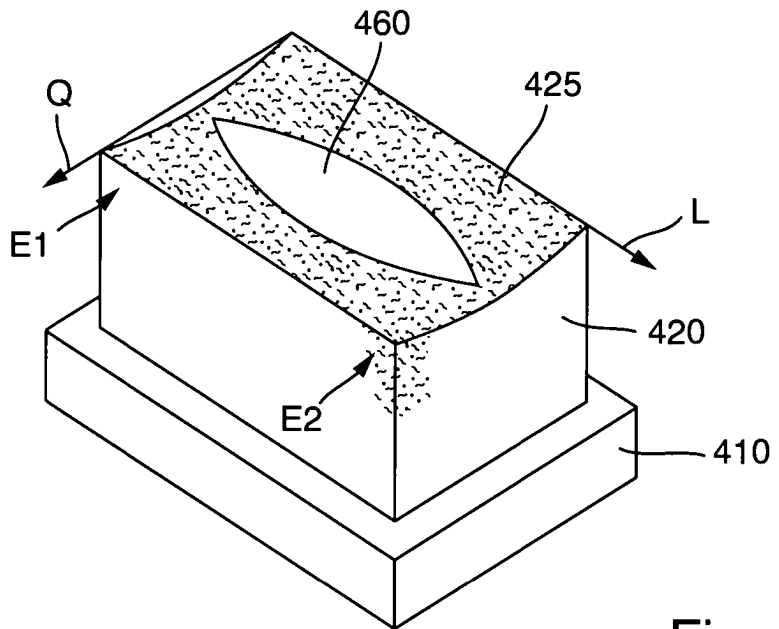


Fig. 4

