



(12) Ausschließungspatent

Ertelt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 259 586 A5

4(51) B 23 K 5/10

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP B 23 K / 302 163 3
(31) 856,897(22) 27.04.87
(32) 28.04.86(44) 31.08.88
(33) US

(71) siehe (73)

(72) Pettit Jr., Harold W.; Davis, Charles G.; Walden, Frederick C., US

(73) United Technologies Corporation, Hartford, Connecticut, US

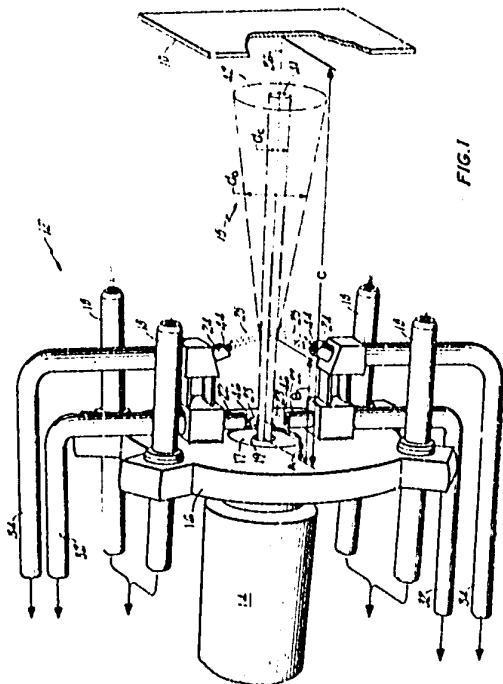
(74) Internationales Patentbüro Berlin, Wallstraße 23/24, Berlin, 1020, DD

(54) Verfahren zur Herstellung von gesprühten abreibbaren Beschichtungen und nach dem Verfahren hergestellte Beschichtung

(55) Plasmasprühverfahren, Dichtungen, Turbinengehäuse, poröse Metallstruktur, Beschichtungsvorrichtung, Metallpulver, Polymerpulver, Mischung, separate Pulverzuführung

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung von gesprühten abreibbaren Beschichtungen beschrieben für das gleichzeitige thermische Aufsprühen von zumindest zwei Typen von Pulvern auf ein Substrat, worin beide Pulvertypen durch einen einzigen Sprühstrom getragen werden und auf das Substrat auftreffen sowie die Anwendung einer Apparatur dafür. Entsprechend der Erfindung werden die unterschiedlichen Pulvertypen durch separate Pulveröffnungen in einer solchen Weise in den Sprühstrom eingespritzt, daß es im wesentlichen keine Vermischung der Pulvertypen im Sprühstrom gibt. Das Sprühsystem und das zu besprühende Substrat können relativ zueinander bewegt werden, um eine homogen aufgesprühte Pulverablagerung zu erzeugen. Abb. 1 zeigt die hierfür verwendete Apparatur. Durch die hergestellte Beschichtung können speziell Dichtungen für Turbintriebwerke und Turbomaschinen erstellt werden.

Fig. 1



Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung von gesprühten abreibbaren Beschichtungen auf einem Substrat, wobei die Ablagerung charakterisiert ist durch eine homogene Mischung von ersten und zweiten Pulverteilchen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verfahren auf folgenden Stufen besteht:
 - a) Erzeugung eines Stromes von Gasen mit hoher Temperatur und hoher Geschwindigkeit und Ausrichtung dieses Stromes auf das Substrat, wobei in dem Strom der zentrale Teil heißer ist als der äußere Teil des Stromes;
 - b) Einspritzen von Teilchen des ersten Pulvertyps in den Gasstrom, so daß sie entlang des zentralen Teils des Stromes getragen werden und auf das Substrat auftreffen.
 - c) Gleichzeitiges Einspritzen von Teilchen des zweiten Pulvertyps in den Gasstrom, so daß die zweiten Pulverteilchen entlang des äußeren Teils des Stromes getragen werden und auf das Substrat auftreffen, ohne daß es im Strom zu einer wesentlichen Vermischung mit den ersten Pulverteilchen kommt; und
 - d) Bewegung des Stromes von Gasen, der die ersten und zweiten Pulverteilchen enthält, relativ zum Substrat, um eine homogene Pulverablagerung auf dem Substrat zu bilden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die ersten Pulverteilchen metallisch sind und die zweiten Pulverteilchen polymerer Natur, mit einer weiteren Stufe zur Entfernung der Polymerteilchen aus der aufgesprühten Ablagerung, um eine poröse aufgesprühte Metallablagerung zu bilden.
3. Verfahren zur Herstellung von gesprühten Beschichtungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aus zumindest zwei verschiedenen Typen von Pulverteilchen besteht, worin beide Pulvertypen in einem einzigen Sprühstrom getragen werden, welcher sie auf ein Substrat auftreffen läßt, wobei ein getrenntes und gleichzeitiges Einspritzen der unterschiedlichen Pulvertypen in einem Sprühstrom durchgeführt wird, so daß es im wesentlichen keine Vermischung der Teilchen des ersten Pulvertyps mit den Teilchen des zweiten Pulvertyps im Strom gibt, und durch die relative Bewegung des Substrats zum Strom, die auf das Substrat auftreffenden Pulver eine homogen aufgesprühte Ablagerung ergeben.
4. Beschichtung, die durch das Verfahren nach Anspruch 2 hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie aus einer porösen aufgesprühten MCrAlY-Ablagerung besteht.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von gesprühten Beschichtungen und nach dem Verfahren hergestellte Beschichtung. Spezieller bezieht sie sich auf ein Verfahren zum gleichzeitigen thermischen Sprühen von zwei oder mehr Typen von Pulvern auf ein Substrat unter Verwendung einer einzigen Sprühhvorrichtung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Gasturbinenriebwerke und andere Turbomaschinen haben Reihen von Schaufeln, die in im allgemeinen zylindrischen Gehäusen rotieren. Wenn die Schaufeln rotieren, bewegen sich ihre Spitzen in unmittelbarer Nähe des Gehäuses. Ein Weg zur Verbesserung der Effektivität von solchen Maschinen besteht in der Minimierung des Leckverlustes des Arbeitsmediums zwischen den Schaufelspitzen und dem Gehäuse. Wie seit einiger Zeit bekannt ist, können diese Leckverluste reduziert werden durch Schaufel- und Dichtungssysteme, in denen sich die Schaufelspitzen an einer abreibbaren Dichtung reiben, die auf der Innenseite des Triebwerkgehäuses angebracht sind.

Poröse Metallstrukturen sind besonders brauchbar für abreibbare Dichtungen, da sie mit einer günstigen Geschwindigkeit abgenutzt werden, wenn sie von den rotierenden Schaufeln berührt werden. Eine Methode zur Herstellung poröser Dichtungen besteht darin, eine Mischung von Metall- und Polymerpulverteilchen als Plasma zu versprühen, im allgemeinen nach den Vorschriften der US 3723 165. Wenn jedoch eine Mischung von zwei oder mehr Typen von Pulvern versprüht wird, wie in der genannten Patentschrift, kann es schwierig sein, die Teilchen in einer homogenen Mischung zu halten, wenn sich die Dichte oder die Größe der Teilchen unterscheiden, wie dies in der US 3912235 diskutiert wurde. Ein Versuch zur Überwindung dieses Problems ist in der US 4386 112 beschrieben, worin Metall- und Keramikpulverteilchen separat in den Plasmastrom injiziert werden, aber in einer solchen Weisa, daß sich die Teilchen im Spraystrom miteinander mischen. Die US 3020 182, 4299 865 und 4336 276 sind auch repräsentativ für den Stand der Technik.

Ungeachtet des fortgeschrittenen Standes der Plasmasprühtechnologie ist die Kontrolle der Qualität und der Reproduzierbarkeit der abreibbaren Dichtungen schwierig, auch wenn modernste Methoden angewendet werden.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung von gesprühten abriebbaren Beschichtungen sowie eine danach hergestellte Beschichtung zur Verfügung zu stellen, die es gestattet, die Kontrolle der Qualität der aufgesprühten Dichtungen zu ermöglichen und eine gleichbleibende Qualität bei der Herstellung dieser Dichtungen zu gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von gesprühten abriebbaren Beschichtungen sowie eine nach dem Verfahren hergestellte Beschichtung zu schaffen, wobei es ermöglicht wird, das Aufsprühen von zwei oder mehr verschiedenen Typen von Pulvern in gleichbleibend guter Qualität zu vollziehen.

Nach der Erfindung werden Pulverteilchen von zumindest zwei verschiedenen Pulvertypen durch eine einzige Apparatur zum thermischen Versprühen auf einem Substrat abgelagert. Dies geschieht in einer solchen Weise, daß es nur wenig Vermischung der verschiedenen Pulvertypen im Hochtemperaturgasstrom gibt. Spezieller werden die verschiedenen Pulverteilchen gleichzeitig durch separate Pulveröffnungen und bei unabhängig gesteuerten Zuführungsgeschwindigkeiten in einen Strom von hoher Temperatur injiziert, der aus Gasen besteht, die mit hoher Geschwindigkeit fließen. Die Pulveröffnungen sind so angeordnet und die Zuführungsgeschwindigkeiten sind so eingestellt, daß die Pulverteilchen eines ersten Pulvertyps entlang des zentralen heißen Teiles des Gasstromes getragen werden und auf das Substrat auftreffen, während zur gleichen Zeit die Teilchen eines zweiten Pulvertyps entlang des äußeren kühleren Teiles des Gasstromes getragen werden und auf das Substrat auftreffen. Auf Grund ihrer getrennten Transportwege gibt es nur eine geringe Vermischung der ersten Pulverteilchen mit den zweiten Pulverteilchen im Gasstrom. Eine homogene Verbundablagerung wird erreicht, indem das Substrat relativ zu den Gasströmen bewegt wird, während die Pulver in den Strom injiziert werden.

Das Versprühen der Pulver in der Weise, daß es nur wenig Vermischung der Pulverteilchen im Gasstrom gibt, hat Ablagerungen erzeugt, die wesentlich verbesserte Eigenschaften haben, verglichen mit den Ablagerungen, die erzeugt wurden, wenn die Pulver vermischt wurden, bevor sie den Strom erreichten, wie im US 3,723,165, oder wenn sie im Strom vermischt wurden, wie im US 4,386,112.

Die Erfindung ist besonders brauchbar beim gleichzeitigen Versprühen von Pulvern mit unterschiedlichen Schmelztemperaturen, wie zum Beispiel Metall und Plaste, von dem Typ, der in der US-Patentanmeldung 815,616 beschrieben ist. Die Metallteilchen werden in den heißen Teil des Stromes gespritzt und ihre Verweilzeit im Strom ist länger als die Verweilzeit der Plasteteilchen, die in den kalten Teil des Stromes gespritzt werden. Weder die Metallteilchen noch die Plasteteilchen werden übermäßig verdampft. Die Mikrostruktur der so aufgesprühten Ablagerung zeigt eine einheitliche Verteilung von Polymerteilchen in einer Metallmatrix. Nach dem Abscholdungsprozeß wird die Ablagerung auf eine Temperatur erhitzt, durch welche die Verflüchtigung des Polymers verursacht wird, woraus eine poröse Metallstruktur resultiert. Die Erfindung soll nachstehend an Hand der Ausführungsbeispiele näher erläutert werden.

Ausführungsbeispiele

Kurze Beschreibung der Zeichnungen:

Abbildung 1: ist eine schematische Ansicht, die einen Apparat zeigt, der in der Praxis der vorliegenden Erfindung verwendbar ist;

Abbildung 2: zeigt die schematische Verteilung der Metall- und Polymerteilchen, nachdem sie auf ein Substrat aufgesprüht wurden.

Die beste Art zur Durchführung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum gleichzeitigen thermischen Versprühen von zwei oder mehr verschiedenen Typen von Pulvern auf ein Substrat mit einer einzigen Sprühsapparatur. Zur Vereinfachung der Darstellung wird die folgende Diskussion auf das thermische Versprühen von nur zwei Typen von Pulvern gerichtet. Der Begriff thermisches Versprühen wird benutzt, um das Plasmasprühen, das Verbrennungssprühen und andere ähnliche Verfahren für die Abscheidung von Pulvern auf einem Substrat zu beschreiben.

Die Erfindung ist am leichtesten zu diskutieren unter Zuhilfenahme der Abbildung 1. In der Abbildung ist das zu beschichtende Substrat durch die Bezugsnummer 10 dargestellt und die Apparatur, die zur Abscheidung der Pulver auf dem Substrat 10 verwendet wird, ist dargestellt durch die Bezugsnummer 12. Nicht gezeigt in der Abbildung, aber Bestandteil des Sprühsystems, sind die Stromversorgungseinrichtungen und die damit in Verbindung stehenden Apparaturen. Mittel zur Bewegung des Substrats 10 und der Apparatur 12 relativ zueinander sind auch nicht gezeigt. Die spezifische Art, in der das Substrat 10 und die Apparatur 12 bewegt werden, ist nicht kritisch für die Erfindung. Entweder kann das Substrat 10 bewegt werden, während die Apparatur 12 in einer festen Position gehalten wird, oder die Apparatur 12 wird bewegt, während das Substrat 10 in einer festen Position gehalten wird oder das Substrat 10 und die Apparatur 12 werden beide bewegt. Der Fachmann ist so in der Lage, die geeigneten Bewegungsmittel für das Sprühsystem in einer solchen Weise anzupassen, die am besten geeignet ist, um die jeweiligen Anforderungen des besonderen Abscheidungsverfahrens zu erfüllen.

Die Apparatur 12 beinhaltet eine Spritzpistolenbaugruppe 14. Die Spritzanordnung 14 kann vom Plasmalichtbogentyp sein. Wie dem Fachmann bekannt ist, wird in einer typischen Plasmalichtbogenspritzanordnung 14 ein elektrischer Lichtbogen hoher Temperatur zwischen den auseinander liegenden Elektroden erzeugt. Primäre und sekundäre Gase, das heißt Helium, Argon oder Stickstoff oder Mischungen davon, passieren den Lichtbogen und werden ionisiert, um einen Plasmastrom 15 von hoher Temperatur und hoher Geschwindigkeit zu erzeugen, der sich in Arbeitsrichtung aus der Spritzdüse 19 in Richtung des Substrates 10 erstreckt. Um den hohen Temperaturen des Plasmastromes 15 widerstehen zu können, wird die Spritzdüse üblicherweise mit Wasser gekühlt.

Am vorderen Ende 17 der Spritzeinrichtung 14 ist eine Konsole 16 mit Mitteln befestigt, die in der Abbildung nicht gezeigt sind. An dieser Konsole 16 sind die Düsen 18 befestigt, die einen Strom von Kühlgasen auf das Substrat 10 sprühen, um zu verhindern,

daß das Substrat 10 durch den Plasmaström 15 übermäßig erhitzt wird. Zu den verwendbaren Kühlgasen gehören zum Beispiel Stickstoff, Argon oder Luft. Wie in Einzelheiten weiter unten ausgeführt wird, sind die Pulveröffnungen so angeordnet, daß sie die separaten Ströme der Pulverteilchen direkt in den Plasmaström 15 gerichtet sind. Die ersten Pulveröffnungen 22 richten die Teilchen des ersten Pulvertyps 23 in den Strom 15 und die zweiten Pulveröffnungen 24 richten die Teilchen des zweiten Pulvertyps 25 in den Strom 15. Die Abbildung zeigt zwei erste Pulveröffnungen 22, etwa 180° voneinander, und zwei zweite Pulveröffnungen 24, etwa 180° voneinander, und im allgemeinen radial ausgerichtet mit der Position der ersten Pulveröffnungen 22. Die Zahl der Pulveröffnungen 22 und 24, sowie ihre Position zueinander ist nicht kritisch für die Erfindung. Die ersten Pulveröffnungen 22 befinden sich axial hinter den zweiten Pulveröffnungen 24 und sie sind so konstruiert und angeordnet, daß die ersten Pulverteilchen 23 bei einem Abstand A vom vorderen Ende 17 der Spritzeinrichtung 14 in den Strom 15 gespritzt werden. Die zweiten Pulveröffnungen spritzen die zweiten Pulverteilchen 25 bei einem Abstand B in Arbeitsrichtung in den Strom 15. Der Abstand zwischen dem vorderen Ende der Spritzeinrichtung 17 und dem Substrat 10 wird mit C gekennzeichnet. Als Ergebnis der Anordnung der ersten und zweiten Pulveröffnungen 22; 24 und der Menge und Geschwindigkeit, mit der die Pulverteilchen 23; 25 separat in den Strom 15 gespritzt werden, gibt es nur eine geringe Vermischung der Teilchen 23; 25 im Strom 15. Weiterhin ist die Verweilzeit der zweiten Pulverteilchen 25 im Plasmaström 15 geringer als die Verweilzeit der ersten Pulverteilchen 23. Die Bedeutung dieses Aspektes wird in weiteren Einzelheiten unten erläutert.

Die Pulverteilchen 23 und 25 werden zu den Pulveröffnungen 22 und 24 durch die Leitungen 32 und 34 geliefert. Die Leitungen 32 und 34 sind mit einem Trägorgas unter Druck gesetzt, das typischerweise aus Argon besteht. Die zwei Beschickungsleitungen 32 sind jede mit einem separaten Pulverbeschicker verbunden, der die ersten Pulverteilchen 23 enthält, und die zwei Beschickungsleitungen 34 sind jede mit einem separaten Pulverbeschicker verbunden, der die zweiten Pulverteilchen 25 enthält. Alle Pulverbeschicker sind unabhängig voneinander steuerbar, um das Pulver mit der vorgeschriebenen Menge und Geschwindigkeit zu und durch ihre zugehörigen Pulveröffnungen liefern zu können.

Der Plasmaström 15 sprüht von der Stromachse 26 aus radial nach außen, wenn der Abstand vom vorderen Ende der Spritzeinrichtung 17 zunimmt. Die daraus resultierende Gesamtform des Stromes 15 ist ähnlich der eines kugel- oder keilförmigen Zylinders. Beobachtungen haben gezeigt, daß der Plasmaström 15 tatsächlich aus einem zentralen Strom sich bewegender Gase 40 und einem radial äußeren, peripheren Strom sich bewegender Gase 42 besteht. Der Durchmesser des zentralen Stromes 40 nimmt nur schwach zu, wenn der Abstand in Arbeitsrichtung zunimmt, während der Durchmesser d_2 des äußeren Stromes 42 in einem viel größerem Maße zunimmt, wenn der Abstand in Arbeitsrichtung zunimmt. Die Temperatur der Gase ist, ebenso wie ihre Geschwindigkeit, im zentralen Plasmaström 40 beträchtlich höher als die Temperatur und die Geschwindigkeit der Gase im äußeren Strom 42.

Die Arbeitsparameter eines jeden ersten Pulverbeschickers sind so ausgewählt, daß sie einen im wesentlichen kontinuierlichen Fluß von Pulverteilchen des ersten Pulvertyps durch die zugehörige erste Pulveröffnung 22 und direkt in den zentralen Strom der Gase 40 einspritzen. Die ersten Pulverteilchen werden durch den zentralen Strom 40 getragen, bis sie auf das Substrat 10 auftreffen. Prüfungen haben gezeigt, daß es nur eine geringe radiale Abweichung der ersten Pulverteilchen 23 außerhalb des zentralen Stromes 40 gibt, offensichtlich zurückzuführen auf ihr relativ hohes axiales Moment im Strom 15, obwohl andere Kräfte wirken können, um diesen Effekt zu erzeugen.

Wie in der Abbildung 1 zu sehen ist, sind die Austrittsenden 44 eines jeden der zweiten Pulveröffnungen 24 radial nach außen gerichtet, genau wie die Austrittsenden 46 eines jeden der ersten Pulveröffnungen 22 axial in Arbeitsrichtung gerichtet sind. Die Arbeitsparameter eines jeden zweiten Pulverbeschickers sind so ausgewählt, daß sie die zweiten Pulverteilchen 25 so in den Plasmaström 15 einspritzen, daß sie nicht in den zentralen Gasstrom 40 eindringen.

Stattdessen werden die zweiten Pulverteilchen 25 durch die äußeren Gasströme 42 getragen bis sie auf das Substrat 10 auftreffen. Ob die unterschiedlichen Pulverteilchen 23 und 25 richtig in ihre zugehörigen Plasmaströmteile 40 und 42 eingespritzt wurden und ob sie durch diese Stromteile bis zum Substrat 10 getragen wurden, kann bestimmt werden, indem man die Verteilung der Pulverteilchen 23 und 25 im Strom 15 auswertet. Eine Methode für die Durchführung einer solchen Auswertung ist unten beschrieben, in der Diskussion der Abbildung 2.

Der äußere Gasstrom 42, der die zweite Pulverteilchen 25 trägt, wirbelt in einer kreisförmigen Weise um den zentralen Gasstrom 40 und die ersten Pulverteilchen 23, die sich in Arbeitsrichtung zum Substrat 10 hin bewegen. Weil die ersten Pulverteilchen 23 und die zweiten Pulverteilchen 25 zum Substrat 10 durch die getrennten Gasströme 40 und 42 getragen werden, können sich die Teilchen 23 und 25 im Plasmaström 15 in keinem nennenswerten Grad mischen. Dies ist anders als in den Plasmasprühverfahren des Standes der Technik, in denen die verschiedenen Pulvertypen vorsätzlich im Mischstrom bzw. Plasmaström vermischt werden oder sie werden in einer Mischkammer gemischt, welche dann die Pulver durch eine einzige Pulveröffnung in den Plasmaström liefert.

Die Abbildung 2 zeigt, daß eine wesentliche Mischung der ersten und zweiten Pulverteilchen 23 und 25 im Plasmaström 15 fehlt. Die Abbildung ist eine schematische Darstellung einer fotografischen Aufnahme des Substrates 10, das entsprechend der Erfindung für eine Sekunde besprüht wurde. Dies wurde erreicht, indem eine Vorrichtung in der Art eines Fensterladens zwischen die Spritzeinrichtung 14 und das Substrat 10 gesetzt und dieses Fenster für eine Sekunde geöffnet wurde, während die Pulver 23 und 25 in den Plasmaström 15 gespritzt wurden. Wie in der Abbildung zu sehen ist, blieben die ersten Pulverteilchen 23 im zentralen Gasstrom 40 und die zweiten Pulverteilchen blieben im radialen äußeren Teil des Gasstromes 42, wobei sich nur eine geringe Menge der zwei Pulvertypen vermischte. (Es sollte festgestellt werden, daß das in der Abbildung 2 gezeigte Pulververteilungsschema mit einer Spritzeinrichtung 14 erzeugt wurde, die nur eine erste Pulveröffnung 22 und eine zweite Pulveröffnung 24 hatte. Ein in gewissem Maße unterschiedliches Schema wird erzeugt, wenn zwei erste Pulveröffnungen 22 in zwei zweite Pulveröffnungen 24 verwendet werden. Es gibt jedoch nach wie vor das Fehlen einer wesentlichen Vermischung des ersten und zweiten Pulvertyps).

Die Tatsache, daß der größte Teil der Pulver im zugehörigen Teil des Plasmaströmes bleibt, ist wesentlich für die Sicherung der Verfahrens- und Produktionswiederholbarkeit. Durch Einstellung der Arbeitsparameter der Plasmaspritzeinrichtung werden die Eigenschaften (Temperatur, Geschwindigkeit, usw.) des zentralen und der äußeren Teile des Stromes 40 und 42 genau im optimalen Bereich für das Versprühen der unterschiedlichen Pulvertypen gesteuert. Mit anderen Worten, die Eigenschaften des zentralen Teils des Stromes werden eingestellt, um die besten Bedingungen für das Sprühen des ersten Pulvertyps zu erzeugen, während zur gleichen Zeit die Eigenschaften des äußeren Teils des Stromes eingestellt werden, um die besten Bedingungen für das Versprühen des zweiten Pulvertyps zu erzeugen.

Die vorliegende Erfindung ist besonders nützlich bei der thermischen Sprühabscholdung von Pulvertypen, die unterschiedliche Schmelztemperaturen und Dichten haben, um eine poröse Metallstruktur für Turbomaschinen zu bilden, wie zum Beispiel für Gasturbinenriebwerke. In einer solchen Ablagerung kann der erste Pulvertyp ein metallisches, oxidationsbeständiges Material sein, wie zum Beispiel MCrAlY, wobei M Nickel, Kobalt, Eisen oder Mischungen von diesen ist. Solche Zusammensetzungen sind beschrieben in den US-Patenten 3,676,085, 3,928,026 und 4,419,416. Der Inhalt eines jeden dieser Patente ist einbezogen. Einige MCrAlY-Zusammensetzungen wurden modifiziert, so daß die Zusätze von Edelmetallen, feuerfesten Metallen, Hafnium, Silizium und Elementen aus der Reihe der Seltenen Erden enthalten, siehe US-Patent 4, 419,416. Eine besonders brauchbare, mit einem feuerfesten Metall modifizierte, MCrAlY-Zusammensetzung ist in der häufig in Anspruch genommenen US-Patentanmeldung Seriennummer 815,816 beschrieben. Einfachere metallische Zusammensetzungen, wie zum Beispiel Nickel-Chrom-Legierungen, können auch entsprechend dieser Erfindung versprüht werden. Der zweite Pulvertyp, der mit dem Metall versprüht werden kann, um die poröse Struktur zu erzeugen, ist ein zersetzbares Polymeres. Nachdem die Metall- und Polymerpulver auf das Substrat aufgebracht wurden, wird die beschichtete Komponente bis zu einer Temperatur erhitzt, die ausreichend hoch ist, um das Polymer zu verflüchtigen. Daraus resultiert eine poröse Metallstruktur, die besonders brauchbar ist als eine abreibbare Dichtung für Gasturbinenriebwerke. Dichtungen, die nach dieser Erfindung hergestellt wurden, zeigten ausgezeichnete Eigenschaften, verglichen mit Dichtungsmaterialien der ersten Art.

Es wird bevorzugt, daß die metallischen Pulver hergestellt wurden durch rotierende Atomisierung oder Vorarbeitung bei schneller Verfestigungsgeschwindigkeit, wie dies in den US-Patenten 4,178,335 und 4,284,394 beschrieben ist. Verglichen mit den Pulvern, die nach anderen Methoden hergestellt wurden, sind die nach dem Verfahren mit schneller Verfestigungsgeschwindigkeit erzeugten Pulver im allgemeinen einheitlicher in der Größe, haben im allgemeinen eine kugelförmige Form und ein glatteres Oberflächenfinish. Solche Pulver fließen auch durch die Pulverbeschicker und die damit verbundenen Ausrüstungen besser als unregelmäßig geformte und unterschiedliche Größe aufweisende Pulvertelchen. Einmal im zentralen Teil des Gasstromes angekommen, werden solche glatten, einheitlich großen und einheitlich geformte Teilchen auch etwa auf die gleiche Temperatur erhitzt, wodurch das Sprühverfahren und das erzeugte Produkt wiederholbarer gestaltet werden, als dies bei der ersten Art der Fall ist. Um eine noch größere Reproduzierbarkeit des Verfahrens zu erhalten, sollten auch die Polymerpulvertelchen eine einheitliche Größe und Form haben und auch ein glattes Finish.

Als ein Beispiel für die Erfindung wurden feuerfest modifizierte MCrAlY-Pulvertelchen, die nach dem Verfahren der schnellen Verfestigungsgeschwindigkeit erzeugt wurden, mit Polymethylmetacrylatteilchen versprüht, um eine Ablagerung zu erzeugen, die, nach einer Nachbehandlung der Beschichtung (unten beschrieben), besonders verwendbar ist als eine abreibbare Dichtung für Gasturbinenriebwerke. Als Polymerpulvertelchen wurden von E. I. duPont Company (Wilmington, Delaware, USA) als Lucite[®] Grade 4F-Pulver verwendet. Sie hatten eine glatte Textur, waren kugelförmig und lagen im Größenbereich (Durchmesser) von etwa 60–120 Mikron. Die metallischen Pulvertelchen waren auch glatte Kugeln und lagen im Größenbereich von etwa 50–90 Mikron. Die Dichte der Polymer- und Metallteilchen lag bei etwa 0,9 g/cm³ und 8,6 g/cm³.

Die Polymer- und Metallteilchen wurden durch separate Rollenpulverbeschicker Plasmatron 1250 (Plasmadyne Incorporated, Tustin, Kalifornien, USA) in ein Plasmasprühsystem geschickt, das aus einer Metco 7M-Spritzleinrichtung und einer Metco 705-Düse (Metco Incorporated, Westbury, New York, USA) besteht. Unter Bezugnahme auf die Abbildung 1 betrug der Abstand A zwischen Düse und Metallspritzpunkt etwa 0,55 cm, der Abstand B von der Düse zum Polymerspritzpunkt betrug etwa 3,3 cm und der Abstand C zwischen Düse und Substrat betrug etwa 18 cm. Der radiale Abstand zwischen dem Austrittsende der ersten Pulveröffnung 46 und der Plasmastromachse 26 betrug etwa 1,5 cm. Die spezifischen Sprühparameter, die zur Abscholdung des Pulvers verwendet wurden, sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Verwendung dieser Parameter erzeugte ein Sprühschema, das dem in der Abbildung 2 gezeigten ähnlich ist.

Tabelle 1

Sprühparameter zur Erzeugung einer Metall-Polymer-Pulver-Ablagerung

Leistungsaufnahme (kW)	20,3–21,7
Primärgasfluß (scmh)	1,4–2,1
Sekundärgasfluß (scmh)	0,3–1,0
Trärgasfluß (scmh)	0,1–0,2
Beschickungsgeschwindigkeit Metallpulver (g/min)	50,0–70,0
Beschickungsgeschwindigkeit Polymerpulver (g/min)	0,8–12,0
Winkel zwischen Spritze und Substrat	≤ 20° bis normal

Die metallografische Prüfung der Ablagerungen, die nach den Parametern der Tabelle 1 aufgesprüht wurden, charakterisieren eine Mikrostruktur mit etwa einem Drittel metallischen Teilchen, einem Drittel Polymerteilchen und einem Drittel Porosität. Die Morphologie der Teilchen zeigte, daß die meisten durch die Hitze des Plasmastromes erweicht worden waren. Es gab keine überschüssige Menge an Pulver, das durch das Plasma verdampft wurde, wie durch einen Vergleich der Pulvermengen nachgewiesen wurde, die in den Sprühstrom eingespritzt wurden, mit der Pulvermenge, die tatsächlich auf dem Substrat

abgelagert wurde. In den Sprühtechniken der bekannten Art, in denen die Metall- und Polymerpulver beide durch den zentralen Teil des Plasmastromes getragen wurden, wurde beobachtet, daß eine signifikante Menge der Polymerteilchen verdampfte, wodurch sich ungünstige Einflüsse auf die Wiederholbarkeit des Verfahrens und des erzeugten Produktes ergaben. Eine solche übermäßige Verdampfung ist auf die Tatsache zurückzuführen, daß die Temperatur im zentralen Teil des Stromes die Verdampfungstemperatur des Polymeren bei weitem übersteigt. Weil die Polymerteilchen nach dieser Erfindung im kühleren, äußeren Teil des Stromes getragen werden, wird die Menge der verdampften Polymerteilchen wesentlich verringert im Vergleich zu den Methoden der vorherigen Art.

Nach dem Sprühprozeß wird die Metall-Polymer-Ablagerung behandelt, um die Polymerteilchen zu beseitigen, woraus dann die poröse Metallstruktur resultiert. Die bevorzugte Methode in diesem Fall besteht in der Erhitzung der Ablagerung in einer nichtoxidierenden Atmosphäre auf etwa 355–385°C für die Dauer von zwei Stunden. Diese Temperatur ist hoch genug, um die vollständige Verflüchtigung des Polymeren zu bewirken. Das Polymer kann auch auf chemischen Wege durch geeignete Lösungsmittel oder ähnliches entfernt werden. Nachdem das Polymer entfernt ist, ist die aufgesprühte Ablagerung zu etwa zwei Dritteln porös.

Solche porösen aufgesprühten MCrAlY-Ablagerungen, hergestellt nach den Vorschriften dieser Erfindung, haben beträchtlich verbesserte Eigenschaften als abreibbares Dichtungsmaterial gezeigt, verglichen mit den Dichtungsmaterialien der ersten Art.

Brauchbare Dichtungsmaterialien müssen abreibbar sein, das heißt, sie müssen in einer brüchigen Form leicht zerklüftet werden können, wenn sie durch ein Teil berührt werden, das sich mit hoher Geschwindigkeit bewegt, zum Beispiel die Spitze einer rotierenden Schaufel in einem Gasturbinentriebwerk oder die Spitze einer Labyrinthdichtung. Das Dichtungsmaterial muß auch intakt bleiben, wenn es einer besonderen Erosion oder anderen mechanischen Belastungen ausgesetzt wird. Sowohl in Laboratoriumsprüfungen als auch in richtigen Triebwerksprüfungen zeigte das abreibbare poröse Metall, das entsprechend dieser Erfindung hergestellt wurde, eine bessere Abreibbarkeit und eine bessere Erosionsbeständigkeit, verglichen mit Dichtungen der ersten Art.

Die in den Beispielen aufgeführten Verfahrenswesen können durch den Fachmann in geeigneter Weise abgeändert werden, um die Lösung spezieller zu ermöglichen.

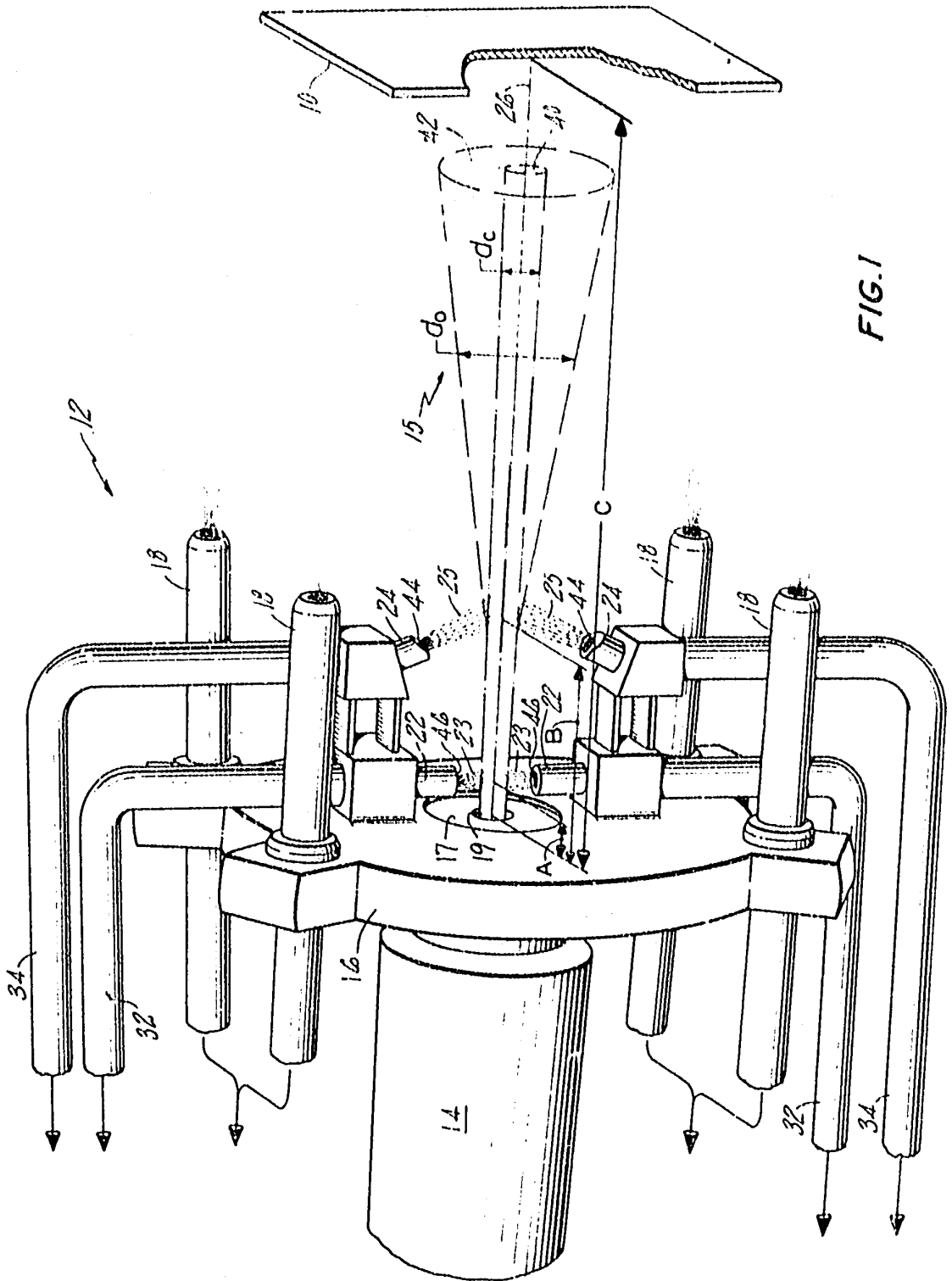


FIG. 1

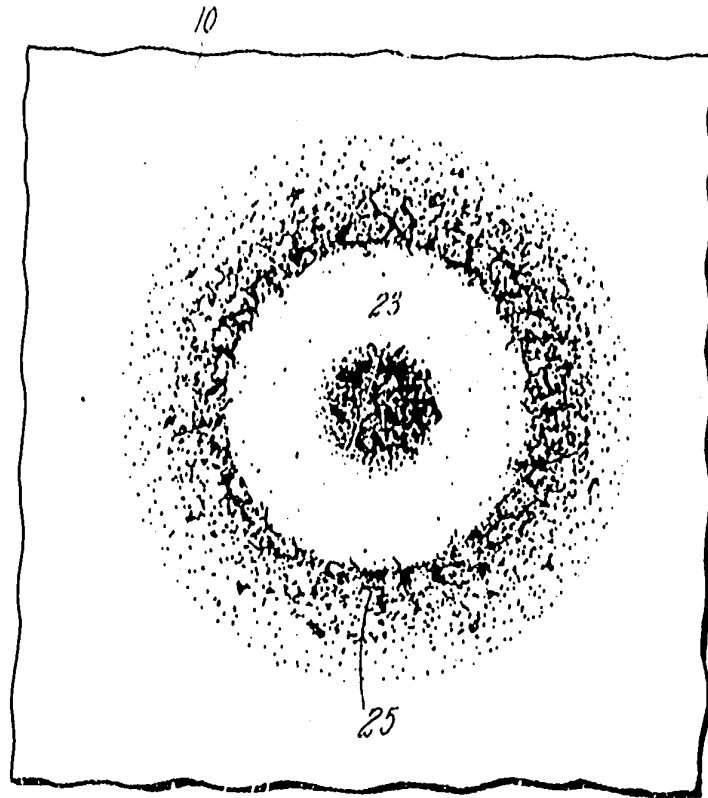


FIG. 2