

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 694 628 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

31.01.1996 Patentblatt 1996/05

(51) Int. Cl.⁶: **C23C 4/12**

(21) Anmeldenummer: **95111760.5**

(22) Anmeldetag: **26.07.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT DE ES FR GB IT NL

(30) Priorität: **30.07.1994 DE 4427262**

(71) Anmelder: **MTU MOTOREN- UND TURBINEN-
UNION**

MÜNCHEN GMBH

D-80976 München (DE)

(72) Erfinder: **Platz, Albin**

D-86510 Baidlkirch (DE)

(74) Vertreter: **Baum, Wolfgang, Dipl.-Ing.**

D-80976 München (DE)

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Flammspritzen und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wobei noch vor dem Einbringen von Pulvermaterial in einen Flammspritzbrenner und dem Aufsprühen des Pulvers auf das zu beschichtende Substrat das Pulvermaterial aufgeheizt wird. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, wozu eine herkömmliche Vorrichtung mit einem Flammspritzbrenner und einer Pulvermaterialzuführung eingesetzt wird und in der Pulvermaterialzuführung eine Heizeinrichtung angeordnet ist, die das Pulvermaterial aufheizt. Vorrichtung und Verfahren erlauben vorteilhaft, auch grobkörniges Pulvermaterial mit einem Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenner zu verarbeiten.

EP 0 694 628 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Flammsspritzen und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Hochgeschwindigkeitsflammspritzen.

Das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen ist auf den Einsatz von feinkörnigen Pulvermaterialien mit einem mittleren Teilchendurchmesser von kleiner 45 µm beschränkt. Größere Partikel werden bei diesem Verfahren vom Flammsspritzbrenner nicht ausreichend mit Wärmeenergie ausgestattet und prallen deshalb vom Substrat ab oder ergeben eine lockere, leicht abplatzende Beschichtung auf dem Substrat. Das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen ermöglicht Beschichtungen mit Gasgeschwindigkeiten zwischen 1300 bis 2000 m/s. Die Dichte der bei diesen Gasgeschwindigkeiten hergestellten Beschichtungen liegt in Abhängigkeit vom Verfahren und dem verwendeten Spritzwerkstoffen zwischen 95 und 98 % der theoretischen Dichte des Spritzwerkstoffes. Dichten größer 98% sind nur erreichbar für feinkörnige Stritzwerkstoffe und Gasgeschwindigkeiten über 1800 m/s. Bei oxidkeramischen feinkörnigen Pulvermaterialien können mit dem Hochgeschwindigkeitsflammspritzen Auftragsraten von bis zu 1 kg/h und für metallische feinkörnige Pulvermaterialien bis zu 3 kg/h erreicht werden.

Aufgabe der Erfindung ist es die Vorteile des Hochgeschwindigkeitsflammspritzens auch für gröbere Partikel nutzbar zu machen und damit die Auftragsraten weiter zu steigern oder Haftsichten mit hoher Rauigkeit zur Verbesserung der Haftfähigkeit durch Einbringen von größeren Partikeln mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen zu verwirklichen oder Verbundbeschichtungen aus groben oxidkeramischen Partikeln im Verbund mit einer metallischen Matrix, die aus feinkörnigen Partikeln hergestellt wird, mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen zu erreichen.

Gelöst wird diese Aufgabe mittels folgender Verfahrensschritte, Einbringen von Pulvermaterial in einen Flammsspritzbrenner, Aufsprühen des Pulvers auf das zu beschichtende Substrat, wobei das Pulvermaterial vor dem Einbringen in den Flammsspritzbrenner aufgeheizt wird.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die positiven Ergebnisse des Hochgeschwindigkeitsflammspritzens praktisch unabhängig von der Partikelgröße erreicht werden können. Es muß lediglich mit steigender Partikelgröße eine Aufheizung vor dem Einbringen der Partikel in den Flammsspritzbrenner erfolgen, wobei die Aufheizung der Partikelart, wie metallisch oder keramisch und der Partikelgröße angepaßt wird. Die Aufheizung sorgt dafür, daß vorteilhaft eine ausreichende thermische Energie auf die groben Partikel übertragen wird, so daß diese im Hochgeschwindigkeitsflammspritzstrahl nur auf hohe Geschwindigkeiten zwischen 1300 und 2000 m/s zu beschleunigen sind. Ein Abprallen größerer Partikel vom Substrat oder der Aufbau lockerer, leicht abplatzender Beschichtungen auf dem Substrat

aufgrund zu großer Partikel werden vorteilhaft vermieden. Weitere Vorteile liegen darin, daß durch die erfindungsgemäße Zuführung von vorgeheiztem Spritzwerkstoff der für einen dichten Schichtaufbau erforderliche Energiebetrag bereits vor dem Einbringen in den Flammsspritzbrenner durch die Partikel aufgenommen wird. Damit können metallische Schichten dichter aufgebracht werden, da sich die im teigigen Zustand auf der Bauteiloberfläche auftreffenden Partikel besser verformen. Schichten mit Dichten größer als 98 % der theoretischen Dichte lassen sich bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch mit grobkörnigem Pulver herstellen. Ein größerer Durchsatz bis zu 10 kg/s Spritzwerkstoff, was einer Steigerung um mehr als das dreifache ausmacht, sind mit einem unverändert beibehaltenen Flammsspritzbrenner für das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen erreichbar, da mit der Flamme dem Spritzwerkstoff im wesentlichen nur noch kinetische Energie zuzuführen ist und die Verweildauer in der Spritzflamme nicht mehr durch die Aufnahme von thermischer Energie durch die Partikel bestimmt wird. die Haftung der Partikel wird verbessert, da durch den höheren Energieinhalt der Spritzpartikel die Diffusion im Mikrobereich erhöht wird. Selbst keramische Werkstoffe können problemlos und effizient verarbeitet werden. Spritzpulverpartikel bis zu einer Größenordnung von 150 µm werden für das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen verarbeitbar, so daß rauhe Haftsichten zum Beispiel aus MCrAly, die insbesondere für oxidische Wärmedämmschichten auf Substraten aus Ni-, Co- oder Fe-Basislegierungen im Turbinenbau notwendig sind, realisiert werden können. Auch metallische Schichten gegen Heißgaskorrosion, die besonders sauerstoffarm aufgebracht werden müssen, sind mit dem erfindungsgemäßen Verfahren darstellbar, da mit zunehmender Teilchengröße die Sauerstoffaffinität aufgrund der geringeren Oberfläche der Stritzpartikel abnimmt.

Bei einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens beträgt die Aufheiztemperatur des Pulvermaterials mindestens 60% der Schmelz- oder Sublimationstemperatur des Pulvermaterials. Vorzugsweise liegen diese Temperaturen zwischen 100 und 1000°C. Dieser Temperaturbereich ermöglicht vorteilhaft einen hohen Anteil der erforderlichen thermischen Energie beim Hochgeschwindigkeitsflammspritzen bereits vor dem Einbringen in den Flammsspritzbrenner auf den Spritzwerkstoff zu übertragen, so daß der Massendurchsatz entsprechend erhöht werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird das Pulvermaterialien mit einem mittleren Teilchendurchmesser größer 50 µm eingesetzt. Eine obere Grenze ergibt sich nach den bisherigen Untersuchungen nur aus der Geometrie des Flammsspritzbrenners, der bei zu großen Teilchen verstopft. Der bisher die Partikelgröße begrenzende Parameter der Verweilzeit der Partikel in der Spritzflamme wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bedeutungslos. Teilchendurchmesser bis 150 µm konnten noch einwandfrei verarbeitet werden, ohne vom Substrat abzu-

prallen oder lockere, leicht abplatzende Schichten zu bilden.

Wird vorzugsweise grobkörniges Pulver aus MCrAlY-Material eingesetzt, um Haftsichten auf Substraten aus Ni-, Co- oder Fe-Basislegierungen aufzubringen, so können vorteilhaft Rauheitswerte für die Haftsichtoberfläche von größer 6 µm Ra erreicht werden. Hohe Rauheitswerte sind unerlässlich, um vorzugsweise oxidische Wärmedämmschichten auf metallischen Substraten aus Ni-, Co- oder Fe-Basislegierungen im Turbinenbau aufzubringen. Die Haftung basiert hier auf einer innigen Verzahnung des Substratwerkstoffs mit den mikrodifundierten Partikeln aus MCrAlY-Material der Haftsicht einerseits und der Verzahnung zwischen Haftsicht und oxidischer Wärmedämmschicht andererseits.

Eine Verarbeitung von grobkörnigen keramischen Pulvern mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, zum Beispiel zur Darstellung von Wärmedämmschichten, war bisher ausgeschlossen, weil die Verweildauer des keramischen Spritzwerkstoffes in der Spritzflamme zur Aufnahme ausreichender thermischer Energie nicht ausreichte. Für derartige Aufgaben wurde auf das hochenergetische und kostenintensivere Plasmaspritzverfahren ausgewichen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können vorzugsweise grobkörnige, keramische, insbesondere oxidkeramische Pulvermaterialien eingesetzt und verarbeitet werden. Dadurch sind neben Wärmedämmschichten nun auch Verbundbeschichtungen aus keramischen Grobpartikeln und metallischer Matrix aufbringbar. Die metallische Matrix kann wie bisher durch Flammspritzen von feinkörnigem Pulvermaterial eingebracht werden. Die metallische Matrix umhüllt dazu die mittels einem zwischengeschalteten oder vorgeschalteten Hochgeschwindigkeitsflammspritzverfahren mit erfindungsgemäßem Vorheizen aufgetragten groben Partikel aus Keramik. Solche Verbundbeschichtungen können vorteilhaft als Schaufelspitzenpanzerungen oder für Anstreifbeschichtungen von Dichtspitzen von Labyrinthdichtungen eingesetzt werden.

Zur Durchführung des Verfahrens ist eine geeignete Vorrichtung zum Flammspritzen mit einem Flammspritzbrenner und einer Pulvermaterialzuführung erforderlich, wobei gemäß der vorliegenden Erfindung in der Pulvermaterialzuführung eine Heizeinrichtung angeordnet ist und von dort aus eine wärmeisolierte Zuleitung für das Pulvermaterial zum Flammspritzbrenner verläuft.

Diese Vorrichtung hat den Vorteil, daß für ein Hochgeschwindigkeitsflammspritzen die Energieeinbringung für den Spritzwerkstoff nach Art der Energie räumlich getrennt erfolgt. Im wesentlichen wird die erforderliche kinetische Energie von dem Hochgeschwindigkeitsgasstrahl, der mit einer Geschwindigkeit zwischen 1300 und 2000 m/s aus dem Flammspritzbrenner strömt, auf den Spritzwerkstoff übertragen und die erforderliche thermische Energie durch eine vom Flammspritzbrenner räumlich getrennt angeordnete Heizeinrichtung in das Spritzgut eingebracht. Damit erhöht sich nicht nur der

Massendurchsatz durch einen herkömmlichen Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenner sondern es wird auch die Qualität der flammgespritzten Schichten in Bezug auf Dichte, Festigkeit und Thermoermüdungsbeständigkeit verbessert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung weist die Pulvermaterialzuführung eine schraubenförmig aufgerollte Förderleitung auf, die in der Heizeinrichtung angeordnet ist. Das hat den Vorteil, daß ein herkömmliches Zuführungsrohr für den Spritzwerkstoff zum Flammstritzbrenner verwendet werden kann. Ein Teil des Rohres wird dazu schraubenförmig aufgewickelt und durch einen Rührer geführt, um an den Spritzwerkstoff die notwendige thermische Energie zu übertragen. Der Rührer kann zur besseren Wärmeverteilung ein Mehrzonenofen mit Widerstandsheizwicklungen sein.

Die Heizeinrichtung ist vorzugsweise in einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Wirbelschichtwärmetauscher, mit dem besonders energiesparend und wirtschaftlich Wärme auf den Spritzwerkstoff übertragen werden kann. Eine andere bevorzugte Möglichkeit der Partikelheizung besteht bei metallischem Pulver oder metallbeschichtetem Pulver durch eine Induktionsheizung, die unmittelbar auf die Partikel einwirkt und sie zum Glühen bringt.

Vorzugsweise weist die Pulvermaterialzuführung eine wärmeisolierende Zuleitung zum Flammspritzbrenner auf. Die Wärmeisolation kann aus einem wärmeisolierenden Mantel bestehen. Das hat den Vorteil, daß das vorgeheizte Spritzgut auf dem Weg zum Flammspritzbrenner nur geringfügig an thermischer Energie verliert. Die wärmeisolierende Zuleitung kann vorzugsweise auch eine Zusatzheizung aufweisen, wodurch vorteilhaft jeglicher Wärmeverlust der Partikel auf dem Weg von der Heizeinrichtung zum Flammspritzbrenner vermieden wird. Dafür ist eine Zusatzheizung, die aus einer elektrischen Widerstandsheizung besteht besonders geeignet, da der elektrisch isolierte Widerstandsheizdraht unmittelbar auf die Zuleitung gewickelt werden kann.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren wird an Hand eines Beispiels näher erläutert.

Beispiel

Für die Beschichtung eines Werkstücks 1 (vergl. Fig. 1) mit Haftsichtmaterial aus MCrAlY-Partikeln mit einem mittleren Teilchendurchmesser von 120 µm mittels eines Hochgeschwindigkeitsflammspritzbrenners 2 bei einer Gasgeschwindigkeit von 1800 m/s wird die Oberfläche des Werkstücks 1 zunächst gereinigt und der Flammspritzbrenner so ausgerichtet, daß der Hochgeschwindigkeitsflammspritzstrahl 3 annähernd orthogonal auf die Oberfläche des Werkstücks 1 trifft. Der Flammspritzbrenner hat gemäß der Erfindung im wesentlichen die Aufgabe, das Spritzgut aus beispielsweise MCrAlY-Partikeln zu beschleunigen. Die Zuführung thermischer Energie ist von dem Flammspritzbrenner 2

räumlich getrennt. Dazu wird die Pulvermaterialzuführung 4, die aus einem hochtemperaturfesten Rohr besteht, durch eine Heizeinrichtung 5 geführt. Die Pulvermaterialzuführung 4 ist dazu in diesem Beispiel schraubenförmig zu einer Spule aufgewickelt und in einen Rohrofen 6 eingeführt. Beim Durchlaufen der Windungen 7 der Pulvermaterialzuführung 4 im Rohrofen 6 nimmt der Spritzwerkstoff, der beispielsweise unter Argon durch das Rohr gefördert wird, Wärme auf. Dabei kann der Spritzwerkstoff auf mindestens 60% seiner Schmelztemperatur aufgeheizt werden. Der auf diese Weise auf Temperaturen zwischen 100 und 1000°C aufgeheizte Spritzwerkstoff wird dann über die Zuleitung 8 dem Flamspritzenbrenner zugeführt. Die Zuleitung 8 ist von einem wärmeisolierenden Mantel 9 umgeben und weist einen Widerstandsheizdraht, der eng um die Zuleitung gewickelt ist, auf. Der Widerstandsheizdraht dient als Zusatzheizung, damit keine Wärme der Partikel auf dem Weg von der Heizeinrichtung 5 zum Flamspritzenbrenner 2 in der Zuleitung 8 verloren geht. Der Widerstandsheizdraht wird von einer geregelten Stromquelle 10 gespeist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Flamspritzen mit den Verfahrensschritten

- a) Einbringen von Pulvermaterial in einen Flamspritzenbrenner (2),
- b) Aufsprühen des Pulvers auf das zu beschichtende Substrat (1),

dadurch gekennzeichnet, daß

- c) das Pulvermaterial vor dem Einbringen in den Flamspritzenbrenner (2) aufgeheizt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufheiztemperatur des Pulvermaterials mindestens 60% der Schmelz- oder Sublimationstemperatur des Pulvermaterials beträgt.

3. Verfahren nach der Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Pulvermaterialien mit einem mittleren Teilchendurchmesser größer 50 µm eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß grobkörniges Pulver aus MCrAlY-Material eingesetzt wird, um Haftschichten auf Substraten (1) aus Ni-, Co- oder Fe-Basislegierungen aufzubringen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß grobkörniges Pulver aus grobkörnigem keramischen, vorzugsweise oxidkeramischen Pulvermaterialien eingesetzt wird, um

Verbundbeschichtungen aus keramischen Grobpartikeln und metallischer Matrix aufzubringen.

6. Vorrichtung zum Flamspritzen mit einem Flamspritzenbrenner (2) und einer Pulvermaterialzuführung, dadurch gekennzeichnet, daß in der Pulvermaterialzuführung (4) eine Heizeinrichtung (6) angeordnet ist und von dort aus eine wärmeisolierte Zuleitung (8) für das Pulvermaterial zum Flamspritzenbrenner (2) verläuft.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulvermaterialzuführung (4) eine schraubenförmig aufgerollte Förderleitung (7) aufweist, die in der Heizeinrichtung (6) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (6) ein Wirbelschichtwärmetauscher ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (6) zur Aufheizung metallischer Pulver oder metallbeschichteter Pulver eine Induktionsheizung umfaßt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulvermaterialzuführung (4) eine wärmeisolierende Zuleitung zum Flamspritzenbrenner mit Zusatzheizung aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzheizung eine elektrische Widerstandsheizung (10) ist.

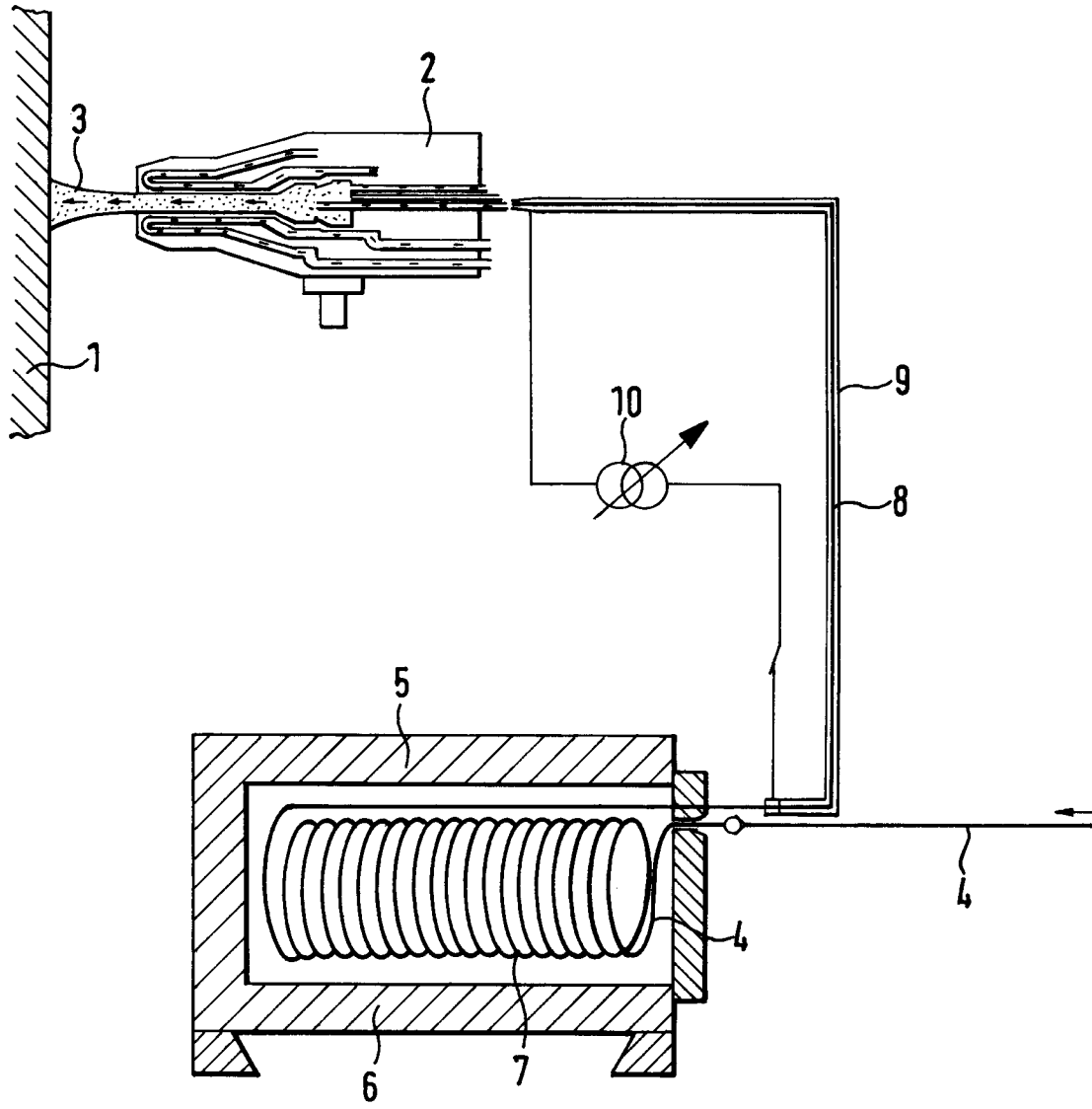


FIG.1



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 11 1760

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US-A-2 427 448 (GAETANO DUCCINI) * Spalte 3, Zeile 21 - Zeile 45 * * Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 12; Ansprüche 1-4 * * Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 8 * ---	1,4-6,8	C23C4/12
Y	FR-A-2 681 538 (L' AIR LIQUIDE) * Ansprüche 1-9; Abbildung 1 * ---	1,6	
Y A	US-A-3 839 618 (ERICH MUEHLBERGER) * Spalte 2, Zeile 1 - Zeile 55; Ansprüche 1,14; Abbildung 1; Beispiele 1-4 * ---	1,6 2-5	
A	FR-A-1 097 640 (TECMA ETABLISSEMENT) * Seite 7, Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 23 * -----	1,6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C23C B05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
DEN HAAG		14.November 1995	
		Prüfer	
		Elsen, D	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)