



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 410 222 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 681/2001
(22) Anmeldetag: 26.04.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.07.2002
(45) Ausgabetag: 25.03.2003

(51) Int. Cl.⁷: **C23C 16/02**
C23C 16/32, 16/34, 16/36

(56) Entgegenhaltungen:
US 5347887A

(73) Patentinhaber:
BÖHLERIT GES.M.B.H. & CO KG
A-8605 KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).
(72) Erfinder:
VOIGT KLAUS DR.
PARSCHLUG, STEIERMARK (AT).
PITONAK REINHARD DIPL.ING.
BRUCK/MUR, STEIERMARK (AT).
KISSELBACH ANDREAS DIPL.ING.
AALEN (DE).

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER BESCHICHTUNG AUF EINEM SPANENDEN WERKZEUG
UND ZERSPANUNGSWERKZEUG

AT 410 222 B

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung und auf ein beschichtetes spanendes Werkzeug sowie dessen Verwendung.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, die zu beschichtende Oberfläche des Zerspanungswerkzeuges bzw. des Substrates schleifbearbeitet mit einer im Querprofil der Fläche maximalen Profilhöhe von unter 8 µm zu erstellen und einen Profilkuppenglättung bis zu einer maximalen Profiltiefe R_M von 1 bis 5 µm vorzusehen und die derart gebildete Substratfläche mit einer Schicht aus Nitrid, Karbid, Karbonitrid, gegebenenfalls mit Sauerstoffanteilen, von mindestens zwei Elementen der Gruppen 4,5 und 6 des Periodensystems mit einer Dicke von 0,5 bis 5 µm zu versehen. Eine Verwendung des Zerspanungswerkzeuges ist insbesondere für eine Bearbeitung von dabei anorganische und/oder organische Verbindungen freisetzen Materialien vorgesehen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung auf zumindest Teilen der Oberfläche im Bereich der Schneidkante(n) eines spanenden Werkzeuges.

Weiters betrifft die Erfindung ein Zerspanungswerkzeug mit einer zumindest auf Teilen der Oberfläche im Bereich der Schneidkante(n) aufgetragenen Hartstoffschicht.

Ebenso ist die Erfindung auf die Verwendung eines Zerspanungswerkzeuges mit einer Beschichtung gerichtet.

Spanende Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl, hochchromlegiertem Werkzeugstahl oder Hartmetall, die im Bereich der Schneidkante(n) eine Oberflächenbeschichtung aus einer Verbindung, insbesondere Titanverbindung, zum Beispiel Titannitrid, Titankarbid oder Titankarbonitrid, aufweisen, sind bekannt. Es gehören weiters Hartstoffbeschichtungen mit Verbindungen von anderen Elementen der Gruppen 4,5 und 6 des Periodensystems, beispielsweise Vanadinnitrid, Zirkonnitrid, Chromnitrid, Niobnitrid und dergleichen zum Stand der Technik. Auch wurden schon aus mehreren Einzelschichten gebildete Beschichtungen, die insbesondere dem Ausgleich unterschiedlich hoher Ausdehnungskoeffizienten des Substrates und der Deckschicht dienen sollen, bekannt.

Die Beschichtungsverfahren an sich, wie beispielsweise physikalische - (PVD) und chemische (CVD) Dampfniederschlagsverfahren, sind dem einschlägigen Fachmann geläufig.

Alle bekannten Schichtmaterialien weisen gegenüber zumindest der Matrix des Werkzeuggrundkörpers bzw. des Substrates eine höhere Härte auf und können daher die Abriebfestigkeit der Oberflächen an der Schneidkante bzw. die Standzeit der Schneidkante selbst des Werkzeuges erhöhen. Höhere Schichthärten führen oft zu einer vorteilhaften Änderung des Verschleißverhaltens des Werkzeuges.

Die Verschleißfestigkeit eines beschichteten Werkzeuges bzw. dessen Standzeit im Betrieb hängt im wesentlichen von der mechanischen Stabilität der Beschichtung sowie den chemischen Eigenschaften der Hartstoffschicht ab. Um einer Verbindung zwischen Substrat und der Hartstoffbeschichtung eine möglichst hohe Stabilität zu verleihen, sollte einerseits die Rauigkeit des Substrates eine von dessen Materialeigenschaften abhängige maximale Profilhöhe R_y nach DIN 4762 von allenfalls unter $25\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen, wobei geringste Profilhöhen keine wesentliche Verbesserung der Haftfestigkeit, jedoch einen erhöhten Herstellungsaufwand erbringen und die Gefahr von plastischen Deformationen von Spitzen beinhalten können. Andererseits erhöhen große Beschichtungsstärken von über 10 bis $15\text{ }\mu\text{m}$ die Tendenz einer Ablösung. Bei einer Bearbeitung von Materialien, die bei dieser anorganische und/oder organische Bestandteile bzw. dergleichen Verbindungen freisetzen, kann die Werkzeugstandzeit trotz Beschichtung erniedrigt sein, weil Korrosionserscheinungen der Verschleißminderung entgegen gerichtet sind.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Beschichtung der Oberfläche im Schneidkantenbereich eines spanenden Werkzeuges anzugeben, welches Verfahren eine vergrößerte Haftfestigkeit am Werkzeuggrundkörper, eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit und eine verringerte Abrasion der Beschichtung erbringt.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Zerspanungswerkzeuges mit einer Hartstoffbeschichtung, welches Werkzeug eine wesentlich verlängerte Standzeit im Betrieb mit hoher Beanspruchung aufweist.

Letztlich ist die Erfindung auf eine besondere Verwendbarkeit eines Zerspanungswerkzeuges gerichtet.

Die vorhin gestellte Aufgabe der Erfindung wird bei einem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, daß die zu beschichtende Fläche des Werkzeuges bzw. Substrates schleifbearbeitet und im Querprofil der Fläche eine maximale Profilhöhe R_y von unter $8\text{ }\mu\text{m}$ eingestellt wird, worauf eine Profilkuppenglättung bis zu einer Profiltaltiefe R_m von 1 bis $5\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise 1 bis $3\text{ }\mu\text{m}$ erfolgt und auf die derart gebildete Substratfläche eine Schicht aus Nitrid, Karbid, Karbonitrid, gegebenenfalls mit Sauerstoffanteilen, zum Beispiel Oxikarbid, von mindestens zwei Elementen der Gruppen 4,5 und 6 des Periodensystems mit einer Dicke von $0,5$ bis $5\text{ }\mu\text{m}$ aufgebracht wird.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen im wesentlichen darin, daß besondere Voraussetzungen für eine hohe Haftfestigkeit der Beschichtung geschaffen werden und daß die neue Schicht eine vergrößerte Härte, verringerte Reibung und eine erhöhte chemische Stabilität besitzt.

Wenn die zu beschichtende Werkzeugoberfläche schleifbearbeitet wird, besitzt diese in der Folge ein Querschnittsprofil senkrecht zur Schleifrichtung mit scharfen Spitzen, unabhängig von der Rauhtiefe bzw. der maximalen Profilhöhe R_y nach DIN 4762, Bild 27, wie auch in der dem

Normblatt entnommenen Fig. 1 dargestellt ist.

Es wurde gefunden, daß die auf den scharfen Spitzen des Substrates aufgetragene Beschichtung an diesen Stellen geschwächt ist, welche Stellen insbesondere bei oberflächenparallelen Belastungen einen Ausgangspunkt für eine stellenweise Beschichtungsablösung darstellen können. Erfindungsgemäß ist eine Profilkuppenglättung vorgesehen, die einerseits die nachteilig wirkenden Profilerhebungen zumindest teilweise beseitigt, andererseits eine Rauigkeit des Substrates, die die Haftfestigkeit der Beschichtung fördert, sicherstellt, wie Fig. 2 zeigt. Wird nun eine maximale Profiltiefe nach DIN 4762 von $R_m = 1$ bis $5\text{ }\mu\text{m}$ in vorteilhafter Weise von $1,5$ bis $3\text{ }\mu\text{m}$ eingestellt, so ist die Haftfestigkeit der Beschichtung durch Wegfall der nachteiligen Spitzenauswirkungen verstärkt.

Erfolgt auf eine derart gebildete Substratoberfläche erfindungsgemäß das Aufbringen einer Hartstoffschicht bestehend aus einer Verbindung von mindestens zwei Metall-Elementen der Gruppen 4,5 und 6 des Periodensystems, so wird im Vergleich mit Verbindungen gemäß dem Stand der Technik sowohl eine hochfeste Verankerung der Beschichtung als auch eine Eigenschaftsveränderung der Schicht durch eine Beeinflussung des Atomgitters erreicht. Es ist dadurch synergetisch möglich, die Haftfestigkeit der Hartstoffbeschichtung zu erhöhen und deren Eigenschaften auf ein Anforderungsprofil auszurichten.

Nitrid-Karbid- und Karbonitrid-Verbindungen der Elemente der Gruppen 4 und 5 des Periodensystems weisen durchwegs hohe Härte auf, sind jedoch gegen chemische Korrosion weniger beständig. Hingegen sind die Elemente Chrom, Molybdän und Wolfram hochkorrosionsbeständig, was überraschenderweise auch für die Verbindungen dieser Metalle Gültigkeit hat. Erfindungsgemäß können nun Metall-Mischverbindungen, zum Beispiel (Met+Met+...) N auf Substrate aufgebracht werden, wobei die Beschichtung gleichzeitig Korrosionsbeständigkeit und hohe Härte aufweist.

Zur Durchführung einer Profilkuppenglättung kann vorteilhaft sein, wenn diese durch ein Ionenätzen mit einer Elektrizitätsmenge in Coulomb (C) von $5,6$ bis $18,2\text{ C/cm}^2$, vorzugsweise von $8,0$ bis $16,3\text{ C/cm}^2$, mit einer Zeitdauer von 800 bis 1900 s , vorzugsweise von 1000 bis 1500 s , erfolgt.

Bei einem Ionenätzen oder Zerstäuben, insbesondere der Profilsitzen, muß die Spannung größer als die Zerstäubungsschwelle sein und liegt vorteilhaft zwischen 150 und 280 V . Wird in günstiger Weise eine Metall-Ionenätzung durchgeführt, sollte die Spannung einen Wert zwischen 800 und 1500 V aufweisen.

Im Hinblick auf eine gleichzeitig hohe Härte bei guter Korrosionsbeständigkeit kann in günstiger Weise vorgesehen werden, daß eine Beschichtung mit einer Verbindung von mindestens je einem Element aus den Gruppen 6 und 4 des Periodensystems erfolgt. Einerseits ist durch die Elemente Cr, Mo und W der Gruppe 6 des Periodensystems die Korrosionsbeständigkeit erhöht, andererseits erfolgt eine besonders ausgeprägte Atomgitterverspannung durch die Elemente der Gruppe 4 des Periodensystems in der Verbindung.

Das weitere Ziel der Erfindung wird bei einem Zerspanungswerkzeug der gattungsgemäßen Art dadurch erreicht, daß die Beschichtungsfläche des Werkzeuges bzw. des Substrates im Querprofil der Fläche, bezogen auf die Richtung der Schleifbearbeitung, eine profilkuppengeglättete Form mit einer Profiltiefe von R_m von 1 bis $5\text{ }\mu\text{m}$ aufweist und die Hartstoffschicht aus Nitrid, Karbid, Karbonitrid, gegebenenfalls mit Sauerstoffanteilen, zum Beispiel Oxikarbid, von mindestens zwei Elementen der Gruppen 4,5 und 5 des Periodensystems mit einer Dicke von $0,5$ bis $5,0\text{ }\mu\text{m}$ gebildet ist.

Eine profilkuppengeglättete Form der Bearbeitungsfläche bzw. der Substratoberfläche mit einer Profiltiefe Y_v im Querprofil von 1 bis $5\text{ }\mu\text{m}$, in vorteilhafter Weise von 1 bis $3\text{ }\mu\text{m}$, stellt den erfindungsgemäßen Vorteil dar, daß einerseits eine günstige Verankerung mit hoher Verbindungsstärke der Schicht erreicht wird, andererseits eine weitgehend ebenmäßige spitzenfreie Ausbildung des oberen Außenflächenteiles vorliegt, was auch aus Fig. 2 hervorgeht. Die als Beschichtung aufgetragenen Metall-Mischverbindungen sind auf die letztlich an das Werkzeug gestellten Anforderungen ausrichtbar und vermitteln diesem in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Oberflächenausführung bei einer Dicke von $0,5$ bis $5,0\text{ }\mu\text{m}$ besonders gute Gebrauchseigenschaften. Dieser Vorteil ist besonders ausgeprägt bei Werkzeugen, die durch Abschleifen der Spanfläche geschärft werden, weil die Beschichtungen den Flanken der Schneidkanten besonders hohe stirnseitig gerichtete Beanspruchungen, die ein Ablösen der Schicht fördern, erfährt. Auch eine Beschichtung der

Spanfläche bei einem Schärfen des Werkzeuges durch Abtragung der Flanken bewirkt eine Leistungssteigerung.

Wenn, wie gefunden wurden, die Hartstoffschicht mit Elementen der Gruppen 6 und 4 des Periodensystems gebildet ist, kann gezielt durch den jeweiligen Anteil der Metalle in der Verbindung bei einer Bearbeitung von Werkstoffen, welche dabei korrosive Medien abgeben, ein Angriff und/oder Schneidkantenabtrag des Werkzeuges wesentlich vermindert werden.

Beispielsweise hat sich bei einer Bearbeitung von Holz und Holzverbundstoffen eine Beschichtung mit einem Nitrid oder Karbonitrid von Chrom und Titan mit einem Verhältnis von bis zu 40 Atom-% Titan, vorzugsweise von 5 bis 15 Atom-% Titan, auf einem Schnellarbeitsstahlsubstrat als besonders günstig herausgestellt.

Auch kann es zur Bewältigung von besonderen Anforderungen an das Werkzeug vorteilhaft sein, wenn sich die Zusammensetzung der Beschichtung in Dickenrichtung ändert bzw. sich der jeweilige Anteil der metallischen Elemente in der Verbindung und damit die Eigenschaft der Schicht ändert.

Eine Steigerung der mechanischen Werte der Schicht kann erreicht werden, wenn in die Hartstoffschicht die Elemente Aluminium und/oder Silizium eingelagert sind.

Beschichtete Zerspanungswerkzeuge aus Schnellarbeitsstahl oder hochlegiertem Werkzeugstahl weisen, wie sich zeigte, eine besonders hohe Standzeit auch bei großen mechanischen und thermischen Beanspruchungen auf, wenn, wie erfindungsgemäß vorgesehen sein kann, der Werkzeuggrundkörper bzw. das Substrat pulvermetallurgisch hergestellt ist. Untersuchungen haben ergeben, daß die Ausbildung und die homogene Verteilung der Karbide in der Matrix in derartigen Substraten die Oberflächenbearbeitung und die Rauigkeitsausformung auch bei unterschiedlichen Bearbeitungsrichtungen vorteilhaft beeinflussen bzw. gestalten.

Umfangreiche praktische Versuche haben ergeben, daß die in der vorgeordneten Beschreibung gekennzeichneten Werkzeuge bei einer Verwendung für die Bearbeitung von Materialien, die bei dieser anorganische und/oder organische Bestandteile oder Verbindungen freisetzen, welche chemisch korrosiv sind und/oder sich im Bereich der Schneid- und/oder Freiflächen des Werkzeuges niederschlagen und polymerisieren können, besonders hohe Leistungswerte erbringen.

Für eine Bearbeitung von Holz, Kunststoff oder zumindest mit Holzteilen und/oder Kunststoffharzen gebildeten Gegenständen wie Spanplatten hat sich eine Verwendung von erfindungsgemäßen Zerspanungswerkzeugen mit einer Beschichtung bestehend aus einer Verbindung, vorzugsweise einem Nitrid der Elemente Chrom und Titan bewährt, wobei ein besonders hohes Eigenschaftsprofil bei einem Anteil von etwa 12 Atom-% Titan an der Metallkomponente der Verbindung erreicht wurde. Dabei wies die Beschichtung gleichzeitig hohe chemische Stabilität und eine mit reinem Titannitrid vergleichbare Härte auf. Auch die Haftfestigkeit von polymerisierten organischen Verbindungen an der Beschichtung war minimiert.

An den diesbezüglichen Untersuchungen soll die Erfindung weiter dargestellt werden.

Bei einer Vickers-Härteprüfung mit einer Belastung von 0,5 N wurden für reines Chromnitrid Werte von 1700 bis 2000 HV und für reines Titannitrid solche von ca. 2300 HV ermittelt.

Reines Chromnitrid wies gute Korrosionsbeständigkeit auf, die durch Anteile von Molybdän sowie Wolfram in der Verbindung weiter verbessert wurde. Anteile von Titan, Zirkon, Hafnium, Niob und Vanadin verminderten jedoch im steigenden Maße ab Anteilen von 10 bis 40 Atom-% die Beständigkeit gegen Korrosion, erhöhten aber die Härte der Verbindung bzw. Beschichtung und wirkten gelegentlich versprödhend.

An Beschichtungen aus Chrom-Titan-Nitrid wurde gefunden, daß mit steigendem Titananteil ab ca. 10 Atom-% Titan die Korrosionsbeständigkeit sinkt, wobei ab ca. 30 Atom-% der diesbezügliche Abfall verstärkt ausgebildet ist, was einen chemisch bedingten Verschleiß vergrößert. Hingegen wird durch die Einlagerung von Ti-Atomen in das Chromnitridgitter, die Verspannung desselben und damit die Härte erhöht; bei ca. 30 Atom-% Titan ergaben sich Härtewerte der Schicht von 3000 HV. Weiters hat Chromnitrid im Vergleich mit Stahl, zum Beispiel Schnellarbeitsstahl, einen geringen Ausdehnungskoeffizienten, wodurch die Spannung in der Beschichtung, insbesondere im Bereich von ausgeprägten Profilspitzen vom Substrat, hoch ist. Titananteile im Chromnitrid vergrößern den Ausdehnungskoeffizienten der Verbindung und verringern die Spannungen in der Schicht am Substrat.

Durch praktische Erprobungen wurde bei der Zerspanung von Kieferholz gefunden, daß dafür

die Summeneigenschaft des Zerspanungswerkzeuges mit einer maximalen Profiltaltiefe der Substratoberfläche R_M von 1 bis 5 μm , vorzugsweise 1 bis 3 μm , und einer Beschichtung mit Chrom-Titan-Nitrid, wobei der Titananteil 5 bis 14 Atom-% beträgt, optimiert ist.

5

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung auf zumindest Teilen der Oberfläche im Bereich der Schneidkante(n) eines spanenden Werkzeuges, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 10 die zu beschichtende Fläche des Werkzeuges bzw. Substrates schleifbearbeitet und im Querprofil der Fläche eine maximale Profilhöhe R_V von unter 8 μm eingestellt wird, worauf eine Profilkuppenglättung bis zu einer maximalen Profiltaltiefe R_M von 1 bis 5 μm erfolgt und auf die derart gebildete Substratfläche eine Schicht aus Nitrid, Karbid, Karbonitrid, gegebenenfalls mit Sauerstoffanteilen, zum Beispiel Oxikarbid, von mindestens zwei Elementen
 15 der Gruppen 4,5 und 6 des Periodensystemes mit einer Dicke von 0,5 bis 5 μm aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Profilkuppenglättung durch ein Ionenätzen mit einer Elektrizitätsmenge von 5,6 bis 18,2 C/cm^2 , vorzugsweise mit 8,0 bis 16,3 C/cm^2 , mit einer Zeitdauer von 800 bis 1900 s, vorzugsweise von 1000 bis
 20 1500 S, erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Profilkuppenglättung durch ein Edelgas-Ionenätzen bei einer Spannung zwischen 150 V bis 280 V erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Profilkuppenglättung durch ein Metall-Ionenätzen bei einer Spannung zwischen 800 V und 1500 V erfolgt.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschichtung mit einer Verbindung von mindestens je einem Element aus den Gruppen 6 und 4 des Periodensystems erfolgt.
6. Zerspanungswerkzeug mit einer zumindest auf Teilen der Oberfläche im Bereich der Schneidkanten aufgetragenen Hartstoffschicht, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschichtungsfläche des Werkzeuges bzw. des Substrates im Querprofil der Fläche, bezogen auf die Schleifbearbeitung, eine profilkuppengeglättete Form mit einer maximalen Profiltaltiefe R_M von 1 bis 5 μm aufweist und die Hartstoffschicht aus Nitrid, Karbid, Karbonitrid, gegebenenfalls mit Sauerstoffanteilen, zum Beispiel Oxikarbid, von mindestens zwei Elementen der Gruppen 4,5 und 6 des Periodensystems mit einer Dicke von 0,5 bis
 30 5,0 μm gebildet ist.
7. Zerspanungswerkzeug nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hartstoffschicht mit Elementen der Gruppen 6 und 4 des Periodensystems gebildet ist.
8. Zerspanungswerkzeug nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Hartstoffschicht die Elemente Aluminium und/oder Silizium und/oder Bor eingelagert sind.
- 40 9. Zerspanungswerkzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Werkzeuggrundkörper bzw. das Substrat pulvermetallurgisch hergestellt ist.
10. Verwendung von Zerspanungswerkzeugen nach den Ansprüchen 6 bis 9 für die Bearbeitung von Materialien, die bei dieser anorganische und/oder organische Bestandteile bzw. Verbindungen freisetzen, welche chemisch korrosiv sind und/oder sich im Bereich der Schneid- und/oder Freiflächen des Werkzeuges niederschlagen und/oder polymerisieren.
- 45 11. Verwendung von Zerspanungswerkzeugen nach den Ansprüchen 6 bis 10 für eine Bearbeitung von Holz, Kunststoff oder zumindest mit Holzteilen und/oder Kunstharzen gebildeten Gegenständen.

50

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

55

DIN ISO 4287/1
4762

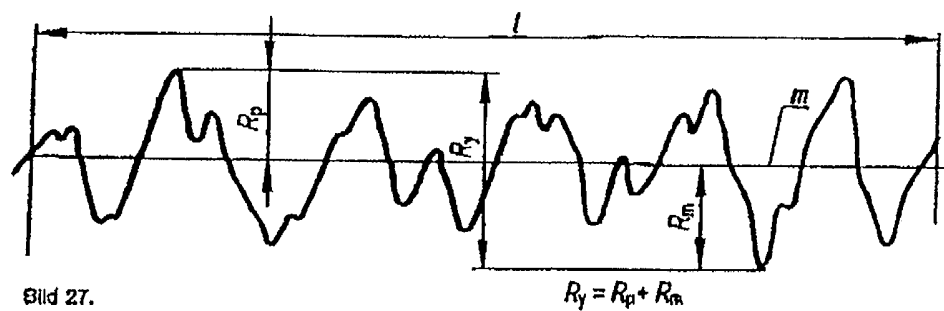


Fig. 1

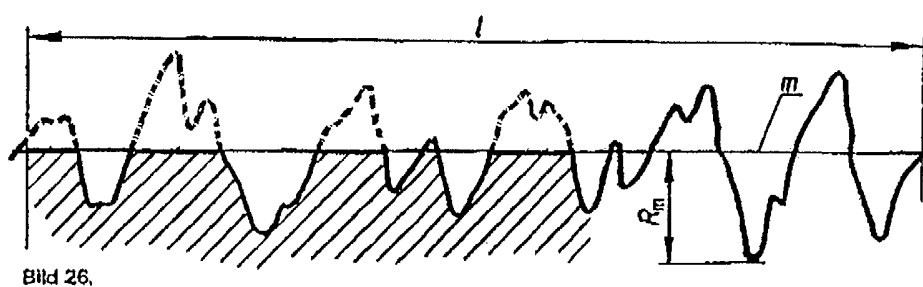


Fig. 2