

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 577 056 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

21.09.2005 Patentblatt 2005/38

(51) Int Cl.7: B24B 5/37, B24B 49/02

(21) Anmeldenummer: 05004238.1

(22) Anmeldetag: 26.02.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR LV MK YU

(30) Priorität: 16.03.2004 DE 102004013030

18.09.2004 DE 102004045418

(71) Anmelder: Waldrich Siegen

Werkzeugmaschinenbau GmbH
57299 Burbach (DE)

(72) Erfinder: Weiss, Dietmar

58675 Hemer (DE)

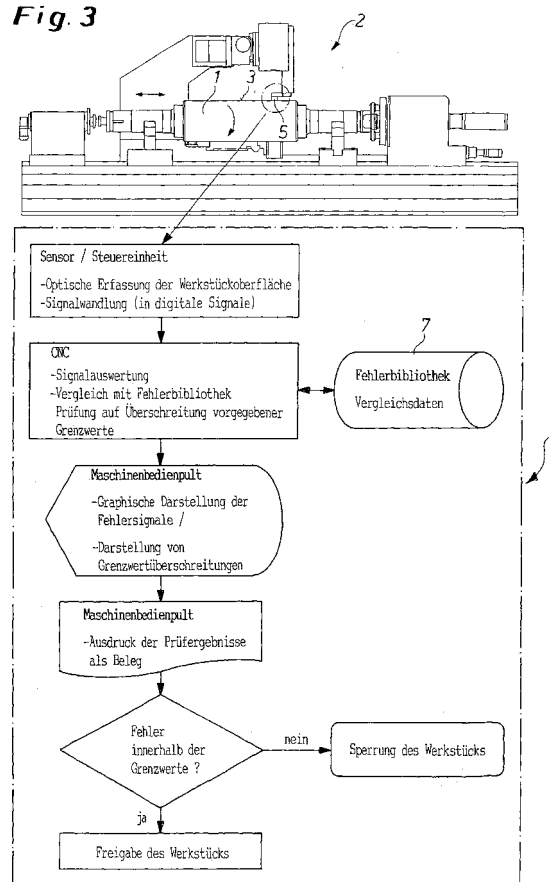
(74) Vertreter: Valentin, Ekkehard

Patentanwälte
Valentin-Gihske-Grosse
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Schleifen einer Walze

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen einer Walze (1) auf einer Walzenschleifmaschine (2), bei dem die Walzenoberfläche (3) mit einer Schleifscheibe (4) geschliffen wird. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist das Verfahren erfindungsgemäß durch die folgenden Verfahrensschritte gekennzeichnet: a) Schleifen der Walzenoberfläche (3) mit der Schleifscheibe (4) in der Walzenschleifmaschine (2); b) Anschließendes oder gleichzeitiges Prüfen der geschliffenen Walzenoberfläche (3) auf Fehler mit einem Sensormittel (5) zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche (3); c) Anschließendes automatisches Auswerten des Ergebnisses der Prüfung der Walzenoberfläche (3) gemäß Schritt b) durch automatischen Vergleich des Ergebnisses der Prüfung mit gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche (3); d) Automatisches Ausgeben einer Information über das Auswertergebnis gemäß Schritt c). Des weiteren betrifft die Erfindung eine Walzenschleifmaschine.

Fig. 3



EP 1 577 056 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen einer Walze auf einer Walzenschleifmaschine, bei dem die Walzenoberfläche mit einer Schleifscheibe geschliffen wird. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Walzenschleifmaschine.

[0002] Bei der Herstellung von Bändern und Folien aus Metall wird dieses mittels Walzen' solange gewalzt, bis eine definierte Banddicke und auch eine gewünschte Oberflächenbeschaffenheit erreicht ist. Um eine hinreichende Qualität des Metallbandes sicherzustellen, wird das Metallband bei einem der letzten Produktionsschritte mit Sensorsystemen gescannt und auf Oberflächenfehler hin untersucht. Die gescannten Bilder werden mit vorhandenen gespeicherten Fehlerbildern verglichen und so Auffälligkeiten festgestellt. Als fehlerhaft klassifizierte Bandabschnitte werden als Ausschuss verworfen.

[0003] Für die Untersuchung des Metallbandes kommen handelsübliche Sensoren zum Einsatz. Gleichermaßen vorbekannt sind Auswertesysteme, in denen eine geeignete Bilderkennungssoftware sowie eine Auswertesoftware verwendet werden.

[0004] Dabei ist es bekannt, dass ein großer Teil der Oberflächenfehler des Metallbandes durch Fehler auf der Walzenoberfläche verursacht werden. Hierbei ist einerseits zwischen solchen Fehlern zu unterscheiden, die im Laufe des Walzprozesses auf der Walzenoberfläche entstehen, und solchen Fehlern andererseits, die bereits bei der Herstellung der Walze vorhanden sind.

[0005] Bei der Walzenbearbeitung ist es bekannt, ein weitgehend automatisiertes Herstellverfahren einzusetzen, das eine hohe Präzision der Walzenoberflächengeometrie durch einen Schleifprozess sicherstellt, d. h. beim letzten Schleifvorgang an einer neuen Walze oder bei der Wiederaufbereitung bereits benutzter Walzen vor dem erneuten Einsatz. Dabei findet auch beim Walzenschleifen eine Qualitätskontrolle in der Weise statt, dass die Walzenoberfläche visuell durch erfahrenes Bedienpersonal inspiziert wird, um auf gegebenenfalls vorhandene Fehlbearbeitungen schließen zu können.

[0006] Diese Art der Qualitätsprüfung erfordert substantielle Erfahrungen des Qualitätsprüfers, da eine Vielfalt möglicher Fehler zu berücksichtigen ist. Das Ergebnis der Qualitätsprüfung ist allerdings in nicht unerheblichem Maße subjektiv und von der Einschätzung des Prüfers abhängig.

[0007] Eine nicht erkannte Schadhaftheit der Walzen während des Schleifprozesses stellt sich erst sehr viel später beim Walzen der Bänder oder Folien heraus, das allerdings relativ schnell, nämlich bereits nach einigen hundert Metern Bandlänge, d. h. nach etwa 3 bis 4 Minuten Produktionszeit.

[0008] Übersehene oder falsch klassifizierte Fehler beim Schleifen der Walzen haben daher einen sehr negativen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Herstellverfahrens von Bändern oder Folien.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Walzenschleifverfahren und eine zugehörige Walzenschleifmaschine zu schaffen, mit dem die vorbekannten Nachteile vermieden werden. Der Herstellprozess für Bänder und Folien aus Metall und insbesondere der Schleifprozess für die dort zum Einsatz kommenden Walzen soll stabiler und unabhängig von subjektiven Einschätzungen gemacht werden. Damit soll insgesamt die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erhöht werden.

[0010] Die Lösung dieser Aufgabe durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

a) Zunächst wird die Walzenoberfläche mit der Schleifscheibe in der Walzenschleifmaschine geschliffen.

b) Anschließend oder gleichzeitig wird die geschliffene Walzenoberfläche mit einem Sensormittel zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche auf Fehler geprüft.

c) Hieran anschließend erfolgt ein automatisches Auswerten des Ergebnisses der Prüfung der Walzenoberfläche gemäß Schritt b) durch automatischen Vergleich des Ergebnisses der Prüfung mit gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche.

d) Schließlich erfolgt ein automatisches Ausgeben einer Information über das Auswertergebnis gemäß Schritt c).

[0011] Die Erfindung stellt also darauf ab, dass bereits in der Walzenschleifmaschine eine Untersuchung der geschliffenen Walzenoberfläche bezüglich ihrer Geometrie erfolgt, wobei hierunter insbesondere die Oberflächenbeschaffenheit bzw. Mikrogeometrie zu verstehen ist, die für das Arbeitsverhalten der Walze und die Qualität des hergestellten Metallbandes entscheidend ist. Denn die Fehler können optisch erfaßt werden, da ihre Ursache in einer Gestaltabweichung von der Idealgeometrie liegt. Die Erfindung ermöglicht es somit, aus der Vielzahl der bekanntermaßen vorkommenden, unterschiedlichsten Oberflächenfehler definierte Fehler automatisch zu erkennen und zu klassifizieren, in einem weiteren Schritt automatisch bestimmte Schleifparameter zu verändern, so daß sich beim Nachschleifen der Walze die bekannten Fehler vermeiden lassen.

[0012] Damit diese Untersuchung zum einen schnell und wirtschaftlich erfolgen kann und andererseits frei von subjektiver Beurteilung ist, erfolgt die Bewertung anhand einer Datenbank mit gespeicherten Informationen nach Art eines Expertensystems, wobei die Bewertung automatisch, ohne Einschaltung des Bedienpersonals der Maschine durchgeführt wird.

[0013] Eine Fortbildung der Erfindung sieht vor, dass

die gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche Solldaten und/oder typische Fehlerdaten enthalten. Hierunter ist zu verstehen, dass - vorzugsweise - typische Fehlerbilder gespeichert sind und zum Vergleich herangezogen werden. Genauso ist es auch möglich, dass ideale, d. h. einwandfreie Oberflächenbeschaffenheiten für den Vergleich herangezogen werden, die gespeichert sind.

[0014] Für die Fehlerprüfung der geschliffenen Walzenoberfläche gemäß obigem Schritt b) kommt bevorzugt ein optischer Sensor zum Einsatz.

[0015] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die ausgegebene Information gemäß obigem Schritt d) als Warnsignal und dann erfolgt, wenn das Ergebnis der Auswertung gemäß obigem Schritt c) eine Abweichung der geprüften Walzenoberfläche von den gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche ergibt, die über eine vorgegebene und gespeicherte Toleranz hinausgeht. Dabei wird also eine gewisse Toleranz zugelassen, innerhalb der sich gewisse Geometriedaten der Walzenoberfläche bewegen dürfen. Wird die Toleranz verlassen, erfolgt eine entsprechende Warnung, was es möglich macht, bereits dann zu reagieren, wenn nennenswerte Bearbeitungsfehler noch nicht eingetreten sind bzw. wenn diese noch mit geringem Aufwand behoben werden können.

[0016] Die Ausgabe der Information gemäß obigem Schritt d) kann graphisch auf einem Maschinenbedienpult erfolgen. Alternativ oder additiv kann vorgesehen werden, dass die Ausgabe der Information in gedruckter Form erfolgt, was den Vorteil bietet, dass dann eine schriftliche Qualitätsdokumentation vorliegt.

[0017] Die Walzenschleifmaschine zum Schleifen einer Walze, die eine Schleifscheibe zum Schleifen der Walzenoberfläche aufweist, ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch Sensormittel zum Prüfen der geschliffenen Walzenoberfläche und zum Erkennen der Geometrie, d. h. der Oberflächenbeschaffenheit bzw. von vordefinierten Fehlerbildern der Walzenoberfläche sowie Mittel zum automatischen Auswerten des Ergebnisses der Fehlerprüfung der Walzenoberfläche.

[0018] Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass die Mittel zum automatischen Auswerten des Ergebnisses der Prüfung der Walzenoberfläche einen Speicher aufweisen, in dem Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche enthalten sind.

[0019] Ferner kann vorgesehen werden, dass die Sensormittel zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche einen Laser aufweisen. Alternativ können die Sensormittel eine Kamera, insbesondere eine digitale Kamera, aufweisen.

[0020] Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen ist es möglich, eine schnelle und wirtschaftliche Prüfung und Beurteilung der Oberflächengeometrie der geschliffenen Walze vorzunehmen, bevor sie zum Einsatz kommt. Oberflächenfehler können daher in einem frühen Stadium erkannt und behoben werden.

[0021] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

- | | | |
|----|----------------------------------|--|
| 5 | Fig. 1 | eine Walzenschleifmaschine in perspektivischer Ansicht, |
| 10 | Fig. 2 | eine alternative Ausführung der Walzenschleifmaschinen in perspektivischer Ansicht, |
| 15 | Fig. 3 | die Darstellung eines Flussdiagramms für die Prüfung und Bewertung des Ergebnisses des Walzenschleifprozesses, |
| 20 | Fig. 4 | die Walzenschleifmaschine nach Fig. 1 in der Vorderansicht, |
| 25 | Fig. 5a und Fig. 5b | schematisch ein erstes Fehlerbild in Form von Rattermarken in der Vorderansicht der Walze sowie im Radialschnitt durch die Walze, |
| 30 | Fig. 6a und Fig. 6b | schematisch ein zweites Fehlerbild in Form von Facetten aus Maschinenstörungen in der Vorderansicht der Walze sowie im Radialschnitt durch die Walze, |
| 35 | Fig. 7 | schematisch ein drittes Fehlerbild in Form von Facetten als Folge von Unterbrechungen der Werkstückoberfläche in der Vorderansicht der Walze, |
| 40 | Fig. 8 | schematisch ein viertes Fehlerbild in Form von Anschnittfacetten in der Vorderansicht der Walze, |
| 45 | Fig. 9 | schematisch ein fünftes Fehlerbild in Form von Nachlauffacetten in der Vorderansicht der Walze, |
| 50 | Fig. 10a und Fig. 10b | schematisch ein sechstes Fehlerbild in Form eines Schachbrettmusters in der Vorderansicht der Walze sowie im Radialschnitt durch die Walze, |
| 55 | Fig. 11a, Fig. 11b und Fig. 11 c | schematisch ein siebtes Fehlerbild in Form eines Dralls in der Vorderansicht der Walze sowie im Axialschnitt durch die Walze in zwei unterschiedlichen Ausgestaltungen des Dralls, |
| | Fig. 12 | schematisch ein achttes Fehlerbild in Form eines Rautenmusters in der Vorderansicht |

der Walze,

Fig. 13 schematisch ein neuntes Fehlerbild in Form von Vorschubmarkierungen in der Vorderansicht der Walze,

Fig. 14a und

Fig. 14b schematisch ein zehntes Fehlerbild in Form von Kratzern in der Vorderansicht der Walze sowie im Axialschnitt durch die Walze,

Fig. 15 schematisch ein elftes Fehlerbild in Form eines Schalenmusters in der Vorderansicht der Walze,

Fig. 16a und

Fig. 16b schematisch ein zwölftes Fehlerbild in Form von Rillen in der Vorderansicht der Walze sowie im Axialschnitt durch die Walze,

Fig. 17 schematisch ein dreizehntes Fehlerbild in Form von Wolken in der Vorderansicht der Walze und

Fig. 18 schematisch ein vierzehntes Fehlerbild in Form von grobflächigen, klar begrenzten Markierungen in der Vorderansicht der Walze.

[0022] In den Figuren 1 und 2 sind Walzenschleifmaschinen 2 zu sehen, auf denen Walzen für das Walzen von Bändern und Folien aus Metall geschliffen werden. Hierfür kommt eine Schleifscheibe 4 zum Einsatz, die zum Schleifen des Außenmantels der Walze dient. Die dargestellten Walzenschleifmaschinen entsprechen von der Bauart her den bekannten Maschinen, so dass eine Erläuterung ihres Aufbaus entbehrlich ist.

[0023] Nach Beendigung des üblichen Schleifprozesses erfolgt eine Inspektion und Beurteilung der Oberfläche bei sich drehender Walze, was im Stand der Technik von einem erfahrenen Bedienungsmann durchgeführt wird, der allerdings seiner subjektiven Einschätzung unterliegt.

[0024] Der erfindungsgemäße Vorschlag - als Alternative zum visuellen Beurteilen der Walzenoberfläche durch das Bedienpersonal - ist in Fig. 3 dargestellt.

[0025] Die Walzenschleifmaschine 2 ist im Ausführungsbeispiel mit einem optischen Sensormittel 5 in Form einer Kamera ausgestattet. Zum Einsatz kommen handelsübliche Mittel in Form von Video- oder Zeilenkameras, die zur Hell-Dunkelfeldererkennung unter Einsatz entsprechender Software geeignet sind. Alternativ sind auch Laser zur Detektion der Oberflächenbeschaffenheit der Walze einsetzbar. Die Sensormittel prüfen die Walzenoberfläche 3 am besten dadurch, dass sie senkrecht zur Walzenoberfläche angeordnet werden bzw. senkrecht zur Oberfläche messen.

[0026] Die Sensormittel 5 erfassen optisch die Werkstückoberfläche, also die Oberfläche 3 der geschliffenen Walze 1. Die gemessenen Signale werden ggf. in digitale Signale umgewandelt. In Fig. 4 ist eine Halterung 8 zu erkennen, die die Sensormittel 5 in der benötigten Position halten bzw. die diese Mittel bei Bedarf in die benötigte Position fahren. Die Sensormittel 5 zur Abtastung der Walzenoberfläche können dabei an die vorhandene Messeinrichtung der Walzenschleifmaschine 2 angebaut werden. Die Messeinrichtung ist an einem Support befestigt, der in Längsrichtung an der Walze entlang fährt. Bei dieser Anordnung und der oben erläuterten Bewegung tasten die Sensormittel 5 die Oberfläche 3 der sich drehenden Walze 1 spiralförmig ab. Die aufgenommenen Signale werden gespeichert, um mit einer Fehlerbibliothek verglichen und ausgewertet zu werden (s. unten).

[0027] Die Mittel zum automatischen Auswerten des gemessenen Signals sind in Fig. 3 nur sehr schematisch dargestellt und mit 6 bezeichnet. In der Maschinensteuerung erfolgt die Signalauswertung. Hierzu steht die CNC-Steuerung der Maschine 2 mit einem Speicher 7 in Verbindung, der in Fig. 3 als Fehlerbibliothek bezeichnet ist. In diesem Speicher sind Vergleichsdaten gespeichert, die herangezogen werden, um eine automatische Beurteilung der geschliffenen Oberfläche 3 der Walze 1 vornehmen zu können. Der Vergleich des von den Sensormitteln 5 gemessenen Signals mit den Daten aus der Fehlerbibliothek 7 unter Heranziehung dort gespeicherter typischer Fehlerbilder, von denen in den Figuren 5 bis 18 eine Auswahl dargestellt wird, erlaubt eine Aussage dahingehend, ob eine ebenfalls gespeicherte Toleranz für gewisse Fehler (s. unten) erreicht bzw. überschritten ist. Die ermittelten Fehler werden also datentechnisch erfasst und klassifiziert (s. unten), wodurch eine große Breite an Anwendungen und möglichen Fehlern abgedeckt werden kann. Allerdings kommt es nur zur Erfassung von Fehlern aus dem Schleifprozess, nicht zur Erfassung von bandspezifischen Fehlern, die ja auch eine andere Ursache als Walzen-Schleiffehler haben.

[0028] An einem Maschinenbedienpult kann eine graphische Darstellung der ermittelten Werte und ihr Verhältnis zu einer vorgegebenen Toleranzschwelle angezeigt werden. Gegebenenfalls vorhandene Überschreitungen von Toleranzgrenzen werden angezeigt. Dabei können in diesem Falle - also bei Toleranzüberschreitungen - auch Warnungen diverser Art ausgelöst, z. B. akustische oder visuelle Signale ausgegeben werden.

[0029] Am Maschinenbedienpult können des weiteren Prüfberichte ausgedruckt werden, die als Nachweis der erreichten Qualität dienen.

[0030] Liegen die ermittelten Fehler der Walzenoberfläche 3 innerhalb vorgegebener Toleranzen, d. h. innerhalb definierter Grenzwerte, erfolgt eine automatische Freigabe der geschliffenen Walze. Ist dies nicht der Fall, erfolgt eine Sperrung des Werkstücks, so dass gezielte Maßnahmen eingeleitet werden können, um es unter

Qualitätsgesichtspunkten noch tauglich zu machen (Nacharbeitung).

[0031] Wie zu sehen, erfolgt also eine automatische Qualitätsprüfung der geschliffenen Walze bereits auf der Maschine. Das Ergebnis der Prüfung ist entweder die Freigabe oder die Sperrung der Walze. Hierdurch wird die Ausschussquote beim Walzen erheblich verringert.

[0032] Das beschriebene Inspektionsverfahren ist ein Bestandteil des Schleifprozesses in der Walzenschleifmaschine 2 selber und detektiert mögliche Fehler auf der fertig geschliffenen Walzenoberfläche.

[0033] Dabei wird unabhängig vom Maschinenbediener und auch unabhängig vom Walzenwerkstoff (Schmiedestahl/Guss) automatisch nach der Beendigung des Schleifens die Walzenoberfläche inspiziert und beurteilt. Das Ergebnis wird protokolliert und dient als Qualitätssicherungsnachweis der Walze für die Produktion von Metallband bzw. metallischen Folien.

[0034] Für die Zuordnung der ermittelten Oberflächensignale zu den gespeicherten typischen Fehlerbildern dient eine geeignete Bilderkennungssoftware (nach Art eines neuronalen Systems), die als solche im Stand der Technik hinlänglich bekannt ist.

[0035] Wesentliche Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des erfindungsgemäßen Konzepts hat dabei, wie gut es gelingt, gemessene Signale (Bilder) der Walzenoberfläche 3 typischen Fehlerbildern zuzuordnen, die im Speicher 7 hinterlegt sind.

[0036] Beispielhafte Angaben hierzu finden sich in den Figuren 5 bis 18, die mögliche Fehlerbilder zeigen. Aus der nachfolgenden Beschreibung dieser Figuren geht nicht nur hervor, wie das typische Fehlerbild des jeweiligen Fehlers aussieht, sondern auch, was zur Behebung des Fehlers geändert werden muss.

[0037] Die Figuren, mit den jeweiligen Fehlern, sind teilweise nur schematisch und zeigen die jeweiligen Fehler in übertriebener Weise. Gezeigt ist zumeist zumindest jeweils der Blick auf die Oberfläche 3 der Walze 1.

1. Rattermarken

[0038] In Fig. 5a und 5b sind in der Vorderansicht der Walze sowie im Radialschnitt durch die Walze Rattermarken eingezeichnet (auch Mäusezähne oder Steinschläge genannt). Die Darstellung ist hier wie im folgenden, wie erwähnt, übertrieben skizziert, um die jeweilige Störung besser erkennen zu können.

[0039] Erscheinungsbild: Rattermarken sind Abweichungen der makrogeometrischen Gestalt der Oberfläche (z. B. von der Form des Kreiszylinders) von der Länge, die der wirksamen Schleifscheibenbreite entspricht. Sie liegen meist eng zusammen (Abstand: 3 bis 5 mm). Beim Längenschleifen wechselt ihre Lage mit dem sich überschneidenden Vorschub der Schleifscheibe.

[0040] Ursache: Die Rattermarken entstehen aus selbsterregten Schwingungen. Die periodisch wech-

selnden Kräfte werden durch ungleiche Härte von Schleifscheibe und Werkstück, ungleiche Abstumpfung der Schleifscheibe u. ä. hervorgerufen. Die Energie der Schwingung wird aus dem Zerspanvorgang bezogen. Rattermarken treten vor allem auf, wenn die Schleifscheibe abgestumpft oder zu fein abgerichtet ist. Ihre Frequenz liegt in der Nähe von Eigenfrequenzen einer Maschinengruppe (meist des Systems Schleifspindel-Schleifscheibenaufnahme-Schleifscheibe) oder des Werkstücks.

[0041] Abhilfe: Rattermarken lassen sich durch Abrichten der Schleifscheibe und Einsatz von gleichmäßig scheidenden Schleifscheiben beseitigen, die sich auch beim Fein- und Feinstschleifen gleichmäßig zusetzen.

2. Facetten

[0042] Facetten werden auch Streifen, Linien oder Querschläge genannt.

[0043] Erscheinungsbild: Facetten sind Abweichungen der makrogeometrischen Gestalt der Oberflächen (z. B. von der Form des Kreiszylinders) über die ganze oder einen Teil der Werkstücklänge, unabhängig von der wirksamen Scheibenbreite. Sie liegen meist parallel oder nur gering geneigt zur Werkstückachse und bestehen aus kleinen, meist schwer messbaren Erhöhungen und Vertiefungen der Werkstückoberfläche.

[0044] Facetten lassen sich durch Abziehen der Oberfläche mit tuschiertem Stahlband oder mit Kupferdraht deutlich sichtbar machen. Bei letzterem Verfahren treten sie noch stärker hervor, wenn die Werkstückoberfläche dünn mit Öl und Kreide bestrichen wird.

[0045] Folgende Arten von Facetten sind zu unterseiden:

2. 1. Facetten aus Maschinenstörungen

[0046] In Fig. 6a und 6b sind in der Vorderansicht der Walze sowie im Radialschnitt durch die Walze Facetten aus Maschinenstörungen dargestellt.

[0047] Ursache: Diese Facetten entstehen aus erzwungenen Schwingungen der Antriebe (Motoren) oder der Antriebselemente (Zahnräder, Ketten, Mitnehmer) sowie durch Reibung (ungünstige Auflage des Werkstückes in den Setzstöcken, anlaufende Maschinenteile) und aus Eigenschwingungsformen des Werkstücks. Je klarer sie hervortreten, desto mehr ist ihre Entstehungsursache auf der Werkstückseite zu suchen.

[0048] Wirken die Erregerkräfte nur auf einen Teil des Werkstückumfangs oder der Werkstücklänge, so bilden sich nur dort ursächlich erzeugte Facetten, die aber meist über das ganze Werkstück Nachlaufacetten (s. unter Ziffer 2. 4.) nach sich ziehen.

[0049] Häufig lässt sich die Störquelle durch Auszählen der Facetten oder Messen ihres Abstandes ermitteln und der Fehler beheben. Es gilt für die Erregerdrehzahl (in U/min) $n_e = (d_w/a) \times n_w$, mit dem Werkstückdurchmesser d_w in mm, der Werkstückdrehzahl n_w in U/min)

und dem Facettenabstand a in mm. Die Erregerdrehzahl kann auch ein Vielfaches der Umlaufdrehzahl sein.

2. 2. Facetten als Folge von Unterbrechungen der Werkstückoberfläche

[0050] In Fig. 7 sind Facetten als Folge von Unterbrechungen der Werkstückoberfläche gezeigt.

[0051] Ursache: Beim Schleifen unterbrochener Werkstückoberflächen (z. B. Keilnuten) verlagern sich durch den unterschiedlichen Schleifdruck Werkstück- und Schleifscheibenachse. Beim Längenschleifen bauen sich diese Verlagerungen auch nach Anschnitt des vollen Werkstückumfangs nur langsam wieder ab.

[0052] Abhilfe: Schleifen mit hoher Werkstückdrehzahl, scharfer Schleifscheibe und geringer Zerspanleistung beim Fertigschleifen wirken dieser Art von Facetten entgegen.

2. 3. Anschnittfacetten

[0053] In Fig. 8 sind schematisch Anschnittfacetten dargestellt.

[0054] Ursache: Beim Anschnitt der Schleifscheibe auf harten, glatten Werkstückoberflächen wird der Schleifdruck höher als der die Schleifspindel zentrierende hydrodynamische Druck in der Schleifspindellagerung oder die Werkstücksteifigkeit. Es baut sich kurzzeitig eine selbsterregte Schwingung auf.

[0055] Abhilfe: Die Schleifscheibe wird hart ange stellt, bis eine harte Oberflächenhaut heruntergeschliffen ist. Nach dem Zwischenabrichten wird mit geänderten Zerspanbedingungen, vor allem mit anderer Werkstückdrehzahl, weitergeschliffen.

2. 4. Nachlauffacetten

[0056] Fig. 9 zeigt schematisch ein Fehlerbild in Form von Nachlauffacetten.

[0057] Ursache: Entstehen aus der unter Ziffer 2. 1. bis 2. 3. genannten Gründen auf einem Teil der Werkstückoberfläche Facetten, kann sich beim Längsschleifen auf Grund des damit verbundenen unterschiedlichen Schleifdrucks und wegen der Überdeckung des Vorschubs der Schleifscheibe ein Schwingungszustand erhalten, obgleich keine ursächliche Störung mehr vorhanden ist. Es bilden sich Nachlauffacetten, deren Erscheinungsbild den ursächlich entstandenen Facetten gleich oder ähnlich ist. Nachlauffacetten entstehen vor allem auf schlanken Werkstücken.

[0058] Abhilfe: Abrichten der Schleifscheibe, Weiterschleifen mit geänderten Zerspanbedingungen, vor allem andere Werkstückdrehzahl und kleinere Zerspanleistung.

3. Schachbrettmuster

[0059] In Fig. 10a und 10b ist in der Vorderansicht der

Walze sowie im Radialschnitt durch die Walze ein Schachbrettmuster zu sehen.

[0060] Erscheinungsbild: Das Schachbrettmuster ist eine Abweichung der makrogeometrischen Form der Oberfläche, gebildet aus der Überlagerung von Rattermarken und Facetten. Die normalerweise parallel zur Werkstückachse laufenden Facetten werden unterbrochen durch die mit dem Vorschub der Schleifscheibe wandernden Rattermarken.

[0061] Ursache: Der selbsterregten Schwingung, die Rattermarken erzeugt, ist eine erzwungene Schwingung überlagert. Die Erregung kommt meist von der Schleifradseite aus Unwuchten der Schleifscheibe oder des Schleifscheibenmotors und dessen elektrischen Fehlern (Oberschwingungen der Umlaufdrehzahl des Schleifmotors).

Abhilfe: Nachwuchten und Abrichten der Schleifscheibe sowie Nachwuchten und passive Isolierung des Schleifmotors.

4. Drall

[0062] In den Figuren 11 a, 11 b und 11 c ist schematisch ein Fehlerbild in Form eines Dralls in der Vorderansicht der Walze sowie im Axialschnitt durch die Walze in zwei unterschiedlichen Ausgestaltungen des Dralls dargestellt.

[0063] Der Drall wird auch als Spirale oder als Schräglinie bezeichnet.

[0064] Erscheinungsbild: Der Drall ist eine mikrogeometrische Abweichung von der normalen Oberflächen gestalt. Er wird gebildet durch gleichmäßig verteilte Unregelmäßigkeiten auf der Werkstückoberfläche (z. B. Kommas oder zur übrigen Oberfläche hell oder dunkel wirkende Stellen). Das Auge erfasst diese Unregelmäßigkeiten als parallel laufende Linien. Die Steigung dieser Linien kann jeden beliebigen Wert annehmen und ist vom Verhältnis der Schleifscheibendrehzahl zur Werkstückdrehzahl abhängig.

[0065] Für den Abstand der (gedachten) Drall-Linien gelten unter Vernachlässigung der Schraubenlinie folgende Beziehungen:

[0066] Abstand der Drall-Linien in Werkstückumfangersrichtung (in mm) $a_{du} = d_w \times (n_w/n_s)$ mit dem Werkstückdurchmesser d_w in mm, der Werkstückdrehzahl n_w in U/min und der Schleifscheibendrehzahl n_s in U/min.

[0067] Abstand der Drall-Linien in axialer Richtung (in mm) $a_{da} = V_v/n_w$ mit der Vorschubgeschwindigkeit V_v in mm/min und der Werkstückdrehzahl n_w in U/min.

[0068] Oftmals überlagern sich Drall-Linien verschiedenen Aussehens, so dass man sie zum Ausmessen aussortieren muss. Liegen die Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche genau in Richtung der Werkstückachse, lassen sich Drall-Linien von Facetten nur schwer unterscheiden.

[0069] Drall lässt sich, im Gegensatz zu Facetten,

durch Antuschieren der Oberfläche nicht deutlicher hervorheben, da er nicht durch einen makrogeometrischen Formfehler der Oberflächenform (fortlaufende Erhöhung oder Vertiefung) in der Werkstückoberfläche gebildet wird.

[0070] Abhilfe: Intervallschaltung der Walzendrehzahl. Anmerkung hierzu: Ein Intervall der Schleifscheibendrehzahl erzeugt keine gleichmäßige Rauigkeit auf der Walzenoberfläche.

[0071] Folgende Arten von Drall sind zu unterscheiden:

4. 1. Drall aus Schleifscheibenfehler

[0072] Ursache: Dieser Drall entsteht beim Längsschleifen durch die Abwicklung einer ungleichmäßig wirkenden Schleifscheibenfläche oder -kante auf dem Werkstück. Mögliche Schleifscheibenfehler sind u. a. eine ungleiche Umfangshärte, eine Beschädigung der Schneidfläche oder -kante, ein Schlag der Schneidkante und ein Aufsetzen von Werkstückstoff auf die Schleifscheibe.

[0073] Abhilfe: Einsatz von Schleifscheiben gleicher Umfangshärte, Beseitigen der Beschädigung, Zurücksetzen der Schneidkante. Dabei sind kurze Anschleifzeiten nach dem letzten Abrichten anzustreben.

4. 2. Drall aus erzwungener Schwingung auf die Schleifspindel

[0074] Ursache: In der Umlaufdrehzahl oder einem Vielfachen davon wird die Schleifscheibe durch Ungenauigkeiten oder Fehler im System Schleifspindel - Schleifspindellagerung zu erzwungenen Schwingungen angeregt. Dadurch wird sie ungleichmäßig belastet. Stellen höchster, kurzzeitiger Belastung brechen stärker aus und markieren sich auf der Werkstückoberfläche. Das entstehende Drallbild unterscheidet sich meist nicht von dem Drall aus Schleifscheibenfehlern.

[0075] Abhilfe: Überprüfen der Schleifspindel und der Schleifspindellagerung.

4. 3. Rautenmuster

[0076] In Fig. 12 ist das Fehlerbild in Form eines Rautenmusters skizziert.

[0077] Erscheinungsbild: Rautenmuster sind Sonderformen des Dralls. Sie entstehen beim Längsschleifen mit geringer oder ohne Schleifscheibenzustellung. Dem beim Überschleifen des Werkstücks in einer Vorschubrichtung entstandenen Drall werden beim Überschleifen in der anderen Richtung neue Drall-Linien überlagert, ohne dass die ursprünglichen abgetragen werden.

[0078] Ursache und Abhilfe: Hierzu wird auf obige Ziffern 4. 1. und 4. 2. verwiesen.

5. Vorschubmarkierungen

[0079] Fig. 13 zeigt das Fehlerbild bei Vorschubmarkierungen in der Vorderansicht der Walze.

[0080] Erscheinungsbild: Vorschubmarkierungen sind spiralg umlaufende Linien mit steilem Anstieg, der von der Werkstückdrehzahl und vom Vorschub abhängig ist.

[0081] Ursache: Vorschubmarkierungen bilden sich beim Längsschleifen durch den höheren Schleifdruck an der Schneidkante gegenüber den nachfolgend glättenden Zonen der Schleifscheibe.

[0082] Abhilfe: Abbau des Schleifdrucks und Änderung des Verhältnisses Werkstückdrehzahl zu Vorschub. Runden der Schneidkanten der Schleifscheibe.

6. Kratzer (Kommata)

[0083] Fig. 14a und 14b zeigen ein Fehlerbild in Form von Kratzern in der Vorderansicht der Walze sowie im Axialschnitt durch die Walze.

[0084] Erscheinungsbild: Kratzer bzw. Kommata sind schmale Vertiefungen in Umfangsrichtung in der mikrogeometrischen Gestalt der Werkstückoberfläche.

[0085] Ursache: Kratzer bzw. Kommata bilden sich auf der Werkstückoberfläche durch loses Korn auf der Schleifscheibe, durch aufgesetzte Werkstückstoffteile auf der Schleifscheibe und durch Verunreinigungen im Kühlmittel, die an die Schnittstelle zwischen Schleifscheibe und Werkstück gedrückt werden. Weiterhin kann die eingesetzte Schleifscheibe zu weich sein.

[0086] Abhilfe: Druckspülung für die Schleifscheibe, Einsatz von Schleifscheiben mit großem Porenraum, Verbesserung der Kühlmittelreinigung, Wechsel des Kühlmittels, Schleifen im Gleichlauf, Einsatz von Schleifscheiben mit keramischer Bindung.

7. Schalenmuster

[0087] In Fig. 15 ist ein Fehlerbild in Form eines Schalenmusters, auch Orangenmuster genannt, in der Vorderansicht der Walze gezeigt.

[0088] Erscheinungsbild: Schalenmuster sind makrogeometrische Abweichungen in der Oberflächengestalt eines Werkstücks in Form schalenförmiger Vertiefungen.

[0089] Ursache: Schalenmuster entstehen durch Schwingungen des Abrichtdiamanten während des Abrichtens, hervorgerufen durch fehlerhafte Halterungen oder Führung des Diamanten oder wenn der Diamant nicht sicher angeordnet ist. Stumpfe Diamanten begünstigen die Schalenmusterbildung.

[0090] Abhilfe: Überprüfen der Abrichtvorrichtung und des Abrichtdiamanten.

8. Rillen

[0091] Die Figuren 16a und 16b zeigen ein Fehlerbild

in Form von Rillen in der Vorderansicht der Walze sowie im Axialschnitt durch die Walze.

[0092] Erscheinungsformen: Rillen sind makrogeometrische Abweichungen in der Oberflächengestalt eines Werkstücks, umlaufend in Umfangsrichtung im Abstand des Abrichtvorschubs.

[0093] Ursache: Rillen auf dem Werkstück entstehen vor allem beim Einstechschleifen, wenn beim Abrichten ein "Gewindeprofil" auf die Schleifscheibe geschnitten wird. Es bildet sich vor allem bei spitzen Diamanten, hoher Abrichtzustellung und einem Abrichtvorschub pro Schleifscheibenumdrehung, der größer als die Abnutzungsfläche des Diamanten ist.

[0094] Abhilfe: Abrichtvorschub und Abrichtzustellung verringern.

9. Wolken

[0095] In Fig. 17 ist ein Fehlerbild in Form von Wolken - auch Schlieren genannt - in der Vorderansicht der Walze dargestellt.

[0096] Erscheinungsform: Wolken sind großflächige, in der Form unregelmäßige Abweichungen der Mikrogeometrie der Werkstückoberfläche, die nur bei fein- oder feinstgeschliffenen Oberflächen auftreten und durch unterschiedliche Reflexion sichtbar werden.

[0097] Ursache: Wolken werden verursacht durch aperiodische Steifigkeitsänderungen zwischen Schleifscheibe und Werkstück während des Bewegungsablaufes, vornehmlich bei älteren Maschinen auftretend, oder durch ungenügenden, ungleichmäßigen Schleifdruckabbau beim Schleifen mit den nächst gröberen Schleifscheiben.

[0098] Abhilfe: Wolken, die durch aperiodische Steifigkeitsänderungen erzeugt werden, lassen sich mit einfachen Mitteln nicht beseitigen. Sie können verringert werden durch Anschleifen mit sehr geringem Schleifdruck. Bei Wolken, die durch ungenügenden Schleifdruckabbau verursacht werden, muss nochmals mit gröberen Schleifscheiben ausgeschliffen werden.

10. Grobflächige, klar begrenzte Markierungen

[0099] Diese sind als Fehlerbild in Fig. 18 skizziert.

[0100] Erscheinungsbild: Diese Markierungen sind meist Abweichungen in der Mikrogeometrie der Werkstückoberfläche, vornehmlich auf feingeschliffenen Oberflächen durch Reflexionsänderungen sichtbar und in ihrer Form gleichmäßig begrenzt je nach Entstehungsursache.

[0101] Ursache: Einwirkungen können sein von außen (z. B. durch Stöße, die langsam abklingen), vom Werkstück (z. B. begrenzte Zonen unterschiedlicher Härte), von der Maschine (z. B. Auflaufen der Vorschub-Antriebszahnstangen auf dem Antriebsritzel) oder vom Kühlmittel (z. B. Schleifschlammbrocken zwischen Schleifscheibe und Werkstück).

[0102] Abhilfe: Es sind die jeweiligen genannten Män-

gel zu beseitigen.

[0103] Die Speicherung der jeweiligen Fehlerbilder dieser und gegebenenfalls weiterer typischer Erscheinungen und der Vergleich des gemessenen Signals bzw. Bilds mit diesen Fehlerbildern schafft die Möglichkeit, zuverlässig auf Ursachen vorhandener Fertigungsschwächen zu schließen und ausgehend hiervon nicht nur eine Beurteilung der Qualität der geschliffenen Walze abzugeben, sondern auch Abstellmaßnahmen vorzuschlagen.

Bezugszeichenliste:

[0104]

- 1 Walze
- 2 Walzenschleifmaschine
- 3 Walzenoberfläche
- 4 Schleifscheibe
- 5 Sensormittel (Kamera)
- 6 Mittel zum automatischen Auswerten
- 7 Speicher
- 8 Halterung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen einer Walze (1) auf einer Walzenschleifmaschine (2), bei dem die Walzenoberfläche (3) mit einer Schleifscheibe (4) geschliffen wird,
gekennzeichnet durch
die folgenden Verfahrensschritte:

a) Schleifen der Walzenoberfläche (3) mit der Schleifscheibe (4) in der Walzenschleifmaschine (2);

b) Anschließendes oder gleichzeitiges Prüfen der geschliffenen Walzenoberfläche (3) auf Fehler mit einem Sensormittel (5) zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche (3);

c) Anschließendes automatisches Auswerten des Ergebnisses der Prüfung der Walzenoberfläche (3) gemäß Schritt b) **durch** automatischen Vergleich des Ergebnisses der Prüfung mit gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche (3);

d) Automatisches Ausgeben einer Information über das Auswertergebnis gemäß Schritt c).

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche (3) Solldaten und/oder typische Fehlerdaten enthalten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Fehlerprüfung der geschliffenen Walzenoberfläche (3) gemäß Schritt b) nach Anspruch 1 ein optischer Sensor (5) eingesetzt wird. 5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ausgegebene Information gemäß Schritt d) nach Anspruch 1 als Warnsignal und dann erfolgt, wenn das Ergebnis der Auswertung gemäß Schritt c) nach Anspruch 1 eine Abweichung der vermessenen Walzenoberfläche (3) von den gespeicherten Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche (3) ergibt, die über eine vorgegebene und gespeicherte Toleranz hinausgeht. 10 15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ausgabe der Information gemäß Schritt d) nach Anspruch 1 graphisch auf einem Maschinenbedienpult erfolgt. 20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, 25
dass die Ausgabe der Information gemäß Schritt d) nach Anspruch 1 in gedruckter Form erfolgt.

7. Walzenschleifmaschine (2) zum Schleifen einer Walze (1), die eine Schleifscheibe (4) zum Schleifen der Walzenoberfläche (3) aufweist,
gekennzeichnet durch
Sensormittel (5) zum Prüfen der geschliffenen Walzenoberfläche (3) auf Fehler und zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche (3) und Mittel (6) zum automatischen Auswerten des Ergebnisses der Prüfung der Walzenoberfläche (3). 30 35

8. Walzenschleifmaschine nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, 40
dass die Mittel (6) zum automatischen Auswerten des Ergebnisses der Prüfung der Walzenoberfläche (3) einen Speicher (7) aufweisen, in dem Daten über die Beschaffenheit der Walzenoberfläche (3) enthalten sind. 45

9. Walzenschleifmaschine nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensormittel (5) zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche (3) einen Laser aufweisen. 50

10. Walzenschleifmaschine nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensormittel (5) zum Erkennen der Geometrie der Walzenoberfläche (3) eine Kamera, insbesondere eine digitale Kamera, aufweisen. 55

Fig. 1

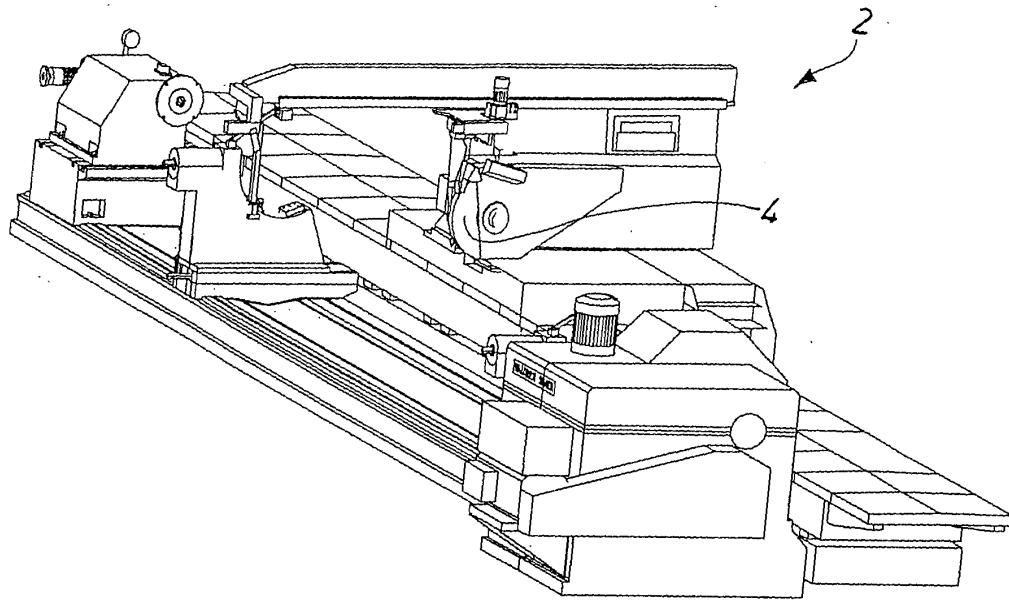


Fig. 2

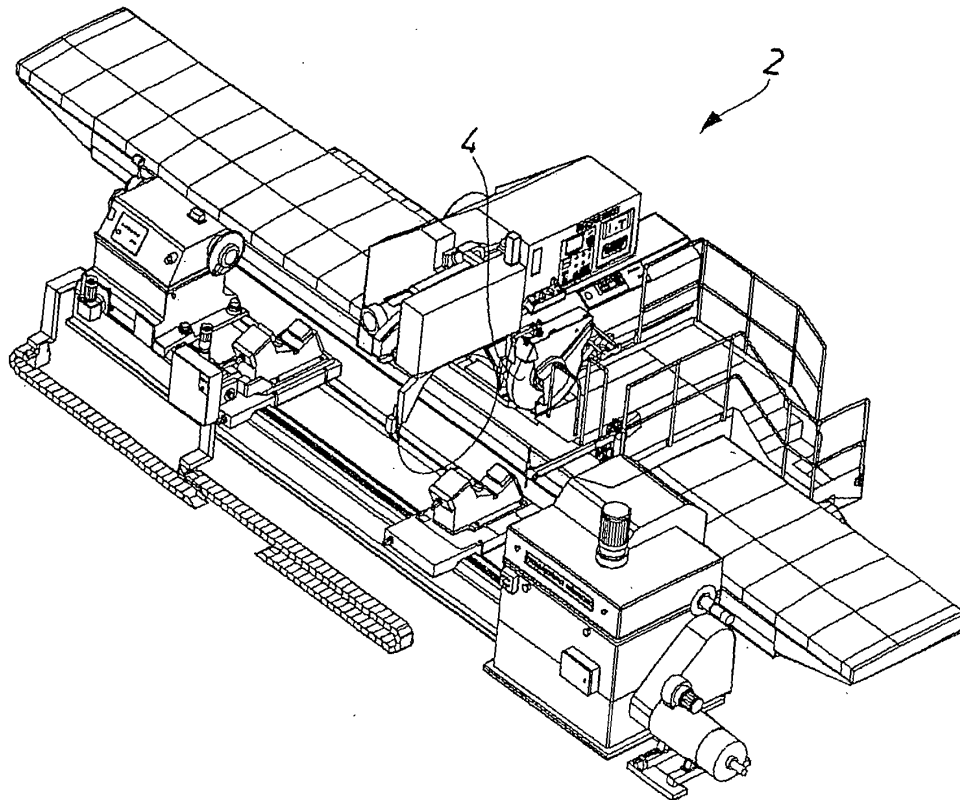


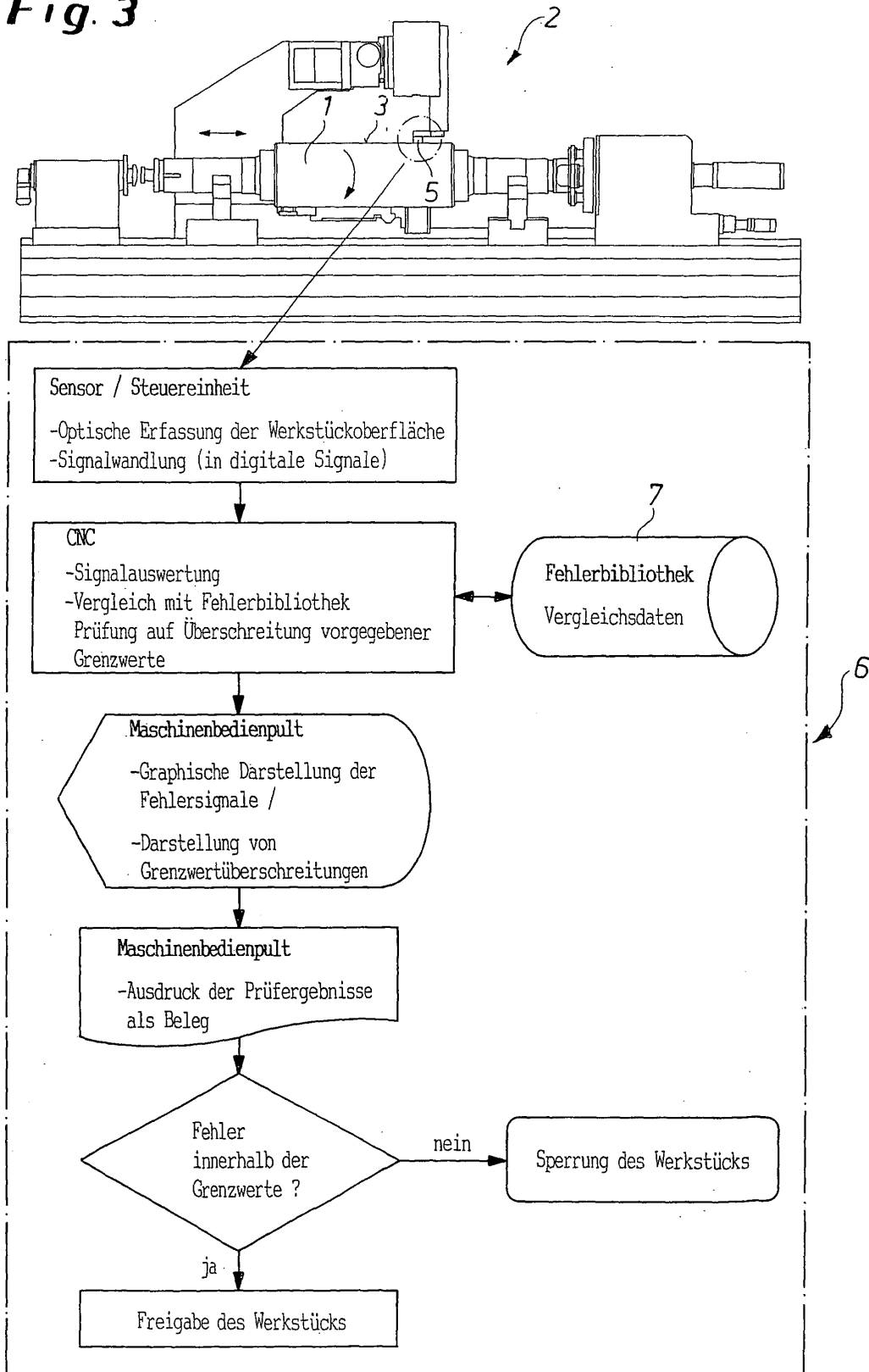
Fig. 3

Fig. 4

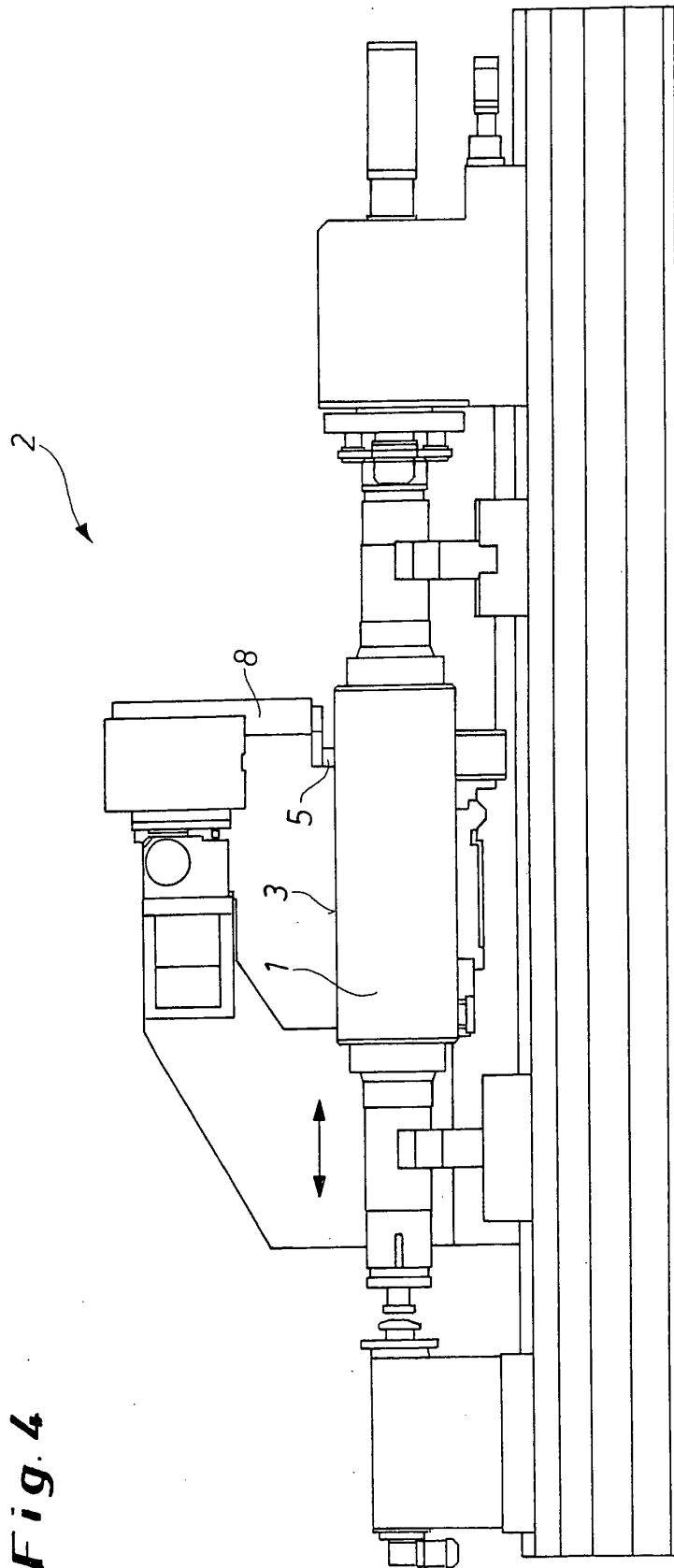


Fig. 5a

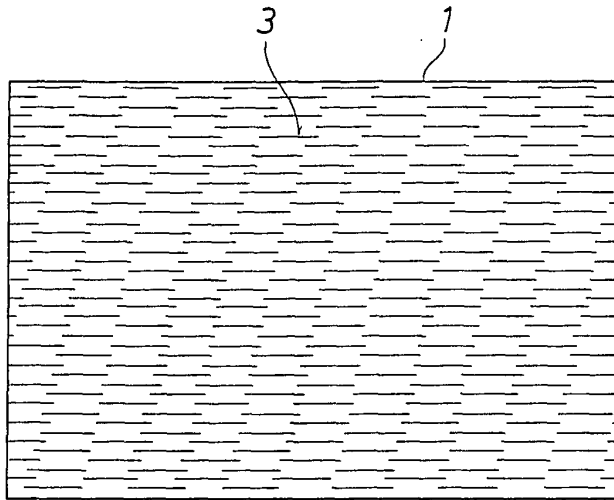


Fig. 5b

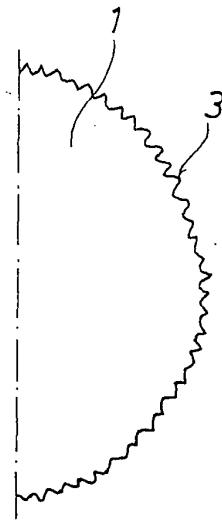


Fig. 6a

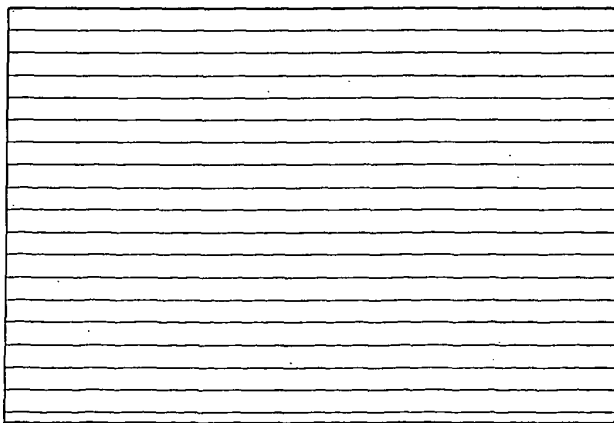


Fig. 6b



Fig. 7

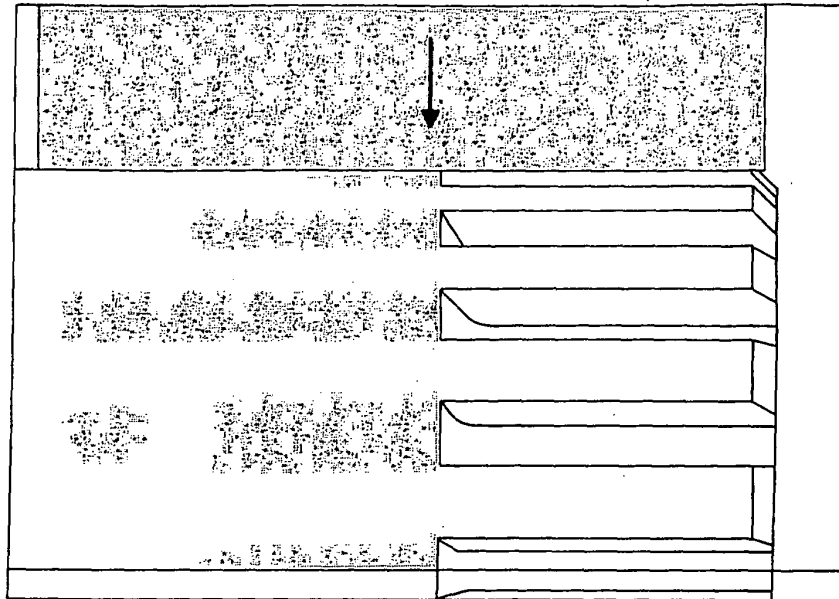


Fig. 8

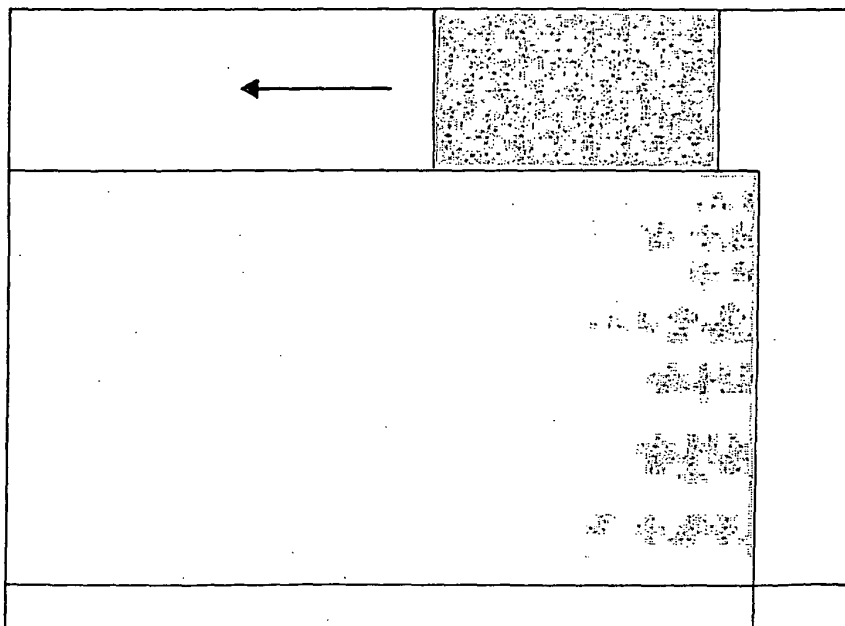


Fig. 9

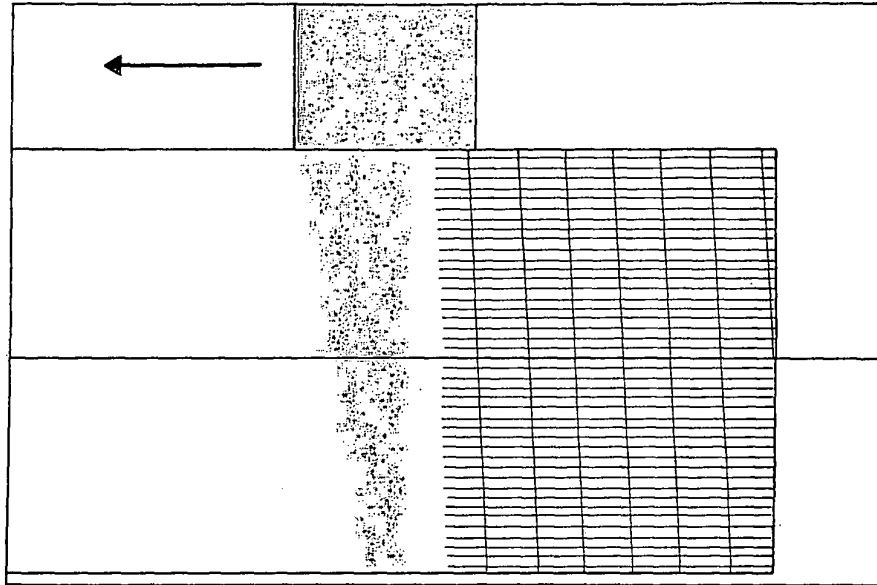


Fig. 10a

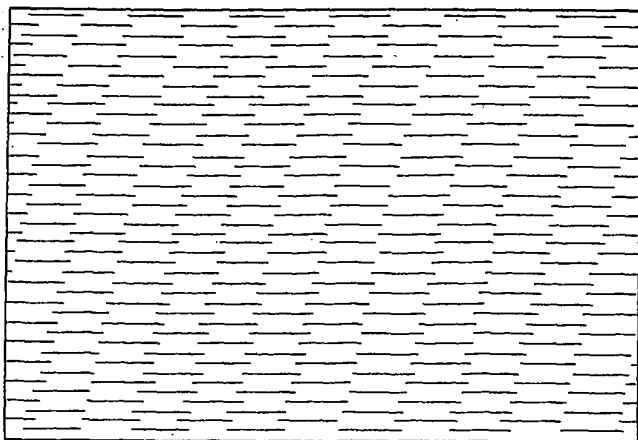


Fig. 10b

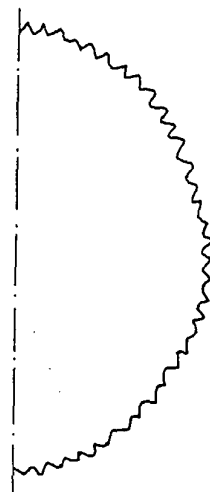


Fig. 11a

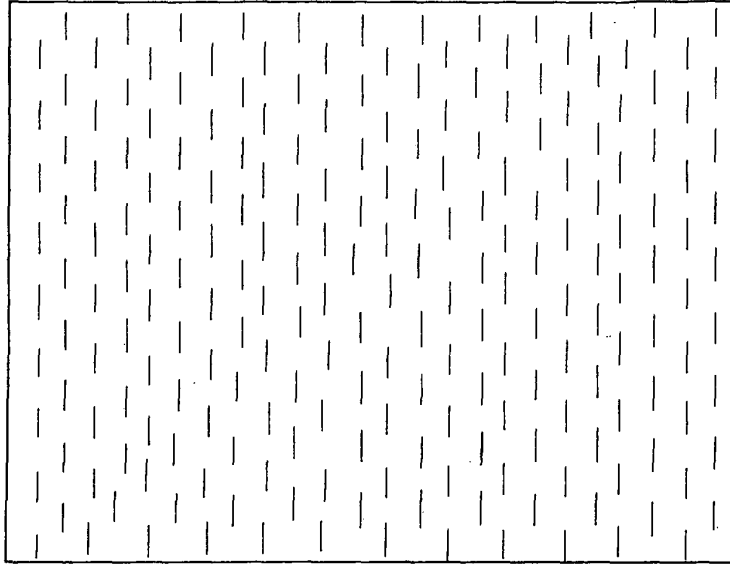


Fig. 11b

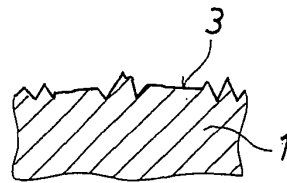


Fig. 11c



Fig. 12

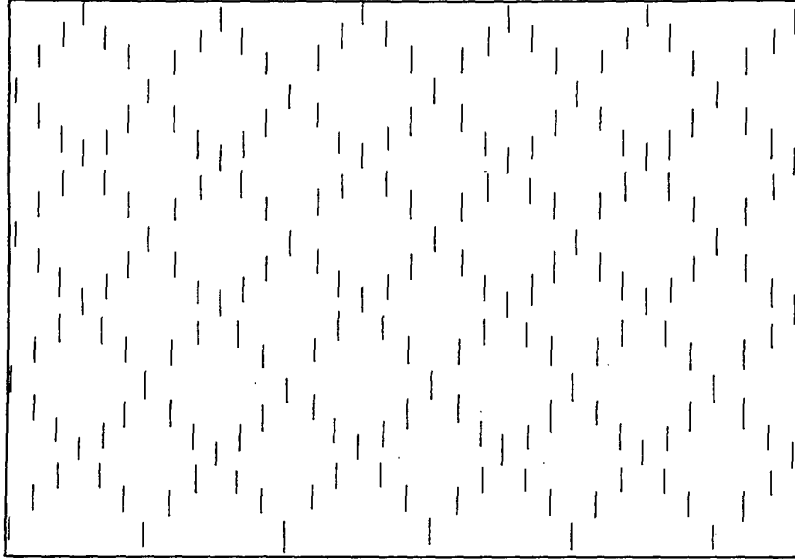


Fig. 13

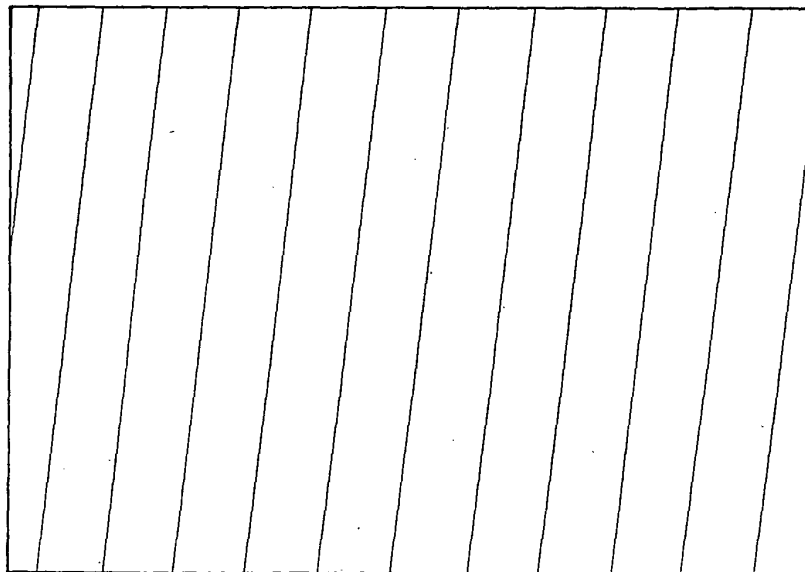


Fig. 14a

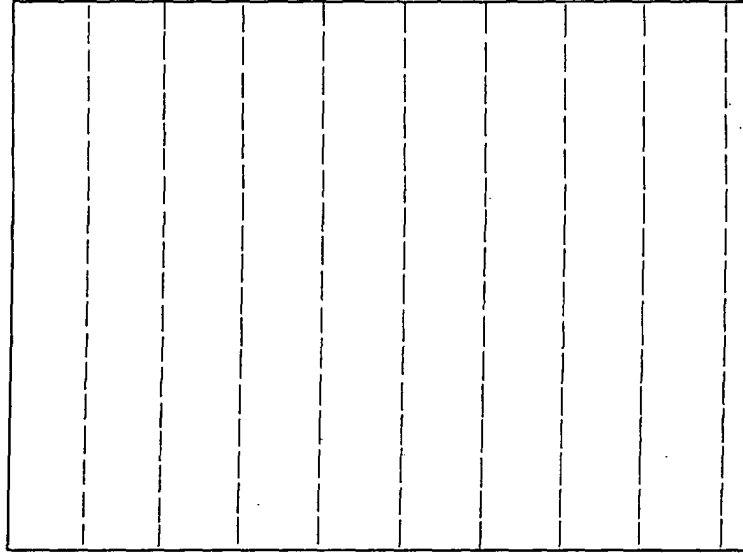


Fig. 14b

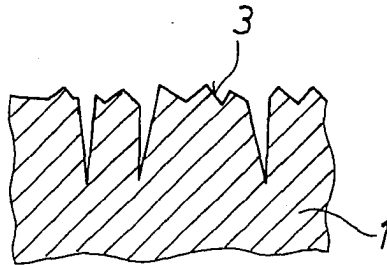


Fig. 15

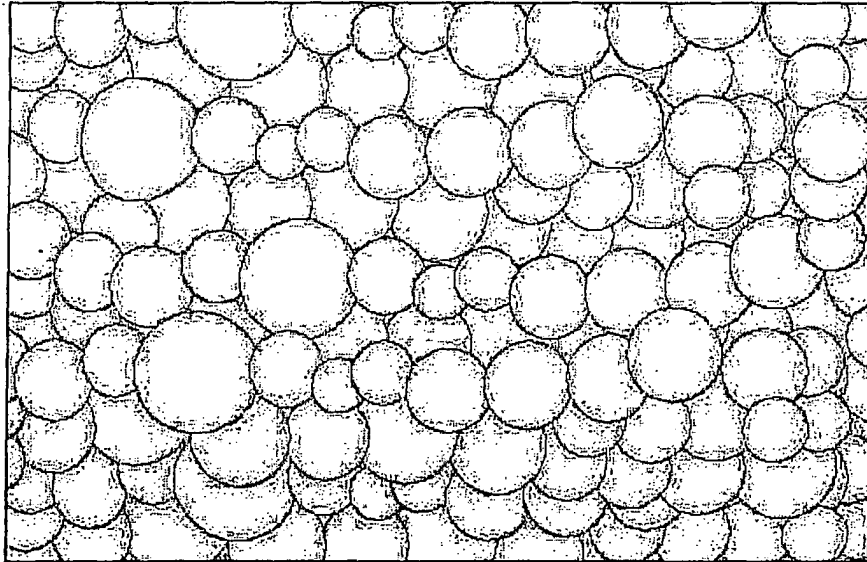


Fig. 16a

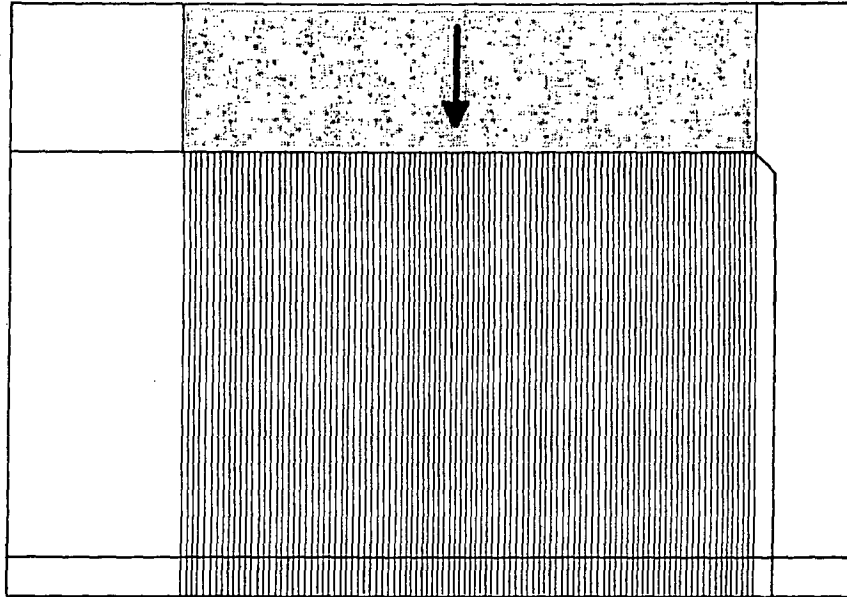


Fig. 16b

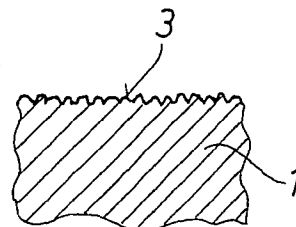


Fig.17

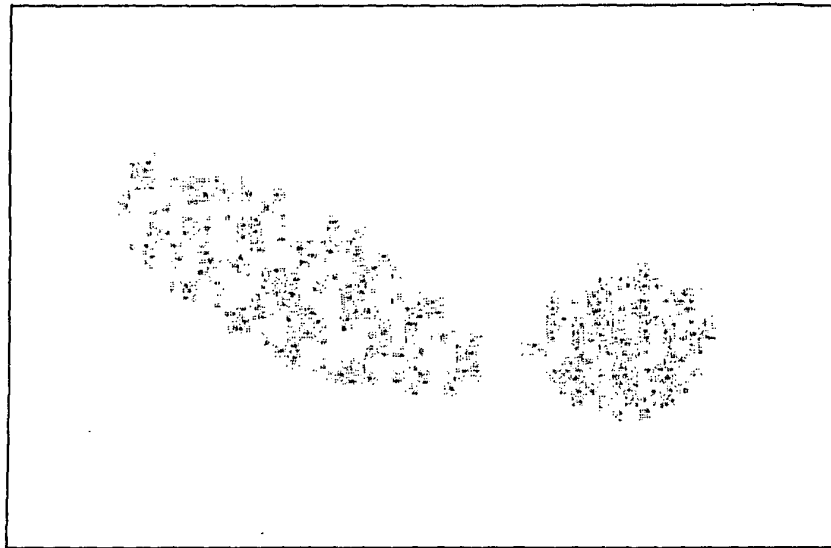
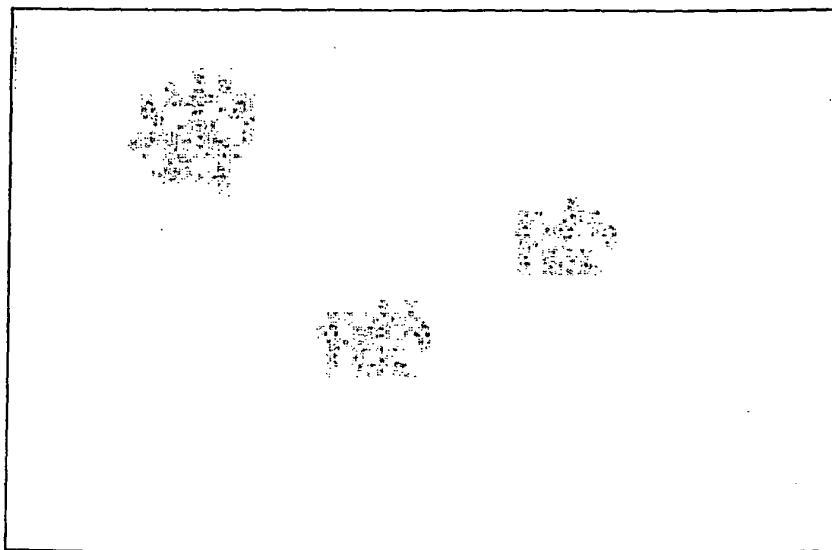


Fig.18





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 00 4238

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 6 062 948 A (SCHIFF ET AL) 16. Mai 2000 (2000-05-16) * das ganze Dokument *	1-10	B24B5/37 B24B49/02
X	US 4 509 295 A (BOETTCHER ET AL) 9. April 1985 (1985-04-09) * das ganze Dokument *	1-10	
X	WO 01/49451 A (VOITH SULZER PAPIERTECHNIK PATENT GMBH; MELKERT, SJAAK) 12. Juli 2001 (2001-07-12) * das ganze Dokument *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Juni 2005	Prüfer Koller, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

1
EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)

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

EP 05 00 4238

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-06-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6062948 A	16-05-2000	US 5800247 A	01-09-1998
US 4509295 A	09-04-1985	DE 3112991 A1	30-12-1982
		AT 386978 B	10-11-1988
		AT 38982 A	15-04-1988
		AU 553123 B2	03-07-1986
		AU 8189082 A	07-10-1982
		BE 892712 A1	30-09-1982
		FR 2502992 A1	08-10-1982
		GB 2096031 A ,B	13-10-1982
		JP 57173444 A	25-10-1982
		NL 8200878 A	01-11-1982
WO 0149451 A	12-07-2001	WO 0149451 A1	12-07-2001
		AT 251967 T	15-11-2003
		BR 9917565 A	26-11-2002
		CA 2395949 A1	12-07-2001
		DE 69912162 D1	20-11-2003
		DE 69912162 T2	12-08-2004
		EP 1251995 A1	30-10-2002
		JP 2003522033 T	22-07-2003
		US 6802759 B1	12-10-2004

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82