



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 358 943 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.11.2003 Patentblatt 2003/45**

(51) Int Cl.7: **B05B 7/22**

(21) Anmeldenummer: **03405214.2**

(22) Anmeldetag: **31.03.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK**

(72) Erfinder:  
• **Barbezat, Gérard**  
**8152 Opfikon (CH)**  
• **Warnecke, Christian**  
**79664 Wehr (DE)**

(30) Priorität: **29.04.2002 EP 02405350**

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG**  
**Patentabteilung / 0067,**  
**Zürcherstrasse 12**  
**8401 Winterthur (CH)**

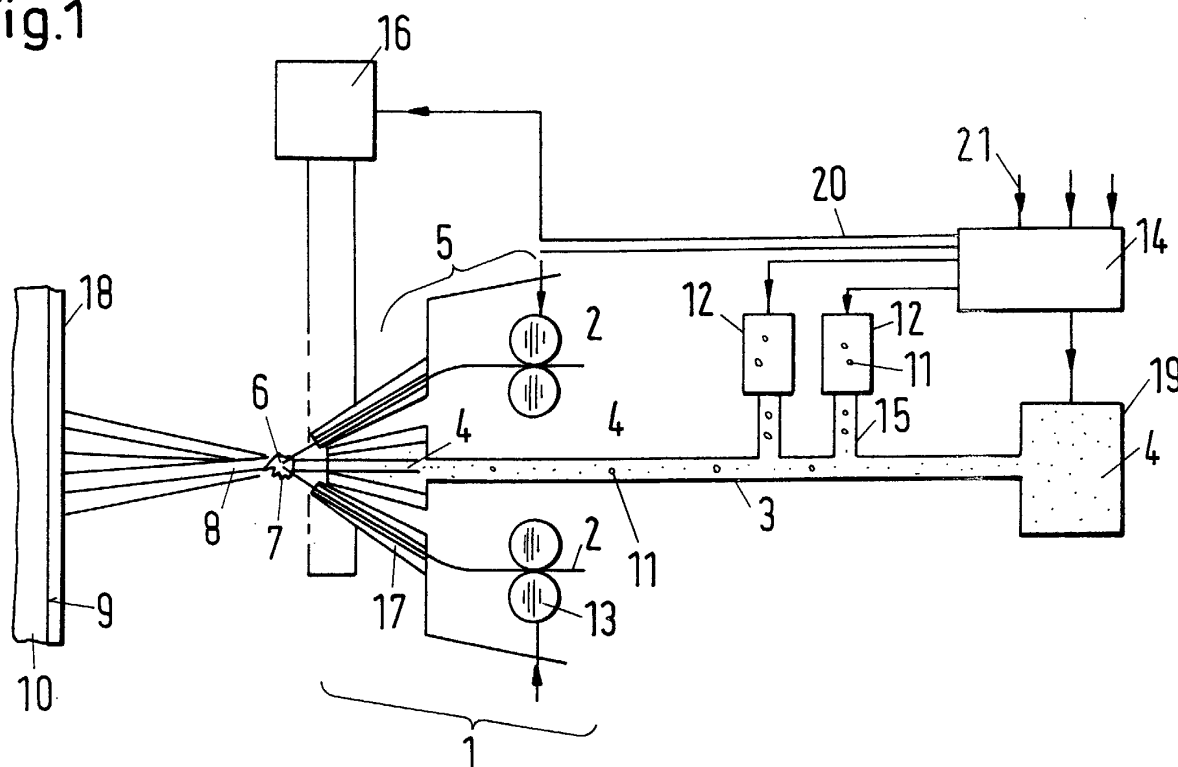
(71) Anmelder: **Sulzer Metco AG**  
**5610 Wohlen (CH)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen**

(57) Es wird ein Verfahren zum Lichtbogenspritzen mittels einer Spritzpistole (1) vorgeschlagen. Die Spritzpistole umfasst zwei elektrisch leitende Spritzdrähte (2) und mindestens eine erste Zuführeinrichtung (3) zur Zuführung eines Fluids (4), wobei an die Spritzdrähte (2) eine elektrische Spannung angelegt wird, die Spritzdrähte (2) mittels einer Drahtführung (5) nachgeführt

werden, durch die elektrische Spannung ein Lichtbogen (6) gezündet wird, die Spritzdrähte (2) in einem Schmelzbereich (7) in eine Schmelze (8) überführt werden und die Schmelze (8) durch das Fluid (4) auf die Oberfläche (9) eines Körpers (10) aufgebracht wird. Dabei werden der Schmelze (8) durch das Fluid (4) Partikel (11) aus einem Vorratsbehälter (12) zugeführt.

**Fig.1**



EP 1 358 943 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lichtbogenspritzen, sowie eine Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs der jeweiligen Kategorie.

**[0002]** Lichtbogenspritzen, häufig in der Fachliteratur auch genauer als Lichtbogendrahtspritzen bezeichnet, ist eine gängige Technologie zur Herstellung von Oberflächenschichten auf Werkstücken, die beispielsweise gegen mechanischen Verschleiss, Korrosion oder gegen chemische oder thermische Beanspruchungen geschützt werden sollen.

**[0003]** Beim Lichtbogenspritzen wird mit einer Spritzpistole ein draht- oder röhrenförmiges Spritzmedium in Form zweier Spritzdrähte in einem elektrischen Lichtbogen aufgeschmolzen und durch ein Zerstäubungsgas, z.B. durch Stickstoff, ein Edelgas oder einfach durch Luft unter einem vorgebbaren Druck auf eine Werkstoffoberfläche zerstäubt. Dabei wird der Lichtbogen zwischen den beiden Enden der Spritzdrähte durch Anlegen einer elektrischen Spannung und Kontaktzündung initiiert. Das ist der Unterschied zum sogenannten "Flammspritzen", ein Verfahren bei dem die Wärmeenergie zum Aufschmelzen des Spritzdrahtes durch eine Brenngas-Sauerstoff-Flamme aufgebracht wird, während beim Lichtbogenspritzen die im Lichtbogen freigesetzte elektrische Energie die notwendige Wärmeenergie zum Aufschmelzen der Spritzdrähte liefert.

**[0004]** Da das Material der Spritzdrähte im Bereich des Lichtbogen in die Schmelze überführt und auf die Oberfläche des Werkstücks gespritzt wird, muss der Spritzdraht aus einem Drahtvorrat kontinuierlich durch einen Drahtvorschub nachgeführt werden. Je nach Anforderung sind stationäre Spritzpistolen bekannt, die häufig im automatisierten Betrieb zur Bearbeitung grosser Serien Anwendung finden, oder aber auch relativ kleine Handpistolen, die einen flexibleren Einsatz gestatten. Die Einrichtung zum Drahtvorschub kann dabei sowohl in der Spritzpistole selbst installiert sein oder aber durch eine ausserhalb der Spritzpistole liegende Drahtvorschubeinheit bewerkstelligt werden.

**[0005]** Dabei lassen sich die Eigenschaften der gespritzten Schichten durch verschiedene Parameter, wie beispielsweise den Drahtdurchmesser, das Material des Spritzdrahtes, die Geschwindigkeit des Drahtvorschubs, die elektrische Spannung zur Erzeugung bzw. den elektrischen Strom zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens, die Wahl des Zerstäubungsgases sowie dessen Arbeitsdruck oder den Spritzabstand, unmittelbar beeinflussen. Dass heisst, in aller Regel wird eine Änderung eines oder mehrerer dieser (oder auch anderer hier nicht genannter) Parameter zu Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften und Qualität führen. Da die zuvor genannten Parameter durch Wahl der Materialien oder durch elektronische Steuer- und /oder Regeleinrichtungen im allgemeinen leicht beeinflussbar sind, zeichnet sich das Lichtbogenspritzen durch eine hohe

Flexibilität aus. Beispielsweise kann unter anderem die Spritztropfengrösse oder die kinetische Energie der Spritztropfen auf einfache Weise, auch während eines laufenden Beschichtungsvorgang, je nach Anforderungen automatisch eingestellt werden. Darüber hinaus kann der Spritzvorgang selbst unter gewöhnlicher Umgebungsatmosphäre, in einer Vakuumkammer oder unter einem Schutzgas stattfinden. Dadurch kann eine breite Auswahl verschiedenster Werkstücke mit unterschiedlichsten Anforderungen an Eigenschaften und Qualität mit dem Verfahren des Lichtbogenspritzens mit schützenden Oberflächen versehen werden.

**[0006]** Ein Nachteil der bekannten Verfahren zum Lichtbogenspritzens ist darin zu sehen, dass an die Drahtwerkstoffe, die als Material für die Herstellung der Spritzdrähte in Frage kommen, ganz spezifische Anforderungen zu stellen sind. So müssen die Spritzdrähte eine ausreichende Duktilität, also eine genügend hohe Verformbarkeit und / oder Dehnbarkeit und eine genügend hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Sollen elektrisch schlecht oder nicht leitende oder relativ harte, also wenig duktile Komponenten, wie beispielsweise Keramiken, in eine zu spritzende Schicht mit eingebracht werden, muss auf sogenannte Fülldrähte zurückgegriffen werden. Unter Fülldrähten versteht man Spritzdrähte, bei welchen in das Basismaterial des Spritzdrahtes zusätzliche Komponenten, meist in Form von diskreten Partikeln eingelagert sind, die im Lichtbogen nicht schmelzen, bzw. nur anschmelzen und in die aufgespritzte Oberflächenschicht mit eingebaut werden. Dabei sind die Partikel in ihrem Volumen stark beschränkt und können zum Teil bereits durch den Schmelzvorgang des Spritzdrahtes in ihrer Struktur verändert werden, was häufig zu nicht gewünschten Modifikationen in der Schicht führt. Auch kann der Volumenanteil der Partikel in der Schmelze praktisch nicht kontrolliert verändert werden, da dieser durch die Verteilung der Partikel im Fülldraht fest vorgegeben ist. Auch die Grösse, Form und Art der Teilchen kann nur durch Austausch des Fülldrahtes und damit während des Spritzvorgangs selbst nicht verändert werden. Zudem können elektrisch nicht leitende Partikel im Spritzdraht die Stabilität des Lichtbogens stören und damit die Qualität der gespritzten Oberflächenschicht nachhaltig negativ beeinflussen. Darüber hinaus ist die Herstellung von Fülldrähten im Vergleich zu gewöhnlichen Spritzdrähten entsprechend aufwendig und teuer.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Lichtbogenspritzen mittels einer Spritzpistole vorzuschlagen, das es gestattet, in die aus dem Basismaterial der Spritzdrähte erzeugten Schmelze zusätzliche feste Partikel, insbesondere elektrisch schlecht oder nicht leitende und / oder wenig duktile Partikel, derart kontrolliert einzubringen, dass die Stabilität des Lichtbogens nicht beeinträchtigt wird und auf die Verwendung von Fülldrähten verzichtet werden kann. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine entsprechende Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen mit einer

Spritzpistole vorzuschlagen.

**[0008]** Die diese Aufgaben in verfahrenstechnischer und apparativer Hinsicht lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs der jeweiligen Kategorie gekennzeichnet.

**[0009]** Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0010]** Erfindungsgemäss wird somit ein Verfahren zum Lichtbogenspritzen mittels einer Spritzpistole vorgeschlagen, welche Spritzpistole zwei elektrisch leitende Spritzdrähte und mindestens eine erste Zuführeinrichtung zur Zuführung eines Fluids umfasst, wobei an die Spritzdrähte eine elektrische Spannung angelegt wird, die Spritzdrähte mittels einer Drahtführung nachgeführt werden, durch die elektrische Spannung ein Lichtbogen gezündet wird, die Spritzdrähte in einem Schmelzbereich in eine Schmelze überführt werden und die Schmelze durch das Fluid auf die Oberfläche eines Körpers aufgebracht wird. Dabei werden der Schmelze durch das Fluid Partikel aus einem Vorratsbehälter zugeführt. Durch Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens können zusätzlich Partikel in die Schmelze und damit in die zu erzeugende Oberflächenschicht eingebracht werden, wobei auf die Verwendung von Fülldrähten verzichtet werden kann.

**[0011]** Zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens zum Lichtbogenspritzen kommt in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine Vorrichtung mit einer an sich bekannten Spritzpistole zum Einsatz. Die Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen umfasst eine Spritzpistole, eine Drahtführung zur Zuführung zweier Spritzdrähte, einen Gasvorrat, der ein Fluid, bevorzugt ein gasförmiges Fluid unter einem einstellbaren Arbeitsdruck zur Verfügung stellt, eine Energiequelle, die dazu geeignet ist, die Spritzdrähte mit elektrischer Energie zu versorgen, sowie eine frei programmierbare Ansteuerungseinheit zur Einstellung verschiedener Prozessparameter. Die Spritzdrähte werden aus einer Vorratseinrichtung einer Drahtführung zugeführt, die einen Drahtvorschub und eine Führungseinrichtung umfasst. Der Drahtvorschub, der entweder in der Spritzpistole selbst oder in einer externen Einrichtung untergebracht sein kann, befördert die Spritzdrähte aus der Vorratseinrichtung über die Führungseinrichtung derart in einen Schmelzbereich, dass zwischen den beiden Spritzdrähten im Schmelzbereich ein Lichtbogen gezündet und über einen vorgebbaren Zeitraum stabil aufrecht erhalten werden kann. Die Führungseinrichtung ist bevorzugt so ausgelegt, dass sie als elektrisch leitende Einrichtung mit der Energiequelle verbindbar ist und mit dem Spritzdraht elektrisch leitend in Kontakt steht, so dass über die Führungseinrichtung die für die Erzeugung des Lichtbogens notwendige elektrische Energie dem Spritzdraht zugeführt werden kann. Selbstverständlich kann die Führungseinrichtung gegen die Spritzdrähte auch elektrisch isoliert werden, wobei die elektrische Energie dann den Spritzdrähten auf andere Weise zu-

geführt wird. Da beim Lichtbogenspritzen im Schmelzbereich kontinuierlich das Material des Spritzdrahtes in eine Schmelze überführt wird, muss der Spritzdraht zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens durch die Drahtführung kontinuierlich in den Schmelzbereich nachgeführt werden.

**[0012]** Der Gasvorrat steht über eine erste Zuführeinrichtung, die zum Beispiel in Form einer Druckleitung ausgestaltet sein kann, derart mit dem Schmelzbereich in Verbindung, dass die durch den Lichtbogen im Schmelzbereich aus dem Material des Spritzdrahtes erzeugte Schmelze durch das Fluid mit einem einstellbaren Arbeitsdruck beaufschlagt und so auf die Oberfläche eines zu beschichtenden Werkstücks aufgebracht wird, wobei das Fluid vorzugsweise ein Gas, insbesondere ein Edelgas wie Helium oder Argon, oder ein Inertgas wie Stickstoff oder auch Sauerstoff oder Umgebungsluft umfassen kann.

**[0013]** Die erfindungsgemässe Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen weist im Vergleich zum Stand der Technik zusätzlich einen Vorratsbehälter auf, der in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung durch geeignete Mittel mit der ersten Zuführeinrichtung in Verbindung steht, so dass dem Fluid feste Partikel zuführbar sind. Die Schmelze wird dabei durch den Fluidstrom, der das Fluid und die zugeführten festen Partikel umfasst, über die erste Zuführeinrichtung so mit einem einstellbaren Arbeitsdruck beaufschlagt, dass die Partikel der Schmelze zugeführt und gemeinsam mit der aus den Spritzdrähten gebildeten Schmelze auf die Oberfläche eines zu beschichtenden Körpers aufgebracht werden. Dabei ist es möglich, dass die Partikel aus verschiedenen Vorratsbehältern der Schmelze zugeführt werden können, so dass die Zahl und die Art der dem Fluid in Form von Partikeln zugeführten Materialien während des Spritzvorgangs kontrolliert eingestellt werden kann. Ferner ist es möglich, dass der Vorratsbehälter und der Gasvorrat durch einen gemeinsamen Behälter gebildet werden.

**[0014]** In einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen nach einem erfindungsgemässen Verfahren werden die Partikel mittels einer zweiten Zuführeinrichtung durch das Fluid der Schmelze zugeführt. Dabei umfasst die Vorrichtung in gleicher Weise und Funktion, die bereits beschriebenen Komponenten, insbesondere auch die erste Zuführeinrichtung, die gegebenenfalls jedoch nur dazu dient, die durch den Lichtbogen im Schmelzbereich aus dem Material des Spritzdrahtes erzeugte Schmelze durch das Fluid mit einem einstellbaren Arbeitsdruck zu beaufschlagen und so die Schmelze auf die Oberfläche eines zu beschichtenden Werkstücks aufzubringen.

**[0015]** Somit weist diese Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen zusätzlich zur ersten Zuführeinrichtung eine zweite Zuführeinrichtung auf, welcher zweiten Zuführeinrichtung mittels eines Fluids Partikel aus einem Vorratsbehälter zuführbar sind, wobei auch zwei oder

mehr Vorratsbehälter vorhanden sein können. Die Vorratsbehälter sind mit einem Gasvorrat verbunden, der unter einem vorgebbaren Arbeitsdruck Fluid zur Beförderung der Partikel zur Verfügung stellt. Dabei kann derselbe Gasvorrat sowohl mit der ersten Zuführeinrichtung, als auch mit dem Vorratsbehälter in Verbindung stehen. Es können jedoch auch zwei oder mehr Gasvorräte vorhanden sein, so dass beispielsweise die erste Zuführeinrichtung einerseits und die Vorratsbehälter andererseits aus verschiedenen Gasvorräten mit Fluid versorgt werden können. Sind mehrere Gasvorräte vorhanden, so können selbstverständlich auch verschiedene Fluide bei einem Spritzvorgang gleichzeitig zum Einsatz kommen. So ist es beispielsweise möglich, dass die Schmelze durch die erste Zuführeinrichtung aus einem Gasvorrat mit einem ersten Gas, z.B. Sauerstoff, mit Arbeitsdruck beaufschlagt wird, während die Partikel aus einem anderen Gasvorrat mit einem zweiten Gas, beispielsweise durch ein Edelgas mit einem anderen Arbeitsdruck beaufschlagt, über die zweite Zuführeinrichtung der Schmelze zugeführt werden. Selbstverständlich können je nach Erfordernis auch andere Fluide, als die hier beispielhaft angeführten Gase, in Frage kommen. Wenn mehrere Vorratsbehälter vorhanden sind, die gleiche oder verschiedene Partikel bereitstellen, kann selbstverständlich jeder Vorratsbehälter aus einem oder mehreren Gasvorräten gespeist werden, die gleiche oder verschiedene Fluide bereitstellen können.

**[0016]** Dabei werden der Schmelze durch das Fluid die Partikel mittels der zweiten Zuführeinrichtung derart aus dem Vorratsbehälter zugeführt, dass die Partikel im Schmelzbereich mit der Schmelze vermischt werden und gemeinsam mit der Schmelze auf die Oberfläche des Körpers durch das Fluid aufgebracht und damit zum integralen Bestandteil der Oberflächenschicht werden. Bevorzugt umfasst die zweite Zuführeinrichtung eine Düseneinrichtung, die dazu geeignet ist, die Partikel in die durch das Fluid mit Arbeitsdruck beaufschlagte Schmelze einzubringen.

**[0017]** Selbstverständlich ist es auch möglich, dass Partikel gleichzeitig über die erste Zuführeinrichtung und über die zweite Zuführeinrichtung der Schmelze zugeführt werden, wobei eine erfindungsgemässe Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen darüber hinaus neben der ersten und der zweiten Zuführeinrichtung durchaus auch weitere Zuführeinrichtungen umfassen kann.

**[0018]** Dabei umfasst die erfindungsgemässe Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen wie bereits erwähnt, bevorzugt eine frei programmierbare Ansteuereinheit, die es erlaubt, verschiedene Prozessparameter wie beispielsweise den Arbeitsdruck des Fluids und / oder die zugeführte Menge oder Art von Partikeln und / oder den Drahtvorschub und / oder weitere Prozessparameter nach einem vorgebbaren Schema einzeln einzustellen.

**[0019]** Die dem Fluid aus dem Vorratsbehälter zugeführten Partikel können in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine Keramik und / oder ein Karbid und / oder ein Borid und / oder ein Nitrid, insbesondere hexa-

gonales Bornitrid (hBN) oder kubisches Bornitrid (cBN) und / oder ein Metall und / oder eine Metallegierung umfassen. Die Grösse der Partikel liegt zwischen 1 µm und 200 µm und wird vorzugsweise zwischen 5 µm und 80 µm gewählt. Der Volumenanteil der Partikel, die dem Fluid aus dem Vorratsbehälter zugeführt werden, kann variabel oder fest eingestellt werden, so dass der Volumenanteil der Partikel in der durch das erfindungsgemässe Verfahren gespritzten Schicht zwischen 0.1 % und 40 % des Gesamtvolumens der aufgetragenen Oberflächenschicht beträgt. Bevorzugt liegt der Volumenanteil der Partikel in der gespritzten Oberflächenschicht zwischen 1 % und 20 %.

**[0020]** Die erfindungsgemässe Vorrichtung kann dabei mehrere Vorratsbehälter mit verschiedenen Sorten von Partikeln aufweisen, wobei die Partikel, die aus unterschiedlichen Materialien aufgebaut und / oder von unterschiedlicher Grösse sein können, dem Fluid aus den verschiedenen Vorratsbehältern zugeführt und die Zusammensetzung des Partikelstroms durch die Ansteuereinheit nach einem vorgebbaren Schema kontinuierlich verändert werden kann. Dadurch ist es möglich, sowohl die Struktur, als auch die Zusammensetzung der zu spritzenden Oberflächenschicht auch während eines Spritzvorgangs ständig anzupassen, wodurch auch Werkstücke mit stark strukturierten Oberflächen in allen Oberflächenbereichen immer optimal beschichtet werden können.

**[0021]** Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens zum Lichtbogenspritzen besteht darin, dass die Partikel mit dem Fluid in die Schmelze eingeführt werden und nicht durch Verwendung eines Fülldrahtes in den Beschichtungsprozess eingebracht werden. Dadurch sind die Partikel weit weniger in ihrem Volumen eingeschränkt und haben keine negative Auswirkungen auf die Stabilität des Lichtbogens und des Schmelzprozesses. Je nach eingesetzten Materialien und / oder den beim Lichtbogenspritzen gewählten Parametern können die in die Schmelze eingebrachten Partikel bereits während ihrem Weg zur Oberfläche des zu beschichtenden Körpers entweder von der schmelzflüssigen Phase ganz oder teilweise umschlossen sein, beispielsweise innerhalb kleiner Tröpfchen, die sich beim Zerstäuben der Schmelze gebildet haben, oder erst auf der Oberfläche des zu beschichtenden Körpers von der schmelzflüssigen Phase, vor oder während dem Erstarren bei der Schichtbildung, umschlossen werden.

**[0022]** In einer besonderen Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens umfassen die Partikel beispielsweise oxidische Keramiken oder Karbide und werden im Spritzprozess im wesentlichen nicht aufgeschmolzen, sondern in eine Trägerschicht, die weitestgehend aus dem Material des Spritzdrahtes aufgebaut ist, matrixartig in die gespritzte Oberflächenschicht eingebaut. Die so entstandene Oberflächenschicht kann, je nach Art der eingebauten Partikel, ganz unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Im Vergleich zu Oberflächenschichten, die mit bekannten Verfahren zum

Lichtbogenspritzen hergestellt wurden, kann beispielsweise durch Verwendung harter keramischer Partikel eine deutlich verbesserte Verschleissfestigkeit der gespritzten Oberflächen erreicht werden. Beispielsweise sind durch das erfindungsgemässe Verfahren Verschleisschutzschichten für Bremscheiben herstellbar, die unter anderem in Fahrzeugen zum Einsatz kommen können, deren Bremscheiben durch häufige Bremsvorgänge ständig stark belastet sind. Dies trifft beispielsweise auf Lastkraftwagen, Strassenbahnen, Autobusse und andere Fahrzeuge, insbesondere im Nahverkehr zu, die häufig und in kurzen Intervallen relativ grosse Massen abbremsen müssen. Durch die Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens können auf die Bremscheiben solcher Fahrzeuge erstmals Verschleisschutzschichten aufgespritzt werden, die sogar die Lebensdauer des entsprechenden Fahrzeugs überdauert. Die wirtschaftlichen Vorteile, die sich durch Einsatz solcher Verschleisschutzschichten ergeben liegen auf der Hand. Dabei ist das erfindungsgemässe Verfahren selbstverständlich nicht auf die Herstellung von Verschleisschutzschichten für Bremscheiben beschränkt, sondern kann zum Beispiel auch zur Beschichtung von Glatt- oder Kreppzylindern (sogenannten Trockenzylindern) für die Herstellung von Papieren in der Papierindustrie oder in vielen anderen Bereichen erfolgreich eingesetzt werden. Neben Schutzschichten auf Oberflächen von Werkstücken können sogar freistehende Körper aus MMC (Metal Matrix Composite) gespritzt werden.

**[0023]** Ferner ist es möglich, dass die Partikel im wesentlichen Trockenschmierstoffe sind, wie beispielsweise hexagonales Bornitrid (hBN) oder andere Materialien, wodurch eine erhöhte Schmierfähigkeit und / oder verbesserte abrasive Eigenschaften der Oberfläche erreicht werden. So können beispielsweise bewegliche Komponenten in Turbinen aller Art, die hohen Temperaturen und /oder starken mechanischen Belastungen ausgesetzt sind und gewisse dichtende Funktionen haben, mit solchen Schichten durch Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens ausgestattet werden.

**[0024]** Darüber hinaus ist es sogar möglich, dass die Partikel ebenfalls im Lichtbogen aufgeschmolzen werden, so dass eine mehr oder weniger homogene Mischung von Schmelze und geschmolzenen Partikeln gebildet wird, was dann zu entsprechend homogenen Strukturen in der Oberflächenschicht führt. Beispielsweise können die Partikel, die dem Fluid aus dem Vorratsbehälter zugeführt werden, Materialien wie Metalle oder Metallegierungen umfassen. Durch Zuführung solcher Partikel in die aus dem Material des Spritzdrahtes gebildeten Schmelze, kann in der Schmelze zum Beispiel eine Legierung gebildet werden, die eine vom Material des Spritzdrahtes abweichende Zusammensetzung bzw. vom Material des Spritzdrahtes abweichende Eigenschaften aufweist.

**[0025]** Die Eigenschaften der gespritzten Oberflächenschicht können darüberhinaus auch durch das

Fluid selbst beeinflusst werden, das im Spritzprozess zur Beaufschlagung der Schmelze mit Arbeitsdruck und / oder zur Zuführung der Partikel verwendet wird. Beispielsweise kann das Fluid einen erhöhten Gehalt an Sauerstoff umfassen, so dass die die Schmelze umfassenden Materialien und / oder die Partikel bereits beim Spritzvorgang zu einem gewissen Grad oxidieren, wodurch die chemischen und physikalischen Eigenschaften der gespritzten Oberfläche positiv beeinflusst werden können.

**[0026]** Die erfindungsgemässe Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen mit einer Spritzpistole umfasst eine Drahtführung zum Nachführen zweier elektrisch leitender Spritzdrähte und mindestens eine erste Zuführeinrichtung zur Zuführung eines Fluids, an welche Spritzdrähte eine elektrische Spannung anlegbar ist, so dass ein Lichtbogen zündbar ist und dadurch die Spritzdrähte in einem Schmelzbereich in eine Schmelze überführbar sind, wobei die Schmelze durch das Fluid auf die Oberfläche eines Körpers aufbringbar ist. Dabei sind an der erfindungsgemässen Vorrichtung Mittel vorgesehen, um der Schmelze durch das Fluid Partikel aus einem Vorratsbehälter zuzuführen.

**[0027]** Dadurch, dass Mittel vorgesehen sind, um der Schmelze Partikel durch das Fluid zuzuführen, kann auf die Verwendung von Fülldrähten als Spritzdrähte verzichtet werden. Unterschiedliche Sorten von Partikel sind dem Fluid entweder aus mehreren verschiedenen Vorratsbehältern getrennt zuführbar oder in einem oder mehreren Vorratsbehältern sind Mischungen von verschiedenen Sorten von Partikeln verfügbar und dem Fluid aus den Vorratsbehältern zuführbar.

**[0028]** Im folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 die wesentlichen Teile eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen nach einem erfindungsgemässen Verfahren;

Fig. 2 wie Fig. 1 für ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen;

Fig. 3 ein Beispiel einer Schicht auf einer Oberfläche eines Körpers, aufgebracht durch Lichtbogenspritzen nach einem erfindungsgemässen Verfahren.

**[0029]** Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen mit Spritzpistole 1, erster Zuführeinrichtung 3, Vorratsbehälter 12 und Ansteuereinheit 14 zum Lichtbogenspritzen nach einem erfindungsgemässen Verfahren. Die Spritzpistole 1 umfasst in bekannter Weise zwei elektrisch leitende Spritzdrähte 2, die zur Versorgung mit elektrischer Energie mit einer Energiequelle 16 verbun-

den sind, so dass zwischen den Spritzdrähten 2 in einem Schmelzbereich 7 ein Lichtbogen 6 gezündet und über einen vorgebbaren Zeitraum stabil aufrecht erhalten werden kann. Die Spritzdrähte 2 sind aus einer nicht dargestellten Vorratsanordnung einer Drahtführung 5 zuführbar. Die Drahtführung 5 umfasst einen Drahtvorschub 13, der dazu geeignet ist, den Spritzdraht 2 durch eine Führungseinrichtung 17 dem Schmelzbereich 7 zuzuführen. Die Führungseinrichtung 17 ist bevorzugt so ausgelegt, dass sie als elektrisch leitende Einrichtung mit der Energiequelle 16 verbindbar ist und mit dem Spritzdraht 2 elektrisch leitend in Kontakt steht, so dass über die Führungseinrichtung 17 die für die Erzeugung des Lichtbogens 6 notwendige elektrische Energie dem Spritzdraht 2 zugeführt werden kann. Da beim Lichtbogenspritzen im Schmelzbereich 7 kontinuierlich Material des Spritzdrahtes 2 in eine Schmelze 8 überführt wird, muss der Spritzdraht 2 zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens 6 kontinuierlich durch die Drahtführung 5 in den Schmelzbereich 7 nachgeführt werden.

**[0030]** Die aus dem Material des Spritzdrahtes 2 im Lichtbogen 6 gebildete Schmelze 8 wird durch ein Fluid 4 über eine erste Zuführeinrichtung 3 aus einem Gasvorrat 19 auf eine Oberfläche 9 eines Körpers 10 aufgebracht. Durch das Fluid 4, das bevorzugt ein Gas, insbesondere Sauerstoff, Stickstoff, Argon, Helium, Umgebungsluft oder ein anderes Gas ist, wird die Schmelze 8 mit einem vorgebbaren Arbeitsdruck beaufschlagt, wodurch die Schmelze 8 auf die Oberfläche 9 des Körpers 10 geschleudert wird, die Schmelze 8 auf der Oberfläche 9 des Körpers 10 in einen festen Zustand kondensiert und so eine Oberflächenschicht 18 mit vorgebbaren Eigenschaften auf der Oberfläche 9 des Körpers 10 bildet.

**[0031]** Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen weist weiter Mittel 15 auf, mit welchen dem Fluid 4 Partikel 11 aus einem Vorratsbehälter 12 zuführbar sind, wobei wie in Fig. 1 beispielhaft gezeigt, auch zwei oder mehr Vorratsbehälter 12 vorhanden sein können. Dabei werden der Schmelze 8 durch das Fluid 4 die Partikel 11 derart aus dem Vorratsbehälter 12 zugeführt, dass die Partikel 11 im Schmelzbereich 7 mit der Schmelze 8 vermischt werden und gemeinsam mit der Schmelze 8 auf die Oberfläche 9 des Körpers 10 durch das Fluid 4 aufgebracht und damit zum integralen Bestandteil der Oberflächenschicht 18 werden. Die Partikel 11 umfassen bevorzugt eine Keramik, insbesondere Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Chromoxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), Titanoxid ( $\text{TiO}_2$ ), Zirkonoxid ( $\text{ZrO}_2$ ), und / oder ein Karbid, insbesondere Wolframkarbid (WC), Chromkarbid ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ), Titankarbid (TiC), Tantalkarbid (TaC), Eisenkarbid ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), Niobiumkarbid, Vanadiumkarbid und / oder ein Borid und / oder ein Nitrid, wie hexagonales Bornitrid (hBN) oder kubisches Bornitrid (cBN), und / oder ein Metall und / oder eine Metallegierung. Dabei werden vorzugsweise die Partikel 11 im wesentlichen nicht aufgeschmolzen, sondern in einer matrixartigen Struktur in

die Oberfläche 18 eingebaut. Allerdings ist es auch denkbar, dass die Partikel 11 ebenfalls aufgeschmolzen und mit der Schmelze 8, z.B. unter Bildung einer Legierung, vermischt werden um so eine im wesentlichen homogene Oberflächenschicht 18 auszubilden.

**[0032]** Zur Steuerung und / oder Regelung weist eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen eine frei programmierbare Ansteuereinheit 14 auf, mit welcher der Arbeitsdruck, mit dem das Fluid 4 die Schmelze 8 beaufschlagt, und / oder die zugeführte Menge und / oder Art von Partikeln 11 und / oder der Drahtvorschub 13 und / oder die den Spritzdrähten 2 zugeführte elektrische Energie und / oder ein weiterer Prozessparameter einzeln eingestellt werden können. Dazu sind zum Beispiel der Gasvorrat 19 und / oder die Drahtführung 5 und / oder der Vorratsbehälter 12 und / oder die Energiequelle 16 und / oder weitere Komponenten der erfindungsgemäßen Vorrichtung über Ansteuerleitungen 20 mit der Ansteuereinheit 14 verbunden. Desweiteren kann die Ansteuereinheit 14 Sensoreinheiten 21 umfassen, durch die der Ansteuereinheit 14 von nicht dargestellten Sensoren verschiedene Betriebsparameter, wie beispielsweise aktueller Arbeitsdruck, Gasdruck in der Prozesskammer, Umgebungsdruck, Temperatur, elektrische Betriebsparameter der Energiequelle oder andere Parameter, übermittelbar sind.

**[0033]** Fig. 2 zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen nach einem erfindungsgemäßen Verfahren mit Spritzpistole 1, einer ersten Zuführeinrichtung 3, Vorratsbehälter 12 und Ansteuereinheit 14. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel werden die Partikel 11 jedoch mittels einer zweiten Zuführeinrichtung 31 der Schmelze 8 durch das Fluid 4 zugeführt. Dabei umfasst die Spritzpistole 1 in gleicher Weise und Funktion die bereits beschriebenen bekannten Komponenten einer Spritzpistole 1 zum Lichtbogenspritzen. Selbstverständlich umfasst auch die in Fig. 2 gezeigte Vorrichtung, ebenfalls in gleicher Weise und Funktion, die bereits beschriebenen weiteren Komponenten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei die erste Zuführeinrichtung 3 gegebenenfalls nur der Zuführung von Fluid 4 zur Beaufschlagung der Schmelze 8 mit Arbeitsdruck dienen kann. Insbesondere weist die in Fig. 2 dargestellte Vorrichtung auch eine Energiequelle 16 auf, auf deren Darstellung hier aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet wurde.

**[0034]** Die aus dem Material des Spritzdrahtes 2 im Lichtbogen 6 gebildete Schmelze 8 wird analog zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel auch hier durch ein Fluid 4 über eine Zuführeinrichtung 3 aus einem Gasvorrat 19 auf eine Oberfläche 9 eines Körpers 10 aufgebracht. Durch das Fluid 4, das bevorzugt ein Gas, insbesondere Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Helium, Umgebungsluft oder ein anderes Gas ist, wird die Schmelze 8 mit einem vorgebbaren Arbeitsdruck beaufschlagt, wodurch die Schmelze 8 auf die Oberfläche 9

des Körpers 10 geschleudert wird, die Schmelze 8 auf der Oberfläche 9 des Körpers 10 in einen festen Zustand kondensiert und so eine Oberflächenschicht 18 mit vorgebbaren Eigenschaften auf der Oberfläche 9 des Körpers 10 bildet.

**[0035]** Das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen weist weiter Mittel 15 auf, mit welchen aus einem Vorratsbehälter 12 einer zweiten Zuführeinrichtung 31 mittels eines Fluids 4 Partikel 11 zuführbar sind, wobei wie in Fig. 2 beispielhaft gezeigt, auch zwei oder mehr Vorratsbehälter 12 vorhanden sein können. Die Vorratsbehälter 12 sind mit einem Gasvorrat 19 verbunden, der unter einem vorgebbaren Arbeitsdruck Fluid 4 zur Beförderung der Partikel 11 zur Verfügung stellt. Dabei kann derselbe Gasvorrat 19 sowohl mit der ersten Zuführeinrichtung 3, als auch mit dem Vorratsbehälter 12 und / oder der zweiten Zuführeinrichtung 31 in Verbindung stehen. Es können jedoch auch, wie in Fig. 2 beispielhaft dargestellt, zwei oder mehr Gasvorräte 19 vorhanden sein, so dass beispielsweise die erste Zuführeinrichtung 3 und die Vorratsbehälter 12 und / oder die zweite Zuführeinrichtung 31 aus verschiedenen Gasvorräten 19 mit Fluid 4 versorgt werden. Sind mehrere Gasvorräte 19 vorhanden, so können selbstverständlich auch verschiedene Fluide 4 bei einem Spritzvorgang gleichzeitig zum Einsatz kommen. So ist es beispielsweise möglich, dass die Schmelze 8 durch die erste Zuführeinrichtung 3 aus einem Gasvorrat 19 durch Sauerstoff mit Arbeitsdruck beaufschlagt wird, während die Partikel 11 aus einem anderen Gasvorrat 19, beispielsweise durch ein Edelgas mit einem anderen Arbeitsdruck beaufschlagt, über die zweite Zuführeinrichtung 31 der Schmelze 8 zugeführt werden. Selbstverständlich können je nach Erfordernis auch andere Fluide 4, als die hier beispielhaft angeführten Gase, in Frage kommen. Wenn mehrere Vorratsbehälter 12 vorhanden sind, die gleiche oder verschiedene Partikel 11 bereitstellen können, kann selbstverständlich jeder Vorratsbehälter 12 aus einem oder mehreren Gasvorräten 19 gespeist werden, die gleiche oder verschiedene Fluide 4 bereitstellen können.

**[0036]** Dabei werden der Schmelze 8 durch das Fluid 4 die Partikel 11 mittels der zweiten Zuführeinrichtung 31 derart aus dem Vorratsbehälter 12 zugeführt, dass die Partikel 11 im Schmelzbereich 7 mit der Schmelze 8 vermischt werden und gemeinsam mit der Schmelze 8 auf die Oberfläche 9 des Körpers 10 durch das Fluid 4 aufgebracht und damit zum integralen Bestandteil der Oberflächenschicht 18 werden. Bevorzugt umfasst die zweite Zuführeinrichtung 31 eine Düseneinrichtung 32, die dazu geeignet ist, die Partikel 11 in die durch das Fluid 4 mit Arbeitsdruck beaufschlagte Schmelze 8 einzubringen.

**[0037]** Fig. 3 zeigt in schematischer Darstellung ein Beispiel einer Oberflächenschicht 18, die durch Lichtbogenspritzen nach einem erfindungsgemässen Verfahren auf die Oberfläche 9 eines Körpers 10 aufge-

bracht wurde. Bei dem hier gezeigten Beispiel wurden dem mit Arbeitsdruck beaufschlagten Fluid 4 aus dem Vorratsbehälter 12 Partikel 11 zugeführt und die im Lichtbogen 6 gebildete Schmelze 8 durch den aus Fluid 4 und Partikel 11 gebildeten Partikelstrom auf die Oberfläche 9 des Körpers 10 geschleudert. Die in diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Partikel 11 wurden dabei im wesentlichen nicht aufgeschmolzen, sondern in einer Trägerschicht 22, die weitestgehend das (aus dem durch den Lichtbogen 6 aufgeschmolzenen) Material des Spritzdrahtes 2 umfasst, matrixartig eingebaut. Die so entstandene Oberflächenschicht 18 kann zum Beispiel je nach Art der eingebauten Partikel 11 im Vergleich zu Oberflächenschichten 18, die mit bekannten Verfahren zum Lichtbogenspritzen hergestellt wurden, eine deutlich verbesserte Verschleissfestigkeit aufweisen.

**[0038]** Beispielsweise sind so durch das erfindungsgemässe Verfahren Oberflächenschichten 18 für Bremscheiben herstellbar, die unter anderem in Fahrzeugen zum Einsatz kommen können, deren Bremscheiben durch häufige Bremsvorgänge ständig stark belastet sind. Dies trifft unter anderem auf Lastkraftwagen, Strassenbahnen, Autobusse und andere Fahrzeuge, insbesondere im Nahverkehr zu, die häufig und in kurzen Intervallen relativ grosse Massen abbremsen müssen. Dabei ist das erfindungsgemässe Verfahren selbstverständlich nicht auf die Herstellung von Oberflächenschichten 18 für Bremscheiben beschränkt, sondern kann zum Beispiel auch zur Beschichtung von Glatt- oder Kreppzylindern (sogenannten Trockenzyklindern) für die Herstellung von Papieren in der Papierindustrie oder in vielen anderen Bereichen erfolgreich eingesetzt werden. Neben Oberflächenschichten 18 auf Oberflächen 9 von Werkstücken können sogar freistehende Körper, beispielsweise aus MMC (Metal Matrix Composite) gespritzt werden.

**[0039]** Ferner ist es möglich, dass die Partikel 11 im wesentlichen Trockenschmierstoffe, wie beispielsweise hexagonales Bornitrid oder andere umfassen, wodurch eine erhöhte Schmierfähigkeit und / oder verbesserte abrasive Eigenschaften der Oberflächenschicht 18 erreicht werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass die Partikel 11 ebenfalls im Lichtbogen 6 aufgeschmolzen werden, so dass eine mehr oder weniger homogene Mischung von Schmelze 8 und geschmolzenen Partikeln 11 gebildet wird, was dann zu entsprechend homogenen Strukturen in der Oberflächenschicht 18 führt.

**[0040]** Dadurch, dass die Zufuhr der Partikel 11 zur Schmelze 8 aus verschiedenen Vorratsbehältern 12 erfolgen und die Menge und / oder Art von zugeführten Partikeln 11 für jeden Vorratsbehälter 12 einzeln eingestellt werden kann, ist es möglich in einem Arbeitsgang auch Oberflächenschichten 18 herzustellen, deren Eigenschaften über die Oberflächenschicht 18 von Ort zu Ort und / oder über die Dicke der Oberflächenschicht 18 variieren, d.h. es können auch vorgebbare Konzentra-

tionsprofile von Partikeln 11 in der Oberflächenschicht 18 erzeugt werden. So ist es zum Beispiel möglich, Oberflächenschichten 18 herzustellen, deren abrasive Eigenschaften und / oder deren Verschleissfestigkeit von Ort zu Ort variieren oder sich mit wachsendem Schichtabtrag in vorgebbbarer Weise verändern.

**[0041]** Das erfindungsgemässe Verfahren zum Lichtbogenspritzen mittels einer Spritzpistole gestattet es, in die aus dem Material der Spritzdrähte erzeugte Schmelze zusätzlich feste Partikel kontrolliert durch ein mit Arbeitsdruck beaufschlagtes Fluid einzubringen, so dass auf die Verwendung von teuren Fülldrähten verzichtet werden kann. Dadurch, dass die Partikel aus verschiedenen Vorratsbehältern durch das Fluid der Schmelze nach einem vorgebbaren Schema zugeführt werden, können bei Bedarf gleichzeitig verschiedene Partikel-sorten unterschiedlicher Grösse und chemischer Zusammensetzung in die zu spritzende Schicht eingebracht werden. Dadurch wird es möglich, durch Lichtbogenspritzen Oberflächenschichten mit deutlich verbesserten Eigenschaften und einer grösseren Vielfalt möglicher Strukturen und Zusammensetzung herzustellen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Lichtbogenspritzen mittels einer Spritzpistole (1), die zwei elektrisch leitende Spritzdrähte (2) und mindestens eine erste Zuführeinrichtung (3) zur Zuführung eines Fluids (4) umfasst, wobei an die Spritzdrähte (2) eine elektrische Spannung angelegt wird, die Spritzdrähte (2) mittels einer Drahtführung (5) nachgeführt werden, durch die elektrische Spannung ein Lichtbogen (6) gezündet wird, die Spritzdrähte (2) in einem Schmelzbereich (7) in eine Schmelze (8) überführt werden und die Schmelze (8) durch das Fluid (4) auf die Oberfläche (9) eines Körpers (10) aufgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schmelze (8) durch das Fluid (4) Partikel (11) aus einem Vorratsbehälter (12) zugeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Fluid (4) die Schmelze (8) mit einem einstellbaren Arbeitsdruck beaufschlagt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die Partikel (11) mittels einer zweiten Zuführeinrichtung (31) der Schmelze (8) durch das Fluid (4) zugeführt werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem das Fluid (4) ein Gas, insbesondere ein Edelgas wie Helium oder Argon, oder Stickstoff oder Sauerstoff umfasst
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

che, bei welchem die Partikel (11) eine Keramik, insbesondere  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ , und / oder ein Karbid, insbesondere WC,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , TiC, TaC,  $\text{Fe}_3\text{C}$ , Diamant Niobiumkarbid, Vanadiumkarbid und / oder ein Borid und / oder ein Nitrid, insbesondere cBN oder hBN und / oder ein Metall und / oder eine Metallegierung umfasst.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Grösse der Partikel (11) zwischen  $1\text{ }\mu\text{m}$  und  $200\text{ }\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen  $5\text{ }\mu\text{m}$  und  $80\text{ }\mu\text{m}$  gewählt wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Drahtführung (5) einen steu- oder regelbaren Drahtvorschub (13) umfasst.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Arbeitsdruck des Fluids (4) und / oder zugeführte Menge und / oder Art von Partikeln (11) und / oder der Drahtvorschub (13) und / oder ein beliebiger weiterer Prozessparameter mittels einer frei programmierbaren Ansteuereinheit (14) einzeln eingestellt werden können.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem Partikel (11) aus unterschiedlichen Materialien und / oder Partikeln (11) von unterschiedlicher Grösse dem Fluid (4) aus verschiedenen Vorratsbehältern (12) zugeführt werden, um die Zusammensetzung des Partikelstroms zu ändern.
10. Vorrichtung zum Lichtbogenspritzen mit einer Spritzpistole (1), die eine Drahtführung (5) zum Nachführen zweier elektrisch leitender Spritzdrähte (2) und mindestens eine erste Zuführeinrichtung (3) zur Zuführung eines Fluids (4) umfasst, an welche Spritzdrähte (2) eine elektrische Spannung anlegbar ist, so dass ein Lichtbogen (6) zündbar ist und dadurch die Spritzdrähte (2) in einem Schmelzbereich (7) in eine Schmelze (8) überführbar sind, wobei die Schmelze (8) durch das Fluid (4) auf die Oberfläche (9) eines Körpers (10) aufbringbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel (15) vorgesehen sind, um der Schmelze (8) durch das Fluid (4) Partikel (11) aus einem Vorratsbehälter (12) zuzuführen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, welche eine zweite Zuführeinrichtung (31) umfasst, die dazu geeignet ist, der Schmelze (8) Partikel (11) zuzuführen.
12. Verschleissstück, insbesondere Bremscheibe für ein Fahrzeug oder Glatt- oder Kreppzylinder für die Papierherstellung, das nach einem Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9 oder mit einer Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11 beschichtet wurde.



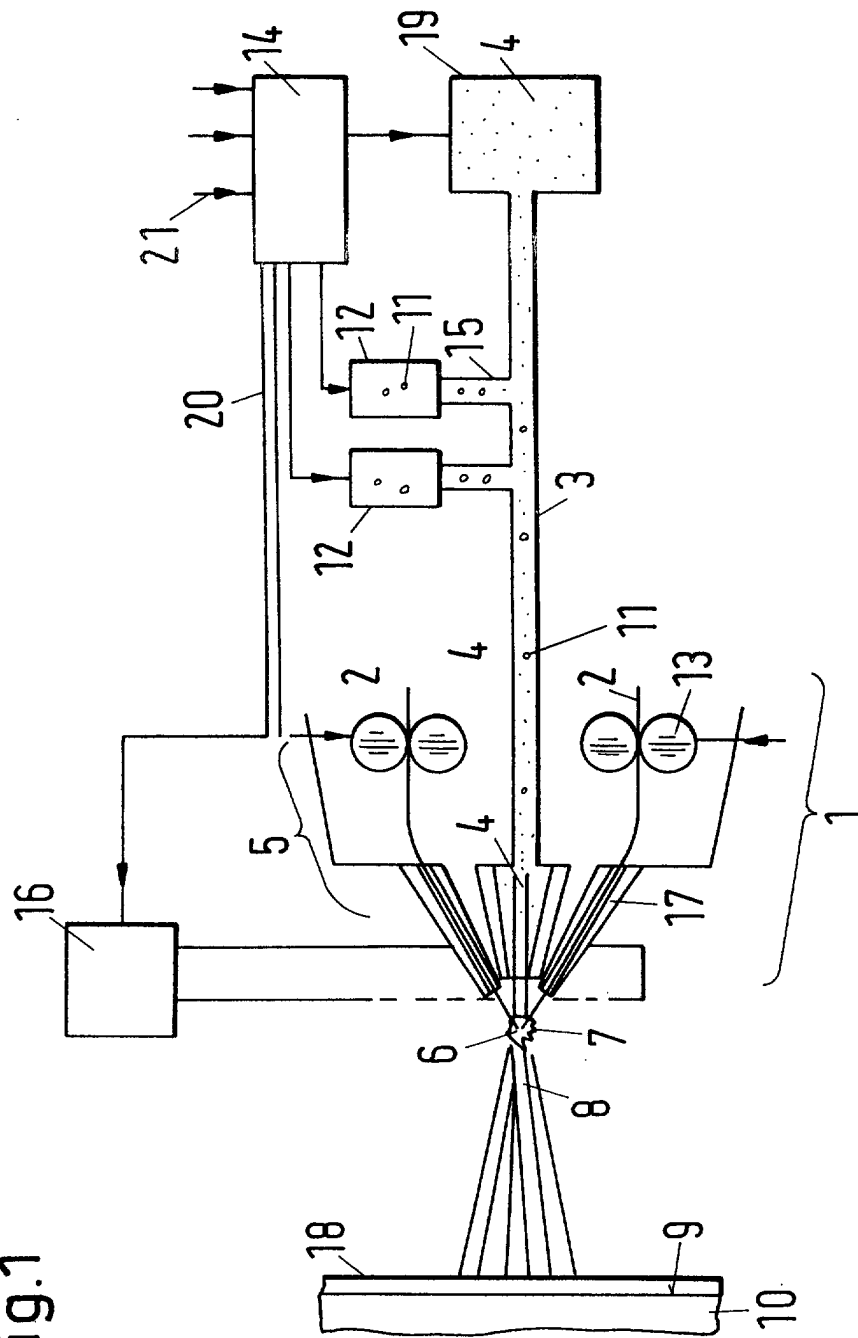


Fig. 1

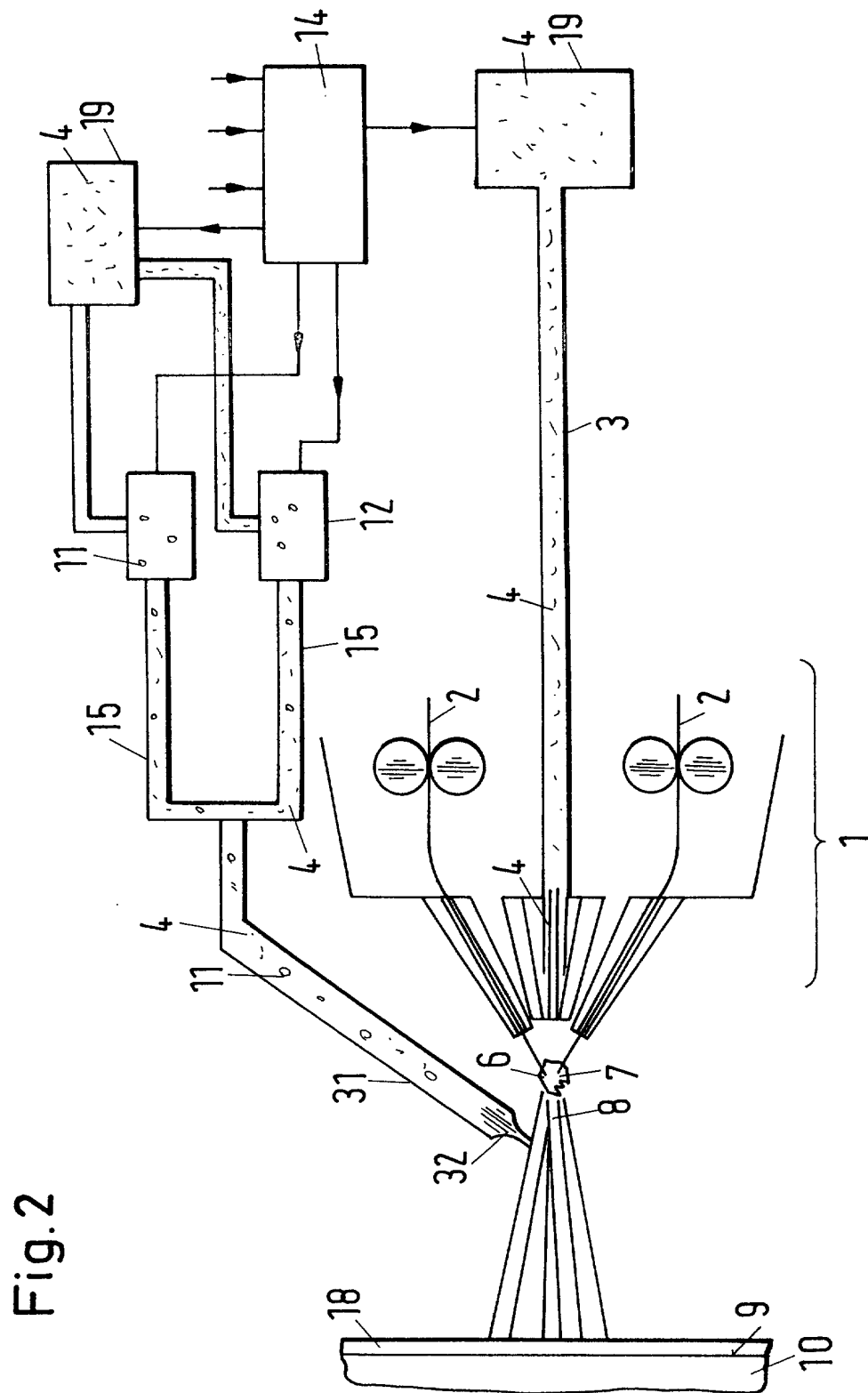
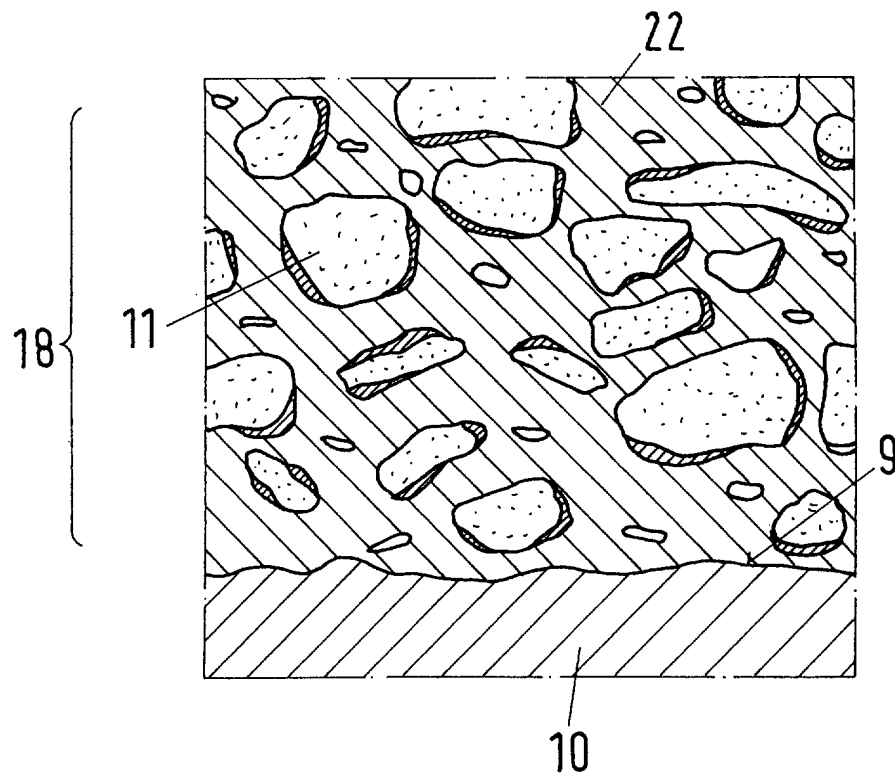


Fig.3





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER TEILRECHERCHENBERICHT

der nach Regel 45 des Europäischen Patent-  
übereinkommens für das weitere Verfahren als  
europäischer Recherchenbericht gilt

Nummer der Anmeldung

EP 03 40 5214

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE  |  |                             |   |
|---|--|-----------------------------|---|
| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich der maßgeblichen Teile   | Betrifft Anspruch           | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X   | EP 0 361 710 A (SULZER PLASMA TECH)<br>4. April 1990 (1990-04-04)<br>* Spalte 12, Zeile 27 - Spalte 21, Zeile 32; Abbildungen 1,4-6 *  | 1,2,4,6,<br>7,10,12         | B05B7/22                                |
| X   | EP 0 282 310 A (BROWNING JAMES A)<br>14. September 1988 (1988-09-14)<br>* Spalte 3, Zeile 14 - Spalte 11, Zeile 49; Abbildungen 2A-7 *   | 1-4,7,10                    |   |
| X   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 012, no. 372 (C-533),<br>5. Oktober 1988 (1988-10-05)<br>& JP 63 121648 A (TOYOTA MOTOR CORP),<br>25. Mai 1988 (1988-05-25)<br>* Zusammenfassung * | 1,10                        |   |
| A   | US 5 442 153 A (MARANTZ DANIEL R ET AL)<br>15. August 1995 (1995-08-15)<br>* Spalte 6, Zeile 13 - Zeile 37; Abbildung 5 *  | 1-12                        |   |
|   |  |                             | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
|   |  |                             | B05B                                    |
| UNVOLLSTÄNDIGE RECHERCHE  |  |                             |   |
| <p>Die Recherchenabteilung ist der Auffassung, daß ein oder mehrere Ansprüche, den Vorschriften des EPÜ in einem solchen Umfang nicht entspricht bzw. entsprechen, daß sinnvolle Ermittlungen über den Stand der Technik für diese Ansprüche nicht, bzw. nur teilweise, möglich sind.</p> <p>Vollständig recherchierte Patentansprüche:</p> <p>Unvollständig recherchierte Patentansprüche:</p> <p>Nicht recherchierte Patentansprüche:</p> <p>Grund für die Beschränkung der Recherche:</p> <p>Siehe Ergänzungsblatt C</p>   |  |                             |   |
| Recherchenort   |  | Abschlußdatum der Recherche |   |
| MÜNCHEN   |  | 25. August 2003             |   |
| Recherchenort   |  | Prüfer                      |   |
| MÜNCHEN   |  | Daintith, E                 |   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN  |  |                             |   |
| <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/>A : technologischer Hintergrund<br/>O : mündliche Offenbarung<br/>P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br/>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |  |                             |   |



Europäisches  
Patentamt

**UNVOLLSTÄNDIGE RECHERCHE  
ERGÄNZUNGSBLATT C**

Nummer der Anmeldung  
EP 03 40 5214

Vollständig recherchierte Ansprüche:

1-4, 6, 7, 9-12

Unvollständig recherchierte Ansprüche:

5, 8

Grund für die Beschränkung der Recherche:

Die geltenden Patentansprüche 5 und 8 beziehen sich auf eine unverhältnismäßig große Zahl möglicher Partikelmaterialien (Anspruch 5) bzw. Prozessparametern (Anspruch 8). In der Tat umfassen sie so viele Wahlmöglichkeiten, dass sie im Sinne von Art. 84 EPÜ in einem solche Maße unklar oder zu weitläufig gefasst erscheinen, als daß sie eine sinnvolle Recherche ermöglichen. Daher wurde die Recherche auf die Teile der Patentansprüche gerichtet, die als klar und knapp gefaßt gelten können, nämlich auf die einzelnen, spezifischen Materialien bzw. Parametern ohne Rücksicht auf alle die durch die Verwendung der Begriff "und/oder" hervorgerufenen Permutationen zu berücksichtigen.



Europäisches  
Patentamt

**EUROPÄISCHER  
TEILRECHERCHENBERICHT**

Nummer der Anmeldung  
EP 03 40 5214

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE |  |                   | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
|------------------------|--|-------------------|---|
| Kategorie              | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich der maßgeblichen Teile           | Betrifft Anspruch |   |
| A                      | US 4 762 977 A (BROWNING JAMES A)<br>9. August 1988 (1988-08-09)<br>* Abbildungen *<br>----- | 1-12              |   |
|                        |  |                   | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
|                        |  |                   |   |
|                        |  |                   |   |

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

EP 03 40 5214

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

25-08-2003

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |             | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------|
| EP 0361710  | A | 04-04-1990                    | US                                | 5019686 A   | 28-05-1991                    |
|   |   |                               | AT                                | 96183 T     | 15-11-1993                    |
|   |   |                               | AT                                | 103343 T    | 15-04-1994                    |
|   |   |                               | AU                                | 4133589 A   | 29-03-1990                    |
|   |   |                               | AU                                | 4133689 A   | 29-03-1990                    |
|   |   |                               | BR                                | 8904694 A   | 01-05-1990                    |
|   |   |                               | BR                                | 8904695 A   | 01-05-1990                    |
|   |   |                               | CA                                | 1329064 C   | 03-05-1994                    |
|   |   |                               | CN                                | 1041545 A   | 25-04-1990                    |
|   |   |                               | CN                                | 1042951 A   | 13-06-1990                    |
|   |   |                               | DE                                | 68910072 D1 | 25-11-1993                    |
|   |   |                               | DE                                | 68910072 T2 | 24-03-1994                    |
|   |   |                               | DE                                | 68914074 D1 | 28-04-1994                    |
|   |   |                               | DE                                | 68914074 T2 | 30-06-1994                    |
|   |   |                               | DK                                | 461989 A    | 21-03-1990                    |
|   |   |                               | DK                                | 462089 A    | 21-03-1990                    |
|   |   |                               | EP                                | 0361709 A1  | 04-04-1990                    |
|   |   |                               | EP                                | 0361710 A1  | 04-04-1990                    |
|   |   |                               | EP                                | 0570084 A2  | 18-11-1993                    |
|   |   |                               | ES                                | 2045458 T3  | 16-01-1994                    |
|   |   |                               | ES                                | 2050811 T3  | 01-06-1994                    |
|   |   |                               | FI                                | 894379 A    | 21-03-1990                    |
|   |   |                               | FI                                | 894380 A    | 21-03-1990                    |
|   |   |                               | JP                                | 2131160 A   | 18-05-1990                    |
|   |   |                               | JP                                | 2225598 A   | 07-09-1990                    |
|   |   |                               | KR                                | 9514072 B1  | 21-11-1995                    |
|   |   |                               | NO                                | 893746 A    | 21-03-1990                    |
|   |   |                               | NO                                | 893748 A    | 21-03-1990                    |
|   |   |                               | PT                                | 91753 A ,B  | 30-03-1990                    |
|   |   |                               | PT                                | 91754 A ,B  | 30-03-1990                    |
|   |   |                               | US                                | 5206059 A   | 27-04-1993                    |
|   |   |                               | US                                | 5262206 A   | 16-11-1993                    |
|   |   |                               | ZA                                | 8906634 A   | 30-05-1990                    |
|   |   |                               | ZA                                | 8906635 A   | 30-05-1990                    |
| -----   |   |                               |                                   |             |                               |
| EP 0282310  | A | 14-09-1988                    | US                                | 4788402 A   | 29-11-1988                    |
|   |   |                               | CA                                | 1300694 C   | 12-05-1992                    |
|   |   |                               | DE                                | 3878570 D1  | 01-04-1993                    |
|   |   |                               | DE                                | 3878570 T2  | 09-06-1993                    |
|   |   |                               | EP                                | 0282310 A2  | 14-09-1988                    |
|   |   |                               | JP                                | 1862304 C   | 08-08-1994                    |
|   |   |                               | JP                                | 5080273 B   | 08-11-1993                    |
|   |   |                               | JP                                | 63252567 A  | 19-10-1988                    |
|   |   |                               | JP                                | 1319297 A   | 25-12-1989                    |
|   |   |                               | JP                                | 2047740 C   | 25-04-1996                    |
|   |   |                               | JP                                | 7066871 B   | 19-07-1995                    |

EPO FORM P0481

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

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

EP 03 40 5214

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.

25-08-2003

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 0282310 A                                       |                               | US 4841114 A                      | 20-06-1989                    |
|  |                               | US 4916273 A                      | 10-04-1990                    |
| -----  |                               |                                   |                               |
| JP 63121648 A                                      | 25-05-1988                    | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 5442153 A                                       | 15-08-1995                    | US 5296667 A                      | 22-03-1994                    |
|  |                               | AT 145159 T                       | 15-11-1996                    |
|  |                               | CA 2089874 A1                     | 01-03-1992                    |
|  |                               | DE 69123152 D1                    | 19-12-1996                    |
|  |                               | DE 69123152 T2                    | 05-06-1997                    |
|  |                               | EP 0546121 A1                     | 16-06-1993                    |
|  |                               | JP 2959842 B2                     | 06-10-1999                    |
|  |                               | JP 6501131 T                      | 27-01-1994                    |
|  |                               | WO 9204133 A1                     | 19-03-1992                    |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 4762977 A                                       | 09-08-1988                    | JP 1914142 C                      | 23-03-1995                    |
|  |                               | JP 6039682 B                      | 25-05-1994                    |
|  |                               | JP 63277747 A                     | 15-11-1988                    |
| -----  |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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