



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

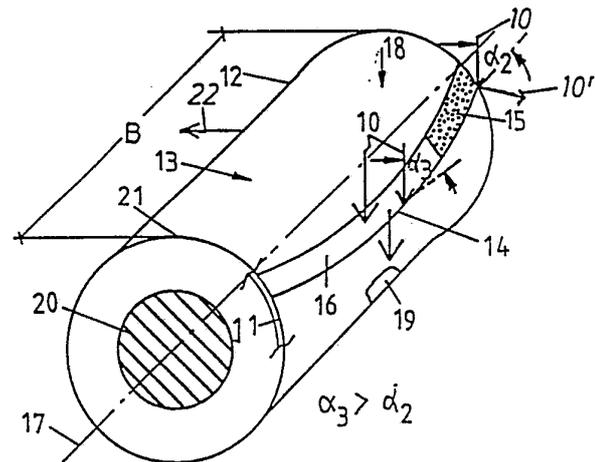
<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : B23K 26/06, C21D 1/09</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/18704 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. Dezember 1991 (12.12.91)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00488 (22) Internationales Anmeldedatum: 7. Juni 1991 (07.06.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 18 355.6 8. Juni 1990 (08.06.90) DE (71) Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE). (72) Erfinder: ZWICK, Axel ; Lütticherstr. 180, D-5100 Aachen (DE). WISSENBACH, Kurt ; Taubengasse 13, D-5100 Aachen (DE). GASSER, Andres ; Sittarder Str. 53, D-5100 Aachen (DE).</p>	<p>(74) Anwalt: PATENTSTELLE FÜR DIE DEUTSCHE FORSCHUNG DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT E.V.; Leonrodstraße 68, D-8000 München 19 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>	

(54) Title: PROCESS FOR TREATING THE SURFACES OF WORKPIECES WITH LASER RADIATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON WERKSTÜCKEN MIT LASERSTRAHLUNG

(57) Abstract

Described is a process for treating the surfaces of workpieces (12) by using laser radiation (10) to heat edge zones, in particular for treating shafts for motor vehicles. The process calls for a laser beam to strike the surface (13) of the workpiece at an angle of incidence which is other than zero, producing an oval light spot (14), the beam being moved at right angles to it. In order to be able to work at high speed and produce products of high quality, linearly polarized laser radiation (10) is used and, to optimize the transfer of energy into the workpiece (12), the angle of incidence (α_2) in at least one sector (15) of the light spot (14) differs from the angle of incidence (α_3) in the other sectors (e.g. 16) of the light spot (14).



(57) Zusammenfassung

Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Werkstücken (12) mit Laserstrahlung (10) durch Erhitzen von Randschichten, insbesondere zur Behandlung von Wellen für Kraftfahrzeuge, bei dem ein Laserstrahl mit einem von Null abweichenden Einfallswinkel auf die Werkstückoberfläche (13) mit einem länglichen Strahlfleck (14) auftrifft und quer dazu relativbewegt wird. Um zu erreichen, daß mit hoher Prozeßgeschwindigkeit bei hoher Qualität gearbeitet werden kann, wird so verfahren, daß linear polarisierte Laserstrahlung (10) verwendet und ihr Einfallswinkel (α_2) zur Anpassung der Energieeinkopplung in das Werkstück (12) in zumindest einem Teilbereich (15) des Strahlflecks (14) abweichend von den Einfallswinkeln (α_3) der verbleibenden Bereiche (z.B. 16) des Strahlflecks (14) eingestellt wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU	Sowjet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Werkstücken
mit Laserstrahlung

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Werkstücken mit Laserstrahlung durch Erhitzen von Randschichten, ausgenommen zur Behandlung von Nocken für Wellen für Kraftfahrzeuge, bei dem ein Laserstrahl mit einem von Null abweichenden Einfallswinkel auf die Werkstückoberfläche mit einem länglichen Strahlfleck auftrifft und quer dazu relativbewegt wird. Dabei wird unter Oberflächenbehandlung beispielsweise das Anlassen, Härten oder Umschmelzen verstanden. Werkstücke sind z.B. Lagersitze von Wellen. Es können aber auch Schnecken von Extrudern od. dgl. Bauteile der Oberflächenbehandlung unterworfen werden.

Stand der Technik

Der industrielle Einsatz von Hochleistungslasern, wie beispielsweise Kohlendioxidlasern, zur Oberflächenveredelung von Werkstücken scheitert häufig daran, daß die Absorption der Laserstrahlung nicht genügend groß ist. Um die Energieeinkopplung zu erhöhen, ist es allgemein bekannt, linear parallel polarisierte Laserstrahlung zu verwenden und diese mit einem Einfallswinkel von nahe 90° auf die zu bearbeitende Oberfläche des Werkstücks einzustrahlen. Infolgedessen erfolgt eine verstärkte

Energieabsorption bzw. eine verstärkte -einkopplung. Infolgedessen sind erhöhte Prozeßgeschwindigkeiten möglich, woraus eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Behandlungsverfahrens resultiert. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Bearbeitungsqualität zu wünschen übrig läßt, beispielsweise sind Aufschmelzungen an den Kanten behandelter Werkstückflächen zu beobachten, oder das Erhitzen erfolgt in den quer zur Relativbewegungsrichtung des Laserstrahls liegenden Bereichen nicht genügend in die Tiefe.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen, welches als Verfahren zur Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung allgemein bekannt ist, so zu verbessern, daß eine hohe Prozeßgeschwindigkeit mit einer Verbesserung der Bearbeitungsqualität verknüpft wird.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß linear polarisierte Laserstrahlung verwendet und ihr Einfallswinkel zur Anpassung der Energieeinkopplung in das Werkstück in zumindest einem Teilbereich des Strahlflecks abweichend von den Einfallswinkeln der verbleibenden Bereiche des Strahlflecks eingestellt wird.

Von entscheidender Bedeutung für die Optimierung der Prozeßgeschwindigkeit in Verbindung mit einer Erhöhung der Bearbeitungsqualität ist die Anpassung der Absorption an die Geometrie des zu bearbeitenden Werkstücks. Diese Anpassung wird durch Beeinflussung des Laserstrahls je nach vorhandener Werkstückgestalt erreicht. Es wird zumindest ein Teilbereich eines Strahlflecks der Laserstrahlung ausgewählt, in dem der Einfallswinkel der Laserstrahlung abweichend von den Einfallswinkeln der verbleibenden Bereiche des Strahlflecks eingestellt wird. Infolgedessen ist die Absorption der Energie in den angesprochenen Bereichen des Strahlflecks unterschiedlich. Durch die Wahl der Einfallswinkel entsprechend der bekannten Abhängigkeit zwischen Absorption und diesem Einfallswinkel für linear parallel polarisierte Laserstrahlung kann das Werkstück so erhitzt werden, daß unterschiedlichen Werkstückbereichen unterschiedliche Wärmemengen zugeführt werden. Beispielsweise kann ein Kantenaufschmelzen an einem Werkstück vermieden werden, indem den Kantenbereichen weniger Energie zugeführt wird, ohne

daß dabei die Wärmezufuhr kantenferner Bereiche herabgesetzt werden muß. Es ergibt sich eine Qualitätsverbesserung bei hoher Prozeßgeschwindigkeit.

Für das Einstellen der Einfallswinkel der Laserstrahlung sind die verschiedensten Verfahrensschritte möglich. Eine wesentliche Möglichkeit ist es, wenn die Form des Strahlflecks auf die Geometrie der zu bearbeitenden Fläche abgestimmt wird. Die Beeinflussung der Form des Strahlflecks ermöglicht es, auf unterschiedlichen horizontalen Niveaus gelegene Oberflächenabschnitte des Werkstücks zu bestrahlen. Damit ergibt sich bei gekrümmten Werkstückoberflächen die Möglichkeit, unterschiedliche Einfallswinkel zur Wirkung kommen zu lassen. Dabei versteht sich, daß die Form des Strahlflecks jeweils individuell auf die Fläche des Werkstücks abgestimmt werden muß. Eine einmalige Abstimmung genügt, wenn die zu bearbeitende Fläche stets dieselbe Relativlage zum Strahlfleck hat. Ist das nicht der Fall, muß die Form des Strahlflecks in Abhängigkeit von den Änderungen der Relativlage des Werkstücks beispielsweise kontinuierlich entsprechend geändert werden.

Vorteilhafterweise wird bei einem Werkstück mit zylindrisch gewölbter Oberfläche ein mondsichelförmig gebogener Strahlfleck parallel zur Zylinderachse verwendet. Werkstücke mit zylindrisch gewölbter Oberfläche haben einen Mantelbereich mit konstanter Krümmung, so daß ein mondsichelförmig gebogener Strahlfleck, der parallel zur Zylinderachse verwendet wird, an seinen Enden Oberflächenbereiche bestreicht, die in Bezug auf die Strahlrichtung ein anderes Höhenniveau haben, als Mittelbereiche dieses Strahlflecks. Infolgedessen trifft die Laserstrahlung an den Enden unter einem anderen Winkel auf die zu bearbeitende Oberfläche, so daß die Energieabsorption entsprechend anders ist, als in den Mittelbereichen des Strahlflecks.

Das Verfahren kann so durchgeführt werden, daß im Falle einer der Länge des Strahlflecks etwa entsprechenden Werkstückbreite ein Strahlfleck mit einer Biegung verwendet wird, die sich quer zur Strahlrichtung in Richtung strahltiefer gelegener Oberflächenabschnitte des Werkstücks erstreckt, wenn die zylind-

drische Werkstückoberfläche konvex gewölbt ist, sonst umgekehrt. Bei diesem Verfahren ist der Einfallswinkel der Strahlung an den Enden des Strahlflecks kleiner, als in den dazwischen gelegenen verbleibenden Bereichen dieses Strahlflecks. Infolgedessen ist die Energieeinkopplung an den Enden des Strahlflecks verringert. Dieses Verfahren ist insbesondere für Werkstücke mit einer Breite geeignet, die im wesentlichen der Strahlflecklänge entspricht. Je nach Behandlungsverfahren können damit Aufschmelzungen, Deformationen oder Abschmelzungen vermieden werden.

Das Verfahren kann auch so durchgeführt werden, daß im Falle einer die Länge des Strahlflecks wesentlich übersteigenden Werkstückbreite ein Strahlfleck mit einer Biegung verwendet wird, die sich quer zur Strahlrichtung in Richtung strahlhöher gelegener Oberflächenabschnitte des Werkstücks erstreckt, wenn die zylindrische Werkstückoberfläche konvex gewölbt ist, sonst umgekehrt. Die Einfallswinkel der Laserstrahlung an den Enden des Strahlflecks sind größer, als die Einfallswinkel in den verbleibenden Mittelbereichen, so daß an den Enden des Strahlflecks in gesteigertem Maße absorbiert wird. Das Verfahren ist geeignet, eine Bearbeitungsspur über ihre gesamte Breite mit gleicher Bearbeitungsgeometrie und gleicher Qualität zu erzeugen. Infolgedessen erübrigen sich beispielsweise Überlappungen von Bearbeitungsspuren, wenn größere Werkstückflächen behandelt werden müssen.

Damit das Verfahren flexibel eingesetzt werden kann, also bei Werkstücken unterschiedlicher Abmessungen, wird ein Strahlfleck mit einstellbarer Länge und/oder mit einstellbarer Breite verwendet. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insoweit flexibel, als es nicht unbedingt der Formung des Strahlflecks bedarf. Vielmehr können herkömmliche Strahlflecken verwendet werden, welche die Bereiche unterschiedlicher Einfallswinkel der Laserstrahlung aufweisen. Die Erzeugung der Laserstrahlung muß dann mit quer zum Laserstrahl entsprechend ge-

formten Optiken erzeugt werden, um die gewünschten Einfallswinkel zu gewährleisten.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig.1 bis 3 unterschiedliche Werkstückgeometrien mit zylindrisch gewölbten Oberflächen, die mit gebogenen Strahlflecken behandelt werden,

Fig.4 eine meßtechnisch ermittelte Form einer mondsichelförmig gebogenen Strahlgeometrie,

Fig.5,6 ebene Werkstückoberflächen mit Bereichen, die mit Laserstrahlung unterschiedlicher Einfallswinkel bestrahlt werden,

Fig.7,8 schematische Darstellungen einer Einrichtung zur Erzeugung mondsichelförmig gebogener Strahlgeometrien, und

Fig.9 die Abhängigkeit der Absorption der Energie von Laserstrahlung vom Einfallswinkel α .

Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

Das in Fig.1 dargestellte Werkstück 12 ist ein Kreiszylinder mit geschnitten dargestellten Ansätzen 20. Infolgedessen sind Kanten 21 vorhanden, an denen sich ein Wärmestau einstellen würde, wenn das Werkstück über seine gesamte Breite B gleichzeitig mit Laserstrahlung bestrahlt würde, wobei vorausgesetzt ist, daß der Strahlfleck länglich und parallel zur Zylinderachse 17 angeordnet ist sowie eine über seine Länge gleichmäßige Intensitätsverteilung besitzt. Da die gesamte Werkstückoberfläche 13 mit Laserstrahlung erhitzt werden soll, ist es erforderlich, sie relativ zur Laserstrahlung 10 zu drehen, wobei dann die gewünschte Erhitzung aller Randschichten 11 erfolgt.

Der in Fig.1 schematisch dargestellte Strahlfleck 14 ist etwa so lang, wie das Werkstück 12 breit ist. Der Strahlfleck 14 kann etwa so aussehen, wie in Fig.4 dargestellt, aus der ersichtlich ist, daß der Strahlfleck etwa mondsichelförmig ist, wobei seine Breite b erheblich geringer ist, als seine Länge l.

Aus Fig.1 ist des weiteren abzuleiten, daß die Laserstrahlung 10 infolge der gebogenen Form des Strahlflecks 14 auf ei-

nen Teilbereich 15 des Strahlflecks 14 trifft, der quer zur Strahlrichtung 18 höher gelegen ist, als der mittlere Bereich 16. Das ist auf die dargestellte Biegung des der Zylinderachse 17 parallelen Strahlflecks 14 quer zur Strahlrichtung 18 zurückzuführen. In diesem höhergelegenen Teilbereich 15 ist der Einfallswinkel α_2 der Laserstrahlung 10 kleiner, als im Bereich 16. Infolgedessen ergibt sich im Teilbereich 15 eine geringere Absorption, wie sich aus Fig.9 ableiten läßt. Die Absorption im Bereich von Einfallswinkeln der Größe α_3 ist doppelt so groß, wie bei Einfallswinkeln α_2 , wenn linear parallel polarisierte Laserstrahlung verwendet wird. Unter linear parallel polarisierter Laserstrahlung wird in üblicher Weise Laserstrahlung verstanden, die nur in der Einfallsebene schwingt, also in der durch den einfallenden Strahl 10 und den reflektierten Strahl 10' definierten Ebene.

Bezüglich Fig.1 ergibt sich eine erheblich geringere Erhitzung der Teilbereiche 15 und damit eine Verminderung der Gefahr des ungewollten Aufschmelzens, des Deformierens oder des Abschmelzens dieser Teilbereiche 15 bzw. der Kante 21.

In Fig.2 ist das Werkstück 12 ebenfalls mit einer zylindrisch gewölbten Oberfläche 13 ausgebildet, im Bereich der Bestrahlung durch den Strahlfleck 14 jedoch nicht konvex gewölbt, sondern konkav gewölbt. Infolgedessen ergeben sich für die in Richtung 18 einfallende Laserstrahlung 10 in den Randbereichen 15 größere Einfallswinkel α_2 , als die Einfallswinkel α_3 der mittleren Bereiche 16, da die Werkstückoberfläche 13 hier infolge der konkaven Wölbung bereits flacher ist, als in den Bereichen 15. In letzteren erfolgt also eine erhöhte Absorption. Das ist unerwünscht, wenn man davon ausgeht, daß die Randbereiche des Werkstücks 12 ohnehin seitlich, also quer zur Relativbewegungsrichtung 22 zwischen Laserstrahlung 10 und Werkstück 12 infolge der seitlichen Begrenzung einen Wärmestau erleiden. Zu dessen Vermeidung müßte die aus Fig.2 ersichtliche Biegung genau entgegengesetzt angeordnet sein, also wie in Fig.3.

Fig.3 zeigt die Anordnung eines mondsichelförmig gebogenen Strahlflecks 14 an einem zylindrischen Werkstück 12 mit konvexer Wölbung für den Fall, daß die in Richtung der Zylinderachse 17 gegebene Erstreckung wesentlich größer ist, als die

Länge des Strahlflecks 14. In diesem Fall erfolgt ein Wärmeabfluß in Richtung der Zylinderachse 17, so daß in den Teilbereichen 15 des Strahlflecks 14 eine erhöhte Absorption gewünscht wird, um die Randschichten 11 des Werkstücks 12 über dessen gesamte Breite gleichmäßig tief zu erhitzen. Die Biegung des Strahlflecks 14 erstreckt sich also quer zur Strahlrichtung 18 in Richtung strahlhöhergelegener Oberflächenabschnitte 19', um in den Randbereichen die größeren Einfallswinkel α_2 zu bewirken, als im Bereich 16.

Die Fig.5,6 zeigen wölbungsfreie, nämlich ebene Werkstücke 12 mit entsprechend planen Oberflächen 13. Das Werkstück 12 der Fig.5 ist etwa so lang, wie der nicht dargestellte Strahlfleck, so daß sich bei einer Relativbewegung von Laserstrahlung 10 und Werkstück 12 in Richtung 22 quer dazu ein Wärmestau ergibt. Infolgedessen wird so verfahren, daß in den in der Mitte des Werkstücks 12 befindlichen Bereichen 16 ein vergleichsweise großer Einfallswinkel α_3 gewählt wird, während die Einfallswinkel α_2 der am Rande gelegenen Bereiche 15 demgegenüber kleiner ist. Dementsprechend ist auch die Energieeinkopplung in den Bereichen 15 geringer. Umgekehrt ist die Neigung der Laserstrahlung 10 in dem mittleren Bereich 16 des Werkstücks 12 der Fig.6, das seitlich in Bezug auf die Länge des nicht dargestellten Strahlflecks unbegrenzt ist. Der Einfallswinkel α_3 ist also kleiner, als der randseitige Einfallswinkel α_2 , was zu einer gleichmäßig tiefen Erhitzung des Werkstücks 12 über die gesamte Länge des Strahlflecks führt.

Die Form des Strahlflecks der Laserstrahlung 10 ist bei den Werkstücken 12 der Fig.5,6 von vergleichsweise geringer Bedeutung. Angedeutet ist durch die Anordnung der die Laserstrahlung 10 symbolisierenden Pfeile eine sichelförmige Strahlfleckausbildung. Derselbe Behandlungseffekt kann jedoch erreicht werden, wenn eine linienförmige Strahlfleckausbildung verwendet wird, sofern nur die Einfallswinkel α_3 der Laserstrahlung 10 in den Bereichen 16 wie jeweils dargestellt im Verhältnis zu den Einfallswinkeln α_2 sind.

Die Fig.7,8 zeigen die räumliche Anordnung einer Optik, mit der sichelförmige Strahlflecken erzeugt werden können. Die Optik 23 besteht aus in einem Gehäuse 28 angeordneten Planspie-

gel 24, der die Laserstrahlung 10 in Richtung auf einen Linienfokussierspiegel 25 um 90° umlenkt. In einstellbarem Abstand L von diesem Linienfokussierspiegel 25 ist ein elliptischer Spiegel 26 angeordnet, der die Strahlung 10 um 90° ablenkt und auf das zu bestrahlende Werkstück 12 richtet, das sich in einer Distanz A befindet. Die Form des Strahlflecks entspricht Fig.4.

Mit Hilfe der vorbeschriebenen Verfahren kann bei optimaler Bearbeitungsqualität mit hoher Prozeßgeschwindigkeit bearbeitet werden. Als Bearbeitungsverfahren kommen infrage: Anlassen, Umwandlungshärten, Umschmelzen, Legieren, Dispergieren oder Beschichten von Außenschichten bzw. Randschichten der Werkstücke. Fehlerhafte Bearbeitungen können vermieden werden, wie beispielsweise Kantenverrundungen infolge eines Aufschmelzens bzw. Verdampfens von Werkstoff oder ungleichmäßige Bearbeitungsgeometrien. Als Werkstücke kommen vornehmlich solche infrage, die in zumindest einer Richtung ungewölbt sind, also Werkstücke mit planen Flächen und Werkstücke mit zylindrisch gewölbten Flächen. Bei diesen kann beispielsweise mit Strahlfleckspuren in der Breite von z.B. 30 bis 40mm bearbeitet werden.

Gewerbliche Verwertung

Das Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Werkstücken mittels Laserstrahlung wird zur Erzielung einer hohen Prozeßgeschwindigkeit mit gleichzeitiger Verbesserung der Bearbeitungsqualität angewandt.

Ansprüche:

1. Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Werkstücken mit Laserstrahlung durch Erhitzen von Randschichten, ausgenommen zur Behandlung von Nocken für Wellen für Kraftfahrzeuge, bei dem ein Laserstrahl mit einem von Null abweichenden Einfallswinkel auf die Werkstückoberfläche mit einem länglichen Strahlfleck auftrifft und quer dazu relativbewegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß linear polarisierte Laserstrahlung (10) verwendet und ihr Einfallswinkel (α_2) zur Anpassung der Energieeinkopplung in das Werkstück (12) in zumindest einem Teilbereich (15) des Strahlflecks (14) abweichend von den Einfallswinkeln (α_3) der verbleibenden Bereiche (z.B.16) des Strahlflecks (14) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Strahlflecks (14) auf die Geometrie der zu bearbeitenden Fläche (13) abgestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Werkstück (12) mit zylindrisch gewölbter Oberfläche (13) ein mondsichelförmig gebogener Strahlfleck (14) parallel zur Zylinderachse (17) verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer der Länge (l) des Strahlflecks (14) etwa entsprechenden Werkstückbreite (B) ein Strahlfleck (14) mit einer Biegung verwendet wird, die sich quer zur Strahlrichtung (18) in Richtung strahltiefer gelegener Oberflächenabschnitte (19) des Werkstücks (12) erstreckt, wenn die zylindrische Werkstückoberfläche (13) konvex gewölbt ist, sonst umgekehrt.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer die Länge (l) des Strahlflecks (14) wesentlich übersteigenden Werkstückbreite (B) ein Strahlfleck (14) mit einer Biegung verwendet wird, die sich quer zur Strahlrichtung (18) in Richtung strahlhöher gelegener Oberflächenabschnitte (19') des Werkstücks (12) erstreckt, wenn die zylindrische Werkstückoberfläche (13) konvex gewölbt ist, sonst umgekehrt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Strahlfleck (14) mit einstellbarer Länge (l) und/oder mit einstellbarer Breite (b) verwendet wird.

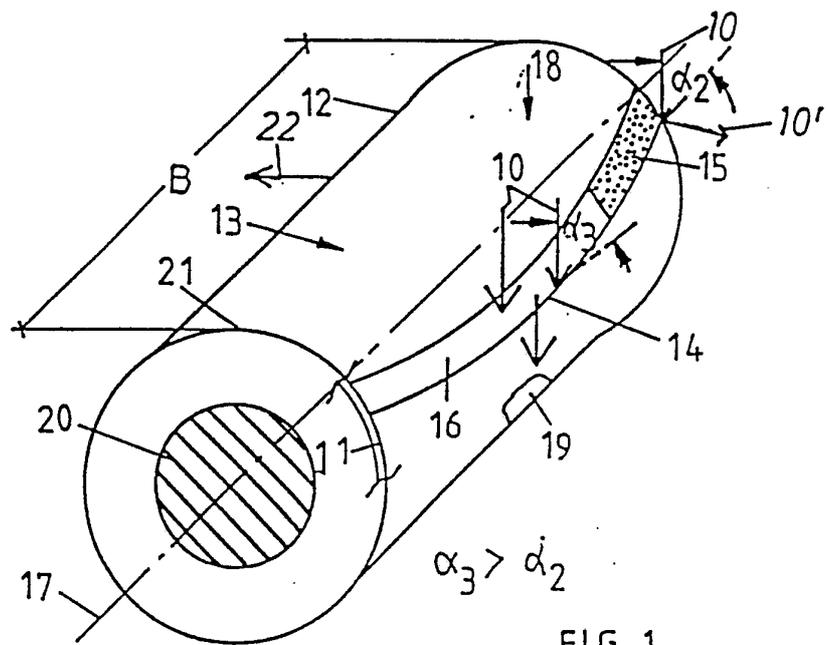
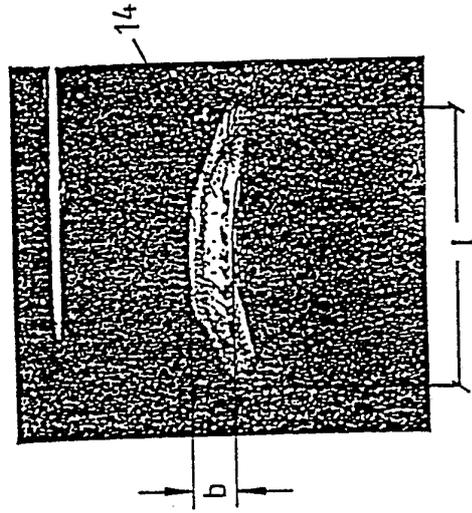
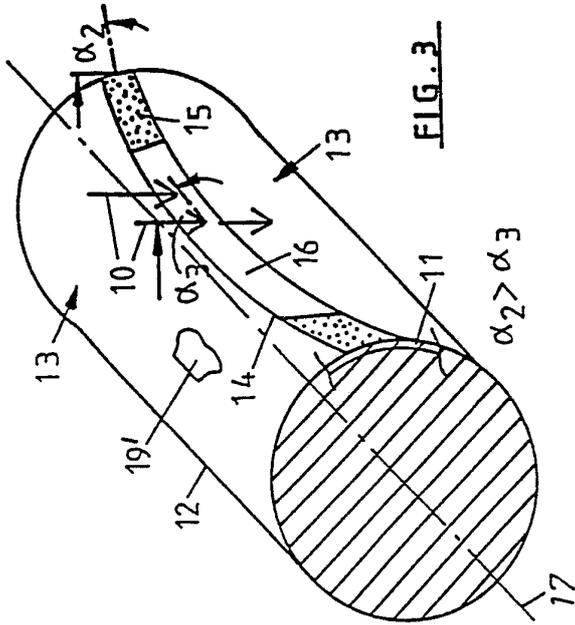
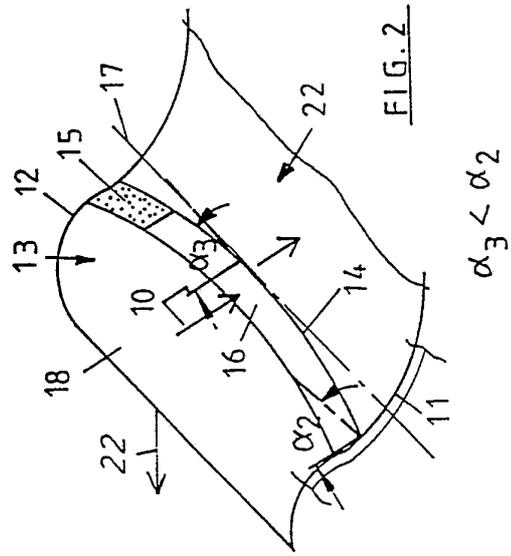
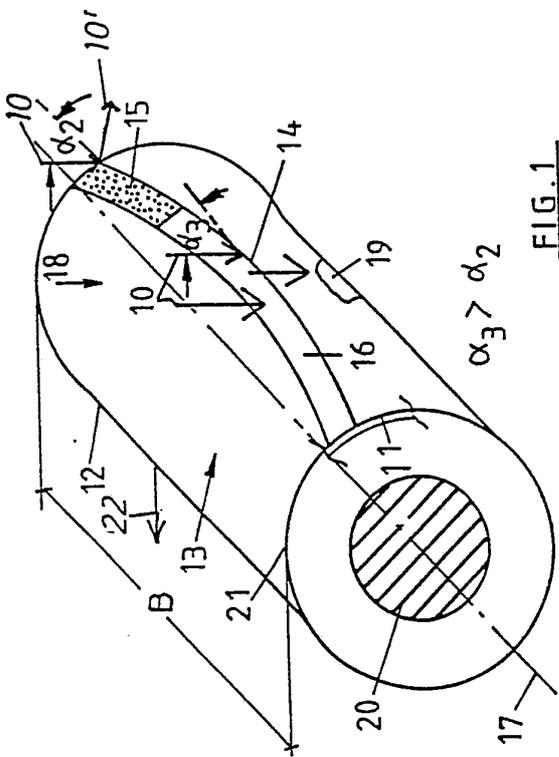


FIG.1



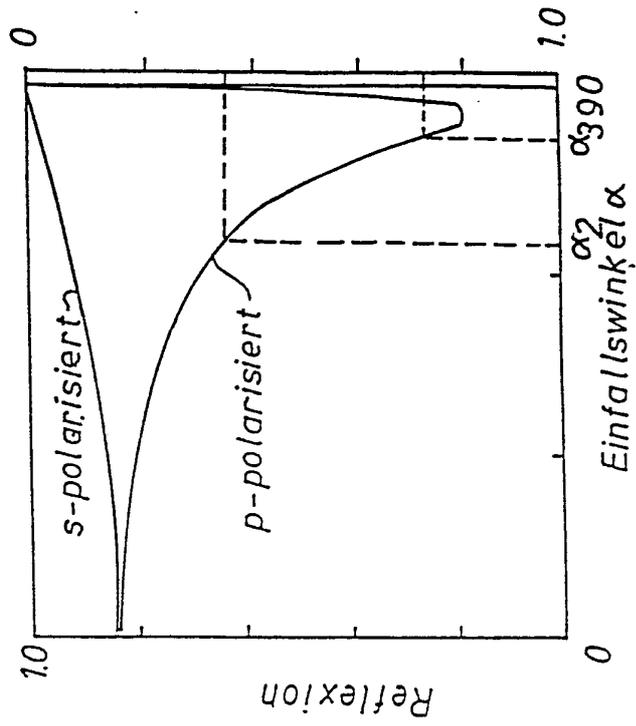


FIG. 9

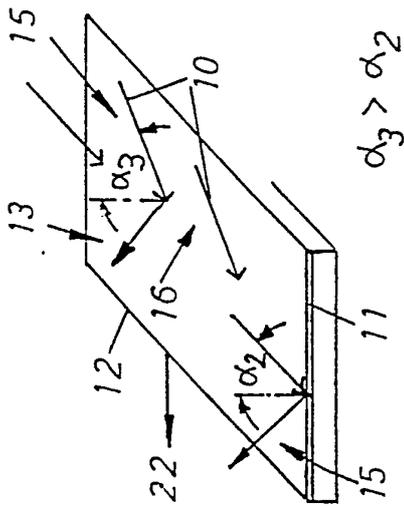


FIG. 5

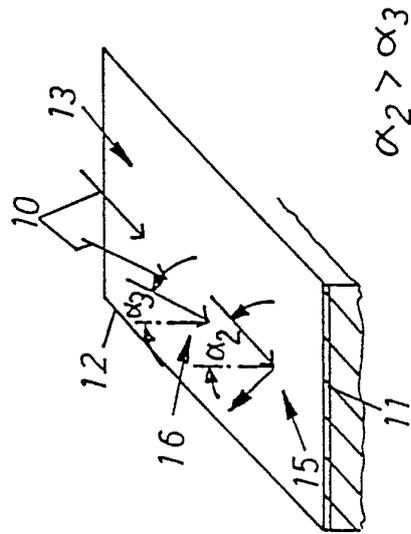


FIG. 6

FIG. 7

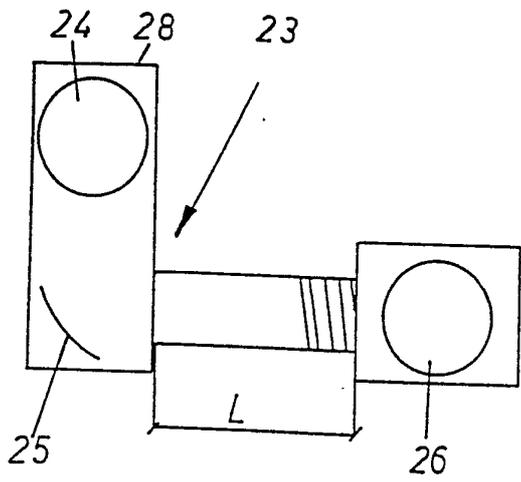
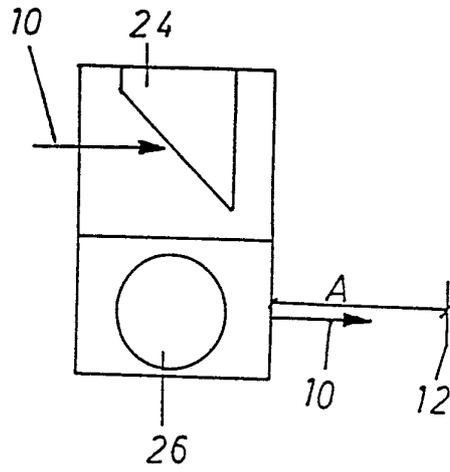


FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No **PCT/DE 91/00488**

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
IPC ⁵ B23K26/06; C21D1/09		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
IPC ⁵	B23K; C21D	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category [*]	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	WO,A,8808353 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 03 November 1988 see page 2, paragraph 4 see page 14, paragraph 2; figure 3 ---	1,2
A	EP,A,127045 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 05 December 1984 see the whole document -----	1,3
<p>[*] Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
29 August 1991 (29.08.91)		20 September 1991 (20.09.91)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
European Patent Office		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

DE 9100488
SA 47776

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

13/09/91

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-8808353	03-11-88	DE-A- 3713975	03-11-88
		EP-A- 0313594	03-05-89
		JP-T- 2501049	12-04-90
		US-A- 4912297	27-03-90

EP-A-127045	05-12-84	US-A- 4521087	04-06-85
		DE-A- 3473356	15-09-88
		JP-B- 1051162	01-11-89
		JP-C- 1564832	25-06-90
		JP-A- 59216118	06-12-84

EPO FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5 B23K26/06 ; C21D1/09		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	B23K ; C21D	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ⁹	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
X	WO,A,8808353 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 03 November 1988 siehe Seite 2, Absatz 4 siehe Seite 14, Absatz 2; Figur 3 ---	1, 2
A	EP,A,127045 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 05 Dezember 1984 siehe das ganze Dokument ---	1, 3
<p>⁹ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"A" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts
29. AUGUST 1991		20. 09. 91
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
EUROPAISCHES PATENTAMT		ARAN D.D. 

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

DE 9100488

SA 47776

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 13/09/91. Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13/09/91

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-8808353	03-11-88	DE-A- 3713975	03-11-88
		EP-A- 0313594	03-05-89
		JP-T- 2501049	12-04-90
		US-A- 4912297	27-03-90

EP-A-127045	05-12-84	US-A- 4521087	04-06-85
		DE-A- 3473356	15-09-88
		JP-B- 1051162	01-11-89
		JP-C- 1564832	25-06-90
		JP-A- 59216118	06-12-84

EPO FORM P0473

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