



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 393 241 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1586/86

(51) Int.Cl.⁵ : B23K 26/14

(22) Anmeldetag: 11. 6.1986

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 2.1991

(45) Ausgabetag: 10. 9.1991

(56) Entgegenhaltungen:

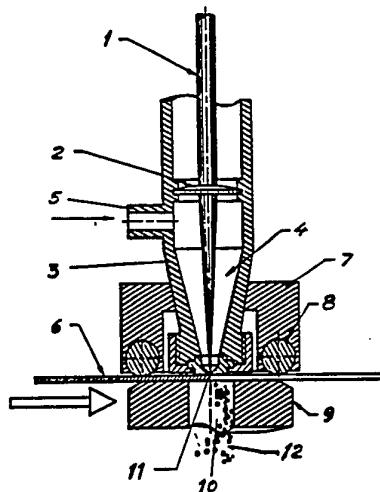
DD-PS 156953 DD-PS 224793 DE-AS2343476 GB-PS1557602
GB-PS2064399 GB-PS2163692

(73) Patentinhaber:

AGA AKTIEBOLAG
S-181 81 LIDINGÖ (SE).

(54) VERFAHREN ZUM LASERSCHNEIDEN VON METALLISCHEN WERKSTÜCKEN

(57) Verfahren zum Laserschneiden metallischer Werkstücke aus hochlegiertem oder rostfreiem Material, bei welchem zur Vermeidung der Grat- und Schlackebildung in dem Brennschnittspalt und der Gewährleistung guter Schweißbarkeit sowie gelegentlich zur Ermöglichung hoher Schnittgeschwindigkeiten ein Schneidgas verwendet wird, welches wenigstens ein aktives Gas, wie z.B. Sauerstoff, enthält, wobei dem Schneidgas wenigstens ein im wesentlichen inertes Gas, z.B. He, N₂, Ar, CO₂ oder eine Mischung solcher Gase, zugemischt wird, welches bzw. welche nur geringe Neigung zur Reaktion mit dem Material des Werkstückes haben, und wobei die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 35 und 60 % des gesamten Schneidgasgehaltes liegt.



AT 393 241 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserschneiden metallischer Werkstücke aus hochlegiertem oder rostfreiem Material, bei welchem zur Vermeidung von Grat- und Schlackebildung in dem Brennspalt und der Gewährleistung guter Schweißbarkeit sowie gelegentlich zur Ermöglichung hoher Schnittgeschwindigkeiten ein Schneidegas verwendet wird, welches wenigstens ein aktives Gas, wie z. B. Sauerstoff, enthält.

5 Wie in der Metallbearbeitung gut bekannt ist, wird das Laserschneiden normalerweise so durchgeführt, daß ein Laserstrahl auf das zu schneidende metallische Werkstück fokussiert wird. Gleichzeitig wird ein Schneidegas, normalerweise Sauerstoff, durch eine Düse auf das Werkstück geblasen. Bei einer Laserschneideeinrichtung wird ein Laserstrahl aus, beispielsweise, einem CO₂-Laser, mittels einer Linse durch eine Düseneinrichtung auf ein Werkstück, beispielsweise eine Metallplatte oder eine -folie, fokussiert. Das Schneidegas, Sauerstoff, wird durch eine Einlaßleitung in eine Speicherkammer geführt und wird koaxial mit dem Laserstrahl durch eine Düsenmündung hinaus gegen das Werkstück gedrückt. Die Düseneinrichtung ist in einem Trägerglied angeordnet, worin Lagerkugeln drehbar gelagert sind, welche auf dem Werkstück, der Metallplatte, aufliegen. Unterhalb der Metallplatte ist ein Tragorgan für die Platte angeordnet, das mit einer Öffnung unterhalb der Düseneinrichtung versehen ist. Die Metallplatte bewegt sich während des Schneidevorganges in einer vorgegebenen Richtung und kann während dieser Bewegung auf einem, beispielsweise beweglichen, Koordinaten-Schneidetisch angeordnet sein.

Der Zweck des Schneidegases - des Sauerstoffes - ist zweifach:

a) Die Linse in der Schneidevorrichtung ist gegen Sprühteilchen und die während des Schneidevorganges erzeugte Schlacke zu schützen und

20 b) geschmolzenes Material und Schlacke aus dem Schnitt, welcher als Ergebnis des Schneidevorganges gebildet wird, ist auszuwerfen.

Bei dieser Arbeitsweise werden das geschmolzene Material und die Schlacke durch die Öffnung in dem Tragorgan ausgeworfen. Wenn die zu schneidende Platte aus Kohlenstoffstahl oder aus rostfreiem Stahl besteht, hat der Sauerstoff einen weiteren Zweck zu erfüllen, nämlich mit dem Stahl chemisch zu reagieren und dadurch Wärme zu erzeugen, welche den Schneidevorgang erleichtert. So hat das Laserschneiden abgesehen von dem Schmelzen der Platte durch die Wirkung des Laserstrahles auch eine Stahlverbrennung von der Art wie sie bei herkömmlichen Brennschneiden auftritt, zur Folge.

Bisher bekannte Methoden haben die Verwendung eines Schneidegases gefordert, welches so gut wie zu 100 % aus Sauerstoff bestand, da ein solches Schneidegas die besten Ergebnisse in bezug auf erzielbare Schneidegeschwindigkeiten und annehmbare Schnitteigenschaften liefert. Die hiebei beobachtete Qualität ist abhängig von mehreren Parametern. Unter diesen sind zu erwähnen: Die Schneidegeschwindigkeit, der Schneidegasdruck (d. h. der Gasdruck in der Düse), der Düsendurchmesser (d. h. der Lochdurchmesser in der Düsenmündung), der Düsenabstand (d. h. der Abstand zwischen der Düsenmündung und dem Werkstück) und schließlich die Laserleistung. Allgemein kann gesagt werden, daß ein erhöhter Schneidegasdruck eine erhöhte Schneidegeschwindigkeit ergibt. Jedoch muß der Schneidegasdruck im Hinblick auf solche Faktoren wie die Fokussierungslinse begrenzt werden. Das Laserschneiden mit reinem Sauerstoff als Schneidegas umfaßt jedoch gewisse Nachteile, insbesondere in Verbindung mit dem Schneiden von rostfreiem Stahl. Während des Schmelzens des Materials werden in dem Werkstück Oxide gebildet. Diese Oxide werden zusammen mit geschmolzenem Material durch den Schnitt nach außen geblasen. Ein Teil der Oxide und des geschmolzenen Materials wird jedoch an der Unterseite des Schnittes als Grate abgelagert. Diese Grate können insbesondere bei hochlegiertem Stahl schwierig zu entfernen sein. Beim Schneiden mit reinem Sauerstoff als Schneidegas wird die geschmolzene Zone mit Schlacke gemischt werden, d. h. es entsteht ein Gemisch von Oxiden aus dem Werkstück. Die Schlackeflocken in dem Schnitt können zu Problemen bei nachfolgendem Schweißen Anlaß geben. Eine Metallplatte, welche mit reinem Sauerstoff als Schneidegas geschnitten wird, kann so eine Schmelzverbindung ergeben, welche Schlacketaschen enthält, die schwierig zu entfernen sind. Eine Methode zum Vermeiden der Schwierigkeiten, die der Oxidbildung und nachfolgenden Gratbildung und Schlackebildung innewohnen, kann darin liegen, den Sauerstoff in dem Schneidegas durch ein inertes Gas zu ersetzen. Dies führt jedoch zu einer erheblichen Verminderung der Schneidegeschwindigkeit. Daher ist ein solches Verfahren mit verschiedenen Nachteilen behaftet.

50 Es ist bereits das Laserschneiden reaktiver Metalle, insbesondere das Schneiden von Zirkonium und ähnlicher Werkstoffe, bekannt, wobei ein Schneidgasgemisch mit einer Sauerstoffkonzentration von 25 bis 35 % eingesetzt wird. Dem bekannten Verfahren liegt ein völlig anderes Prinzip zugrunde, nämlich die Bearbeitung reaktiver Metalle, wogegen sich das Verfahren der eingangs genannten Art auf das Schneiden nicht reaktiver Metalle bezieht; es sollen nämlich strukturell homogene metallische Werkstücke aus hochlegiertem, rostfreiem Material bearbeitet werden, sodaß aus dem bekannten Verfahren gewonnene Erkenntnisse auf das vorliegende Verfahren keinerlei Rückschlüsse gezogen werden können.

55 Es ist auch ein Kombinationsmundstück bekannt, das sowohl für Laserschneiden als für Laserschweißen geeignet ist. Dabei ist ein Gaskontrollsysteum beschrieben, das jedoch kein Gasmischungsgerät, sondern nur Umschaltventile aufweist. Bei diesem Gaskontrollsysteum wird mittels der Umschaltventile das Umschalten von Sauerstoff auf Argon und umgekehrt erreicht. Eine Mischung der Gase ist nicht vorgesehen.

60 Weiters ist auch ein Schutzgas für Laserschweißen bekannt, das eine größere Eindringtiefe als Argon hat,

welches aus einer Mischung aus Sauerstoff und Helium besteht. Das vorliegende Verfahren betrifft jedoch ein Schneidgas und kein Schweißgas. Die Gase haben somit während der Materialbearbeitung völlig andere Aufgaben zu erledigen.

Weiters sind noch einige Materialbearbeitungsverfahren bekannt, bei welchen Inertgas und Sauerstoff abwechselnd eingesetzt werden. Eine Mischung der Gase ist nicht erwähnt.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem den vorher angeführten Nachteilen und Beeinträchtigungen begegnet werden kann.

Erfundungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß dem Schneidegas, wenigstens ein im wesentlichen inertes Gas, wie beispielsweise He, N₂, Ar, CO₂ oder eine Mischung solcher Gase zugemischt wird, welches bzw. welche nur geringe Neigung zur Reaktion mit dem Material in dem Werkstück haben, und daß die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 35 und 60 % des gesamten Schneidegasgehaltes liegt.

Das Wesen der vorliegenden Erfundung und deren Aspekte werden anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Laserschneidevorrichtung. Fig. 2 und 3 veranschaulichen als Diagramm die Schneidegeschwindigkeit als Funktion der Sauerstoffkonzentration in dem Schneidegas in einem typischen Schneidegasgemisch.

In Fig. 1 weisen die einzelnen Teile der Einrichtung folgende Bezugszahlen auf: Ein Laserstrahl (1) aus, beispielsweise, einem CO₂-Laser, wird mittels einer Linse (2) durch eine Düseneinrichtung (3) auf ein Werkstück (6), beispielsweise eine Metallplatte oder eine -folie, fokussiert. Das Sauerstoff enthaltende Schneidegas wird durch eine Einlaßleitung (5) in eine Speicherkammer (4) geführt und wird koaxial mit dem Laserstrahl (1) durch eine Düsenmündung (11) hinaus gegen das Werkstück (6) gedrückt. Die Düseneinrichtung (3) ist in einem Trägerorgan (7) angeordnet, worin Lagerkugeln (8) drehbar gelagert sind, an welchen das Werkstück (6), die Metallplatte, von unten in Anlage gehalten ist. Ein Tragorgan (9) ist als Auflage der Unterseite der Metallplatte vorgesehen und ist mit einer Öffnung (10) unterhalb der Düseneinrichtung (3) versehen. Die Metallplatte (6) bewegt sich während des Schneidevorganges in einer vorgegebenen Richtung und kann während dieser Bewegung auf einem, beispielsweise beweglichen, Koordinaten-Schneidetisch angeordnet sein.

Durch das Schneidegas wird die Linse (2) in der Schneidevorrichtung gegen Sprühteilchen und während des Schneidevorganges erzeugte Schlacke (12) geschützt. Weiters wird geschmolzenes Material und Schlacke (12) aus dem Schnitt, welcher als Ergebnis des Schneidevorganges gebildet wird, durch die Öffnung (10) in dem Tragorgan (9) ausgeworfen.

Bei Versuchen wurden He, N₂, Ar und CO₂ als inerte Zusatzgase verwendet. Um das bestmögliche Ergebnis mit Bezug auf die Schneidegeschwindigkeit und Schnittqualität zu erzielen, ist es wesentlich, daß geeignete Werte für die örtliche Lage der Linse, den Durchmesser der Düsenmündung und den Abstand zwischen der Düsenmündung und dem Werkstück ausgewählt werden müssen. Weiters sollte ein geeigneter Schneidegasdruck in der Düse und ein geeignetes Gemisch von aktiven und inerten Gasen in dem Schneidegas angewendet werden. In einem CO₂-Laser sollte eine Leistung von mehr als 400 W angewendet werden. Der Düsendurchmesser kann in der Größenordnung zwischen 0,8 und 1,2 mm sein und der Düsenabstand kann in der Größenordnung zwischen 0,25 und 0,60 mm sein. Der Schneidegasdruck in der Düse sollte im Bereich zwischen 2 und 5 bar liegen. Bei Spezialdüsen kann ein höherer Schneidegasdruck angewendet werden, in welchen Fällen der Druck 7 bar überschreiten kann.

Das Schneidegasgemisch, d. h. das Gemisch von Sauerstoff und einem inerten Gas, sollte, wie vorher erwähnt, so sein, daß die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 35 und 60 %, bezogen auf den gesamten Schneidegasgehalt, liegt, wobei als inertes Gas eines der inerten Gase Re, N₂, Ar oder CO₂ verwendet wird.

Wenn dabei He als inertes Gas gewählt wird, sollte die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 45 und 60 %, bezogen auf den gesamten Schneidegasgehalt, liegen. Wenn irgendeines der anderen vorerwähnten Gase, N₂, Ar oder CO₂ als inertes Gas gewählt wird, sollte die Sauerstoffkonzentration im Bereich zwischen 40 und 60 %, bezogen auf den gesamten Schneidegasgehalt, liegen.

Schneideversuche wurden durchgeführt an Werkstücken in Form von Platten von unterschiedlicher Dicke und von unlegierten und hochlegierten (beispielsweise rostfreiem Stahl) Materialien. Die Versuche wurden bei verschiedenen Düsenabständen durchgeführt, wobei die besten Schneideergebnisse bei geringstmöglichen Düsenabständen erzielt wurden. Als praktischer Hinweis können 0,3 mm erwähnt werden. Als praktischer Hinweis für die Öffnung in der Düsenmündung kann ein Durchmesser von 0,8 mm angegeben werden. Bei den Versuchen wurden die Schneidegeschwindigkeit, der Gasdruck und die örtliche Lage der Linse jeweils für Plattendicke und Schneidegasgemisch variiert, um die besten Schneidebedingungen festzulegen.

Die Versuche zeigen, daß im allgemeinen die Schneidegeschwindigkeit fällt, wenn der Sauerstoffgehalt in dem Schneidegas vermindert wird. Bei jedem betreffenden Versuch wurde die höchste Schneidegeschwindigkeit bei der bestmöglichen Schnittqualität bestimmt für Schneidegasgemische bestehend aus Sauerstoff im Gemisch mit He, N₂, Ar und CO₂. Zuerst ist es die Größe der Grade in dem Schnitt, welche entscheidend ist für die Beurteilung der Schnittqualität. Die Fig. 2 und 3 zeigen die Schneidegeschwindigkeit als eine Funktion der

Sauerstoffkonzentration in dem Schneidegas, wobei das Schneidegas mit He gemischt wurde. Fig. 2 zeigt diese Beziehungen beim Schneiden einer Platte aus rostfreiem Stahl von 0,5 mm Dicke und Fig. 3 zeigt diese Beziehungen beim Schneiden einer Platte aus rostfreiem Stahl von 1,0 mm Dicke. Diese Kurven zeigen typische Beispiele für die Beziehung zwischen Schneidegeschwindigkeit, Sauerstoffkonzentration und Schnittqualität.

5 Kurven von ähnlichem Aussehen werden für die anderen vorerwähnten Gase erhalten.

Es zeigen die Fig. 2 und 3, daß die Kurve der Schneidegeschwindigkeit einen Nadir bei einem Sauerstoffgehalt von 90 % hat und daß die Kurve hernach ansteigt als Reaktion auf einen verminderen Sauerstoffgehalt. Bei einem Heliumgemisch in dem Schneidegas wird eine maximale Schneidegeschwindigkeit bei einer Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 45 und 75 % erzielt, wobei jedoch unter Bedachtnahme auf die Schnittqualität die Sauerstoffkonzentration 60 % nicht übersteigen soll. In den Fig. 2 und 10 3 wurde auch die Schneidegeschwindigkeit bei einem 100 % Heliumgemisch eingezeichnet. Hier beträgt die Schneidegeschwindigkeit nur etwa 0,5 m/min, ein Wert, welcher ganz unannehmbar ist. Dies betont die 15 Wichtigkeit der Gegenwart von Sauerstoff in dem Schneidegas für das Laser-Schneideverfahren. Soweit die Schnittqualität betroffen ist, wird eine beachtliche Verbesserung erzielt, insbesondere für Material aus rostfreiem Stahl, bei der Verwendung eines Mischgases als Schneidegas. Dies kommt daher, daß an dem unteren Rand des Schnittes ein Grat erzeugt wird, wenn bei dem Schneidevorgang reiner Sauerstoff verwendet wird. Dieser Grat kann schwierig zu entfernen sein. Dies bezieht sich auch auf Gasgemische mit einem Sauerstoffgehalt in der 20 Größenordnung von 90 bis 100 %. Der Bereich von 80 bis 90 % ist ein Übergangsbereich, worin der Grat beginnt, die Form eines groben Schrotes anzunehmen. Dies zeigt sich sogar deutlicher bei Sauerstoffgehalten von weniger als 70 %. Hier befinden sich die Grade in Form von grobem Schrot entlang des Schnittes, grober Schrot, welcher, beispielsweise, unter Verwendung einer Bürste leicht entfernt werden kann. Daher ist die Verbesserung der Schnittqualität eine Rückwirkung der vorher erwähnten Erhöhung der Schneidegeschwindigkeit.

Es war möglich, eine weitere Verbesserung der Schnittqualität bei der Verwendung eines Mischgases als Schneidegas auf Grund von metallurgischen Überprüfungen, ausgeführt unter Anwendung von 25 Elektronenmikroskopie, vorzunehmen. Beim Schneiden unter Verwendung eines Mischgases wurde gefunden, daß die geschrmolzene Zone in dem Schnitt kleiner ist und daß die Zone keine eingebetteten Schlackeflocken enthält. Beim nachfolgenden Schweißen von, beispielsweise, einer Platte aus rostfreiem Stahl, erhält dann die Schweißnaht eine blanke, glatte Oberfläche.

Durch Verwendung eines Schneidegases beim Laserschneiden, welches aus einem Mischgas besteht, das aus 30 einem aktiven Gas, Sauerstoff, und einem inertem Gas, wie He, N₂, Ar oder CO₂, besteht, worin die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung von zwischen 35 und 60 %, bezogen auf den gesamten Schneidegasgehalt, liegt, kann das Schneiden sowohl in unlegierten als auch in hochlegierten Werkstücken unter annehmbaren Bedingungen durchgeführt werden. Während eine geringere Schneidegeschwindigkeit erzielt wird, wird eine bessere Schnittqualität erzielt. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein Schnitt erzielt, worin die 35 Grade entweder ganz fehlen oder sehr einfach entfernt werden können. Es kommen auch keine Schlacketaschen in der Schnittfläche vor, was ein beachtlicher Vorteil bei einem nachfolgenden Schweißvorgang ist.

40

PATENTANSPRUCH

45

Verfahren zum Laserschneiden metallischer Werkstücke aus hochlegiertem oder rostfreiem Material bei welchem 50 zur Vermeidung der Grat- und Schlackebildung in dem Brennschnittspalt und der Gewährleistung guter Schweißbarkeit sowie gelegentlich zur Ermöglichung hoher Schnittgeschwindigkeiten ein Schneidegas verwendet wird, welches wenigstens ein aktives Gas, wie z. B. Sauerstoff, enthält, dadurch gekennzeichnet, daß dem Schneidegas wenigstens ein im wesentlichen inertes Gas, z. B. He, N₂, Ar, CO₂ oder eine Mischung solcher Gase, zugemischt wird, welches bzw. welche nur geringe Neigung zur Reaktion mit dem Material des Werkstückes haben, und daß die Sauerstoffkonzentration in der Größenordnung zwischen 35 und 60 % des gesamten Schneidegasgehaltes liegt.

60

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

Ausgegeben

10. 09.1991

Int. Cl.⁵: B23K 26/14

Blatt 1

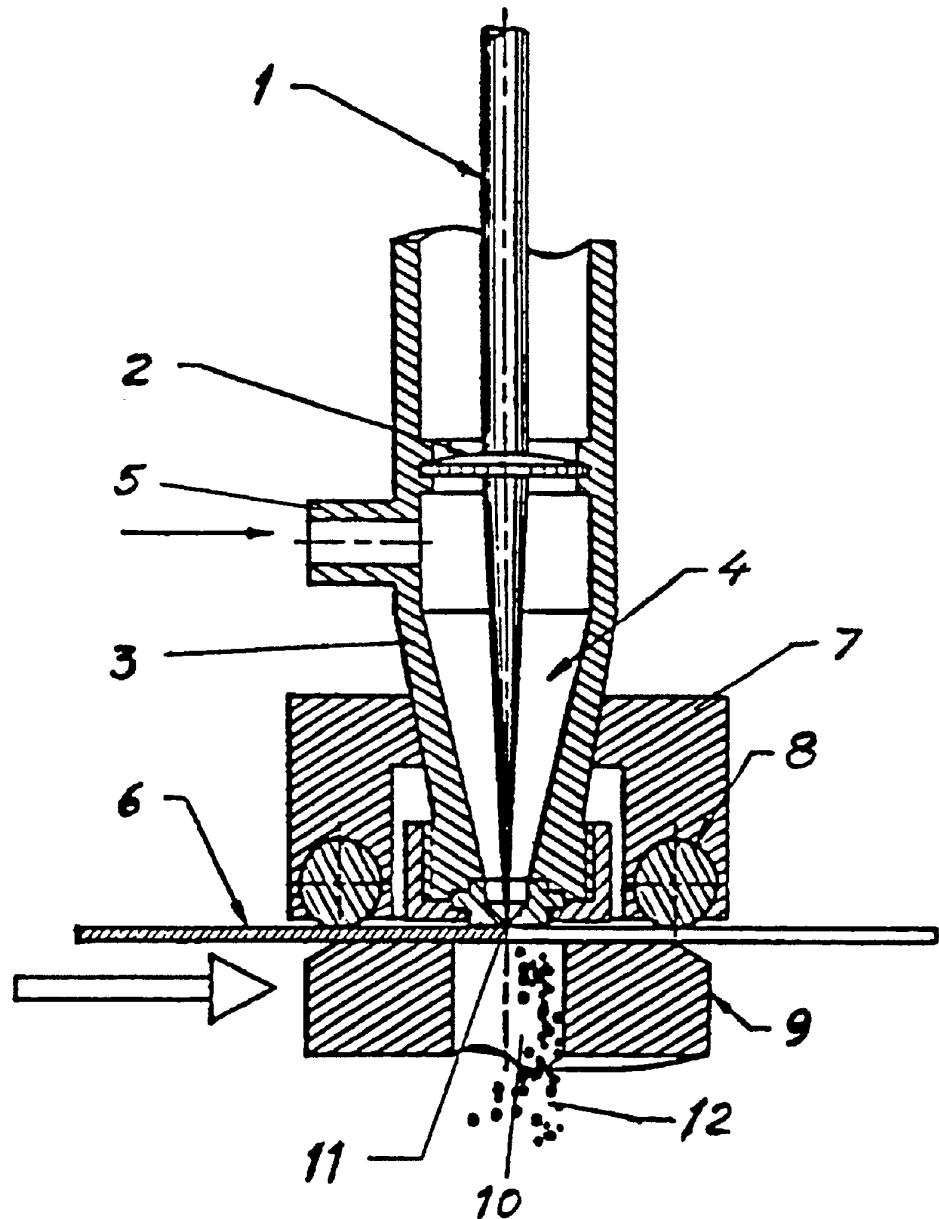


Fig 1

Ausgegeben

10. 09.1991

Blatt 2

Int. Cl. 5: B23K 26/14

