

①②

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②② Date de dépôt : 26.05.98.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.12.99 Bulletin 99/48.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *TECHNOGENIA Société anonyme — FR.*

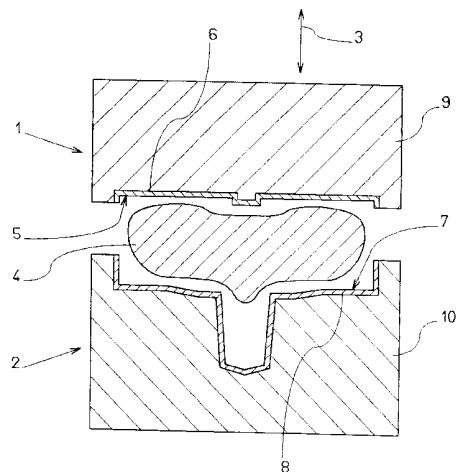
⑦② Inventeur(s) : DEZERT DIDIER, DUCOIN FRANCK et MAYBON GUY.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PONCET.

⑤④ PROCÉDE DE FABRICATION D'OUTILS DE FORGEAGE A CHAUD, ET OUTILS OBTENUS PAR CE PROCÉDE.

⑤⑦ Selon l'invention, un outil de forgeage à chaud est réalisé par dépôt par fusion d'alliage (s) métallique (s) à haute résistance à chaud (8) sur un substrat (10), au moyen d'un laser de puissance. On peut avantageusement utiliser des superalliages à base de cobalt ou de nickel. Les outils de forgeage à chaud ainsi réalisés présentent une durée de vie nettement supérieure à celle des outils réalisés par les procédés de rechargement traditionnels.



FR 2 779 074 - A1



PROCEDE DE FABRICATION D'OUTILS DE FORGEAGE A CHAUD,  
ET OUTILS OBTENUS PAR CE PROCEDE

La présente invention concerne les outillages de forgeage à chaud, notamment les matrices et poinçons de forgeage à chaud, 5 utilisés pour former une pièce métallique par déformation plastique à chaud du matériau à forger. La déformation plastique du matériau s'effectue généralement par utilisation successive d'outils de mise en forme, d'outils d'ébauche, et d'outils de finition.

Les outils de forgeage à chaud supportent des 10 sollicitations mécaniques, thermiques et tribologiques élevées, susceptibles de dégrader rapidement les outils. Les sollicitations mécaniques sont induites par l'opération de déformation plastique du matériau à forger, et peuvent être de l'ordre de 600 à 800 MPa en estampage. Les sollicitations thermiques sont généralement 15 caractérisées par un choc thermique brutal lors du contact de l'outil avec le métal à forger. En estampage, le pic de température peut atteindre, en surface, 650°C à 750°C, voir plus dans le cas de forgeage difficile. Les sollicitations tribologiques sont provoquées par le déplacement sous pression du métal forgé sur les 20 surfaces actives de l'outil.

Ces sollicitations produisent en général une déformation plastique de l'outil lui-même, en superficie ou dans la masse, une usure, et une fatigue thermique se traduisant notamment par des craquelures ou fissurations. Ces altérations des outillages 25 concernent principalement les surfaces actives des outils qui sont simultanément portées à haute température et soumises à des sollicitations mécaniques intenses. Ces altérations représentent les causes les plus fréquentes de mise hors service des outillages.

Pour augmenter la résistance de l'outil à ces différentes 30 sollicitations, on peut tenter de réaliser l'outil dans un alliage présentant des qualités supérieures. Cependant, la réalisation d'outils massifs en alliages à haute résistance mécanique à chaud a l'inconvénient d'un coût élevé. De plus, l'approvisionnement de la matière première sous forme de barres ou de ronds de dimensions 35 adaptées constitue un épineux problème.

Pour pallier ces inconvénients, on peut imaginer de réaliser une couche superficielle d'outil en alliages métalliques à

haute résistance à chaud, notamment en superalliages tels que ceux utilisés pour la réalisation de pièces métalliques réfractaires. Il est alors naturel de préférer les méthodes de rechargement les plus simples permettant de réaliser à moindre coût un dépôt par fusion  
5 d'alliages métalliques sur un substrat. Ces procédés classiques de rechargement métallique consistent à faire fondre un cordon ou une baguette de matériau d'apport au moyen d'un chalumeau oxyacétylénique, ou à l'arc électrique, ou par des procédés à l'arc électrique connus sous les vocables TIG ou MIG. Ces procédés sont  
10 manuels, l'utilisateur déplaçant à la main le point de rechargement pour couvrir progressivement la surface à recharger. De tels procédés sont a priori bien adaptés à la fabrication d'outils de forgeage à chaud, qui sont des pièces relativement rustiques et massives.

15           Lorsqu'on utilise les outils de forgeage à chaud à couches superficielles en superalliages déposées par les procédés traditionnels de soudure de baguette par chalumeau oxyacétylénique ou par arc électrique, ou par les procédés connus sous les vocables TIG ou MIG, on constate que leur durée de vie est de 4 à 5 fois  
20 supérieure à celle d'un outil homogène réalisé en acier nitruré, quel que soit le procédé classique de dépôt de superalliages utilisé. Cette amélioration résulte des propriétés des superalliages utilisés.

Toutefois, dans un contexte concurrentiel de plus en plus  
25 sévère, les forgerons sont amenés à baisser leur coût de fabrication, notamment en réduisant la part d'outillage dans le prix de revient des pièces forgées. A cet effet, une augmentation de la durée de vie des outillages reste un problème essentiel. Un autre problème est la réduction du coût de réalisation des  
30 outillages.

La présente invention résulte de l'observation d'un effet inattendu lorsque des outils de forgeage à chaud sont réalisés par fusion d'alliages métalliques à haute résistance à chaud sur un substrat au moyen d'un laser de puissance. On constate en effet que  
35 la durée de vie de tels outils de forgeage à chaud peut se trouver augmentée de plus de 30 %, par rapport à la durée de vie des mêmes outils dans lesquels les mêmes alliages métalliques à haute

résistance à chaud sont déposés au moyen des procédés traditionnels de soudure.

Ainsi, pour augmenter la durée de vie des outils de forgeage à chaud, la présente invention prévoit un procédé de fabrication d'outils de forgeage à chaud par dépôt par fusion d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud sur un substrat, caractérisé en ce que la fusion du ou des alliages métalliques à haute résistance à chaud est effectuée au moyen d'un laser de puissance.

10 Rien ne laissait a priori entrevoir un quelconque intérêt d'un procédé de rechargement par laser d'alliage métallique à haute résistance à chaud pour réaliser un outil de forgeage à chaud. En effet, un procédé de rechargement métallique par fusion au moyen d'un laser de puissance est a priori moins bien adapté que les  
15 procédés de rechargement classiques pour la fabrication de pièces massives et rustiques telles que des outils de forgeage à chaud, à cause de sa complexité, de son coût de mise en oeuvre et du coût élevé de tout équipement à laser de puissance. Malgré cela et de façon surprenante, il apparaît que l'invention permet de réaliser  
20 une économie substantielle car l'augmentation sensible de la durée de vie des outils de forgeage à chaud compense largement le surcoût de fabrication de ces outils résultant du procédé de fusion au laser.

D'excellents résultats sont obtenus lorsque le ou les  
25 alliages métalliques à haute résistance à chaud sont du type superalliage à base de cobalt ou de nickel.

On pourra avantageusement choisir le ou les superalliages dans la famille des superalliages à base de nickel comprenant les superalliages connus sous les marques INCONEL 718 ou ASTROLOY.

30 On pourra également choisir le ou les superalliages dans la famille des superalliages à base de cobalt comprenant les superalliages connus sous les appellations GRADE 21 ou GRADE 6.

D'excellents résultats sont obtenus notamment avec le superalliage de cobalt connu sous l'appellation GRADE 21.

35 Un outillage de forgeage à chaud selon l'invention est ainsi caractérisé en ce qu'il comprend une couche superficielle d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud présentant

une structure cristallographique particulière qui résulte d'un dépôt effectué par fusion au laser de puissance. On pense que l'amélioration des propriétés de l'outillage de forgeage à chaud est due à une structure cristallographique plus fine résultant du refroidissement plus rapide du superalliage.

La couche superficielle d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud peut avantageusement être en superalliage à base de nickel connu sous les marques INCONEL 718 ou ASTROLOY, ou en superalliage de cobalt connu sous les appellations GRADE 21 ou GRADE 6.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation particuliers, faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquelles:

- 15 - la figure 1 illustre schématiquement, en coupe transversale, une structure d'outillage de forgeage à chaud selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;
- la figure 2 illustre un dispositif de rechargement au laser pour la fabrication d'outils de forgeage à chaud selon l'invention ; et
- 20 - la figure 3 illustre schématiquement, à plus grande échelle, une buse coaxiale de projection de poudre métallique et de faisceau laser sur une zone d'impact, selon le dispositif de rechargement au laser de la figure 2.

Dans le mode de réalisation illustré schématiquement sur la figure 1, un outillage de forgeage à chaud selon l'invention comprend un poinçon 1 et une matrice 2, destinés à être déplacés l'un par rapport à l'autre selon une direction de déplacement 3 lors de l'opération de forgeage d'une masse métallique 4 à forger. La surface active 5 du poinçon 1, destinée à être en contact avec la masse métallique 4 à forger, est la surface externe d'une couche d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud 6. De même, la surface active 7 de la matrice 2 est la surface extérieure d'une couche d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud 8.

Selon l'invention, les couches d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud 6 et 8 sont réalisées par dépôt par fusion d'un ou plusieurs alliages métalliques à haute résistance à chaud sur un substrat respectivement 9 ou 10, la fusion du ou des

alliages métalliques à haute résistance à chaud étant effectuée au moyen d'un laser de puissance. Ainsi, la couche superficielle d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud 6 ou 8 présente une structure cristallographique fine, caractéristique d'un dépôt effectué par fusion au laser de puissance.

Le ou les alliages métalliques à haute résistance à chaud peuvent avantageusement comprendre des superalliages à base de cobalt ou de nickel, avantageusement des superalliages de nickel connus sous les marques INCONEL 718 ou ASTROLOY, ou un superalliage de cobalt connu sous les appellations GRADE 21 ou GRADE 6.

Pour réaliser un outil de forgeage à chaud selon l'invention, tel qu'un poinçon 1 ou une matrice 2, on part d'un substrat 9 ou 10 présentant sensiblement la forme de l'outil définitif, et on effectue un rechargement au laser de la surface active 5 ou 7, au moyen d'un générateur de faisceau laser balayant la surface à recharger et associé à une buse de projection de poudre dirigeant sur la zone d'impact du faisceau laser une poudre à base d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud.

La figure 2 illustre schématiquement une installation de rechargement au laser qui peut être utilisée selon l'invention. Cette installation comprend un laser de puissance 20 qui délivre un faisceau 21 de lumière cohérente et monochromatique. Le faisceau laser 21 se propage dans une seule direction, de façon homogène, et présente une seule longueur d'onde. La divergence du faisceau est très faible.

Un jeu de miroirs de renvoi 22 et 23 permet de transporter le faisceau laser 21 jusque sur une tête de focalisation 24. La tête de focalisation 24 renvoie le faisceau laser 21 sur la surface à recharger du substrat 10 d'un outil tel qu'une matrice de forgeage à chaud. La tête de focalisation 24 est adaptée pour focaliser le faisceau laser 21 de façon que celui-ci frappe le substrat 10 selon une zone d'impact 25 de faible surface, par exemple une surface présentant un diamètre compris entre 0,5 et 5 mm environ.

Un distributeur de poudre 26 sert de réservoir contenant une poudre d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud destinée à former le rechargement sur le substrat 10 de la matrice.

Le distributeur de poudre 26 est adapté pour fluidifier la poudre à l'aide d'un gaz neutre tel que l'argon ou l'hélium, et pour la transporter pneumatiquement jusqu'à une buse de projection 27 par des canalisations 28 d'amenée de poudre. La buse de projection 27 est adaptée pour mettre en forme le jet de poudre fluidifiée en sortie de buse, pour produire un jet de poudre convergent venant frapper la même zone d'impact 25 du substrat 10. Le jet de poudre fluidifiée en sortie de buse doit se confondre le plus possible avec la forme du faisceau laser 21 dans la zone d'impact 25. De préférence, le jet de poudre fluidifiée est coaxial avec le faisceau laser 21 à son arrivée sur la zone d'impact 25.

Le distributeur de poudre 26 est d'un type permettant de contrôler précisément le débit massique de poudre métallique, pour obtenir une excellente reproductibilité et une régularité parfaite de débit, paramètres qui ont une influence directe sur la régularité et la qualité des rechargements obtenus. La régularité du rechargement permet de diminuer sensiblement les temps et les coûts d'usinage finaux de la surface active de l'outil. Cette régularité permet également de réduire l'épaisseur du rechargement, et donc la quantité de matière à utiliser.

Le faisceau laser est orienté pour être proche de la verticale de la surface du substrat 10 à recharger. L'orifice de sortie de la buse de projection 27 est maintenu à une distance constante de la surface à recharger, environ 10 mm. Le substrat 10 est placé sur une table 29 qui est déplacée dans le plan horizontal selon deux directions X et Y par des moyens d'entraînement pilotés par une commande numérique 30. Par ce déplacement, la zone d'impact 25 du faisceau laser et de la poudre sortant de la buse de projection 27 est déplacée progressivement et régulièrement sur la surface du substrat 10 à recharger.

Dans la zone d'impact 25, le faisceau laser 21 fait fondre la poudre d'alliage(s) métallique(s), qui se soude au substrat 10 et forme progressivement, après refroidissement, la couche d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud 8 dont la surface externe forme la surface active 7 de l'outil de forgeage à chaud.

La figure 3 illustre le rechargement progressif, par déplacement du substrat 10 dans la direction 31. Dans la zone d'impact 25, le faisceau laser 21 fait fondre la poudre d'alliage(s) métallique(s), qui se soude au substrat 10 et forme  
5 progressivement, après refroidissement, un cordon de dépôt 32. Par déplacement transversal du substrat 10, on réalise ensuite un second cordon parallèle et adjacent, et ainsi de suite jusqu'à recharge complète de la surface active.

Le laser de puissance 20 peut être un laser CO<sub>2</sub> continu, de  
10 puissance 5 kW, associé à une buse de projection 27 coaxiale dans laquelle la poudre fluidifiée de métal est amenée selon un mouvement hélicoïdal coaxial au faisceau laser. Le substrat 10 peut avantageusement être porté par un support de pièces de machine à commande numérique quatre axes, permettant les déplacements  
15 horizontaux X et Y, permettant le déplacement vertical Z par rapport à la buse de projection 27, et permettant une rotation selon un axe horizontal.

Ainsi, selon l'invention, la fusion du ou des alliages métalliques à haute résistance à chaud, pour leur dépôt par fusion  
20 sur un substrat 10 d'outil de forgeage à chaud, est effectuée au moyen d'un laser de puissance 20. Les alliages métalliques à haute résistance à chaud sont projetés sous forme de poudre sur le substrat 10 dans la zone d'impact 25 du faisceau 21 provenant du laser de puissance 20. La projection des alliages métalliques à  
25 haute résistance à chaud sous forme de poudre est effectuée au moyen d'une buse de projection 27 coaxiale autour du faisceau laser 21.

Il est important de déplacer la zone d'impact 25 du faisceau laser 21 sur le substrat 10 selon une vitesse de balayage  
30 contrôlée constante.

Le ou les alliages métalliques à haute résistance à chaud peuvent avantageusement être du type superalliage à base de cobalt ou de nickel.

Le ou les superalliages peuvent être choisis dans la  
35 famille des superalliages à base de nickel, comprenant les superalliages connus sous les marques INCONEL 718 ou ASTROLOY.

La composition de l'alliage INCONEL 718 est la suivante, en pour-cent en poids : carbone 0,038 ; chrome 18,50 ; molybdène 3,00 ; titane 0,95 ; aluminium 0,55 ; niobium 5,25 ; fer 18,00 ; le reste en nickel.

5 La composition de l'alliage ASTROLOY est la suivante, en pour-cent en poids : carbone 0,025 ; chrome 15,00 ; molybdène 5,00 ; cobalt 18,00 ; titane 3,50 ; aluminium 4,00 ; bore 0,025 ; zirconium 0,050 ; le reste en nickel.

10 D'excellents résultats ont été obtenus en utilisant un superalliage à base de cobalt connu sous l'appellation GRADE 21 dont la composition est la suivante, en pour-cent en poids : carbone 0,25 ; chrome 27,00 ; molybdène 3,00 à 5,50 ; nickel 3,00 ; le reste en cobalt.

15 En alternative ou en complément, on peut avantageusement utiliser un superalliage à base de cobalt connu sous l'appellation GRADE 6, dont la composition est la suivante, en pour-cent en poids : carbone 1,00 ; chrome 28,00 ; tungstène 4,00 ; le reste en cobalt.

20 A titre d'exemple et de comparaison, on a évalué la durée de vie de matrices de forgeage à chaud réalisées selon plusieurs techniques : le nombre de pièces forgées à l'aide de la matrice, avant mise au rebut de la matrice, a été de 30 000 pièces pour une matrice en acier nitruré de référence X 38 Cr Mo V 5 nitruré, de 120 000 pièces avec une matrice rechargée en superalliage base cobalt GRADE 21 au moyen d'un procédé de soudage à l'arc, et de 25 160 000 pièces pour une matrice rechargée en superalliage base cobalt GRADE 21 au moyen d'un laser de puissance. Ainsi, une augmentation de plus de 30 % de la durée de vie a été constatée lorsque le rechargement est effectué au moyen d'un laser de 30 puissance.

La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits, mais elle en inclut les diverses variantes et généralisations contenues dans le domaine des revendications ci-après.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé de fabrication d'outils de forgeage à chaud par dépôt par fusion d'un ou plusieurs alliages métalliques à haute résistance à chaud sur un substrat (10), caractérisé en ce que la fusion du ou des alliages métalliques à haute résistance à chaud est effectuée au moyen d'un laser de puissance (20).

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on projette le ou les alliages métalliques à haute résistance à chaud sous forme de poudre sur le substrat (10) dans la zone d'impact (25) du faisceau (21) provenant du laser de puissance (20).

3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on projette le ou les alliages métalliques à haute résistance à chaud sous forme de poudre au moyen d'une buse de projection (27) coaxiale autour du faisceau laser (21).

4 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on déplace la zone d'impact (25) du faisceau laser (21) sur le substrat (10) selon une vitesse de balayage contrôlée constante.

5 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le ou les alliages métalliques à haute résistance à chaud sont du type superalliage à base de cobalt ou de nickel.

6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le ou les superalliage(s) sont choisis dans la famille des superalliage(s) à base de nickel comprenant les superalliage(s) connus sous les marques INCONEL 718 ou ASTROLOY.

7 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le ou les superalliage(s) sont choisis dans la famille des superalliage(s) à base de cobalt comprenant les superalliage(s) connus sous les appellations GRADE 21 ou GRADE 6.

8 - Outil de forgeage à chaud, caractérisé en ce qu'il comprend une couche superficielle d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud (8) présentant une structure cristallographique d'un dépôt effectué par fusion au laser de puissance.

9 - Outil selon la revendication 8, caractérisé en ce que le ou les alliages métalliques à haute résistance à chaud comprennent des superalliages à base de cobalt ou de nickel.

5 10 - Outil selon la revendication 9, caractérisé en ce que la couche superficielle d'alliage(s) métallique(s) à haute résistance à chaud (8) est en superalliage à base de nickel connu sous les marques INCONEL 718 ou ASTROLOY, ou en superalliage de cobalt connu sous les appellations GRADE 21 ou GRADE 6.

1/3

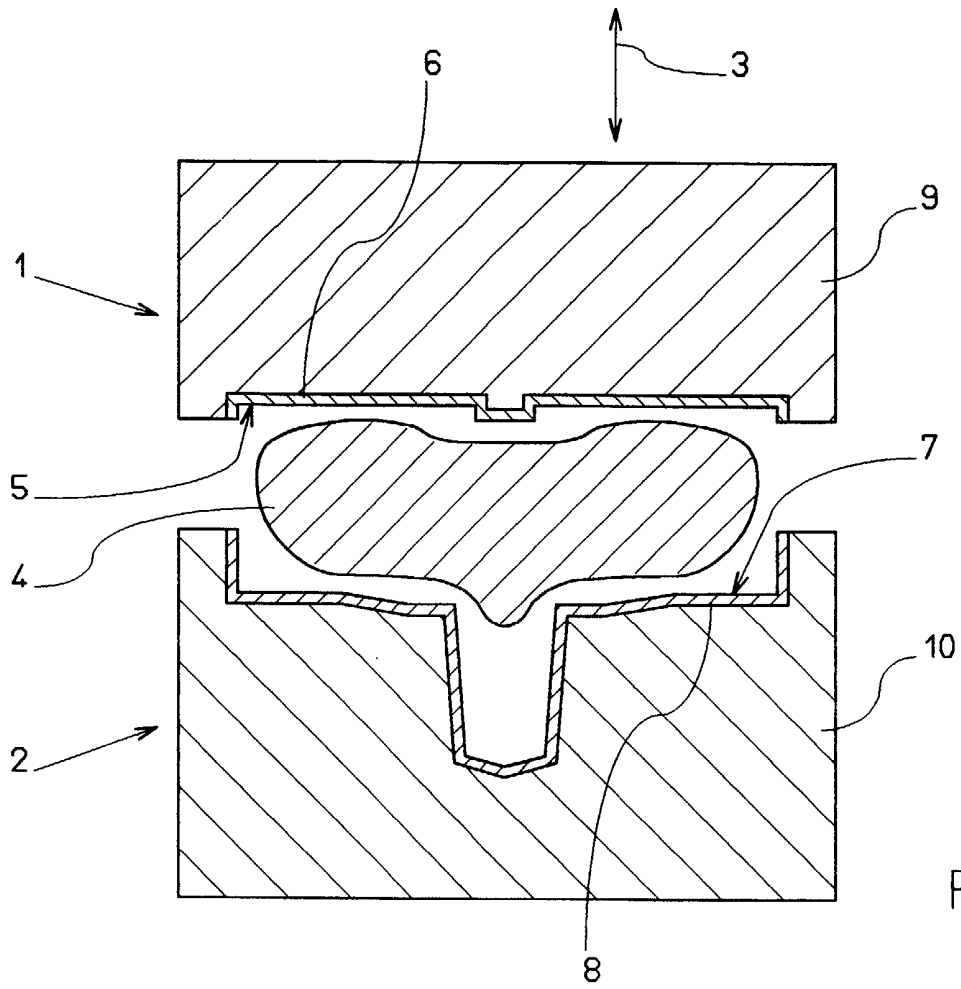
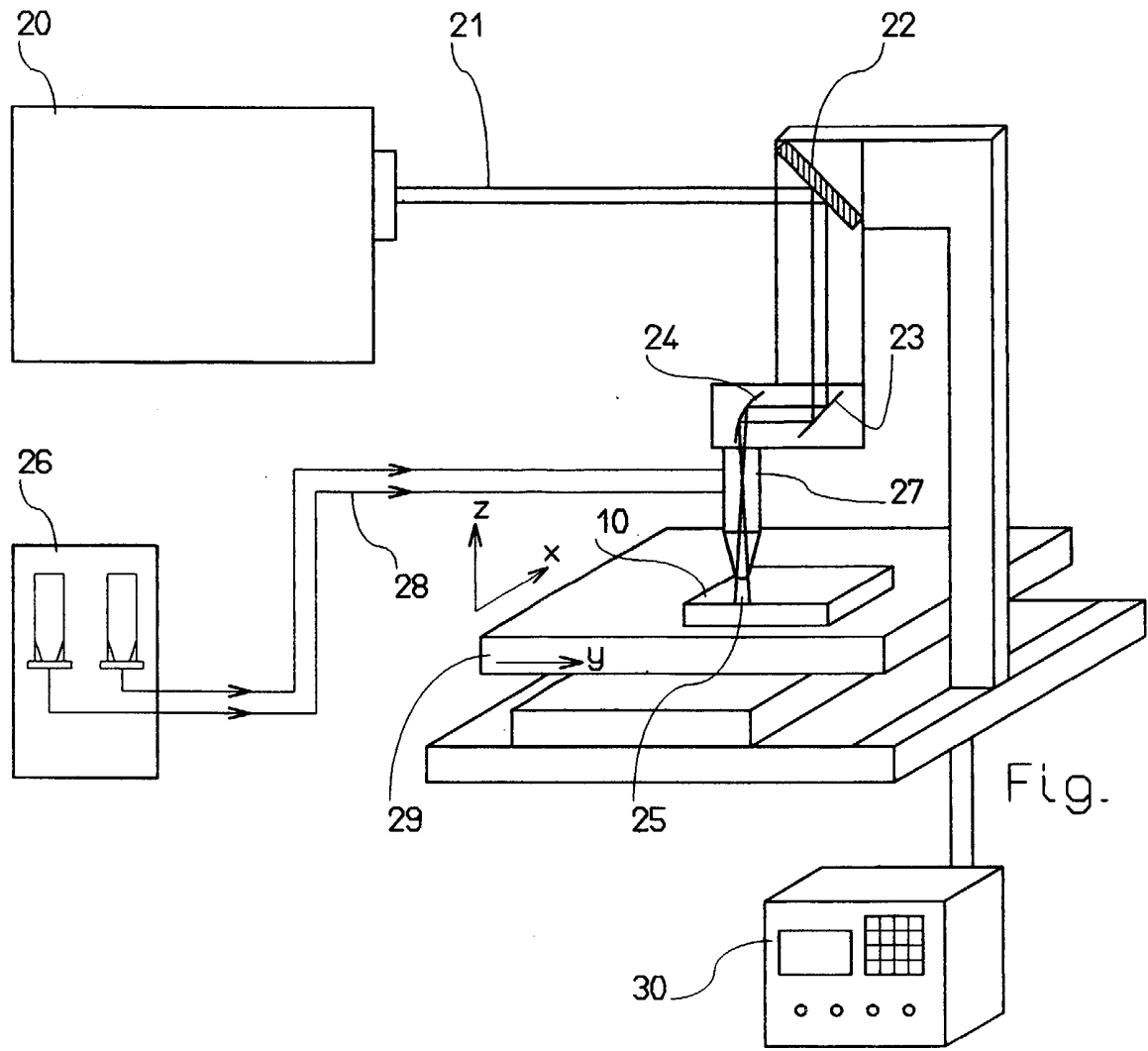


Fig. 1



3/3

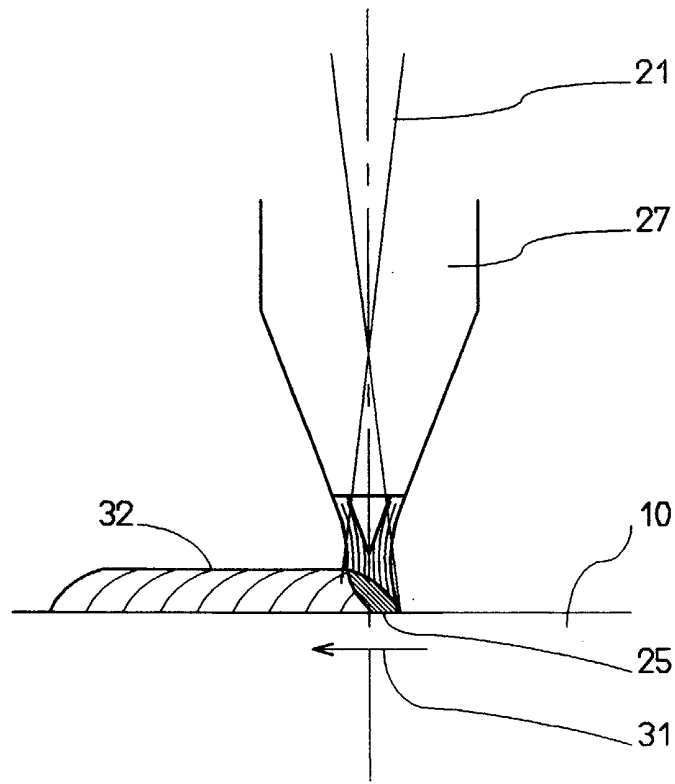


Fig. 3

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 560374  
FR 9806981

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	DE 35 19 114 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 5 décembre 1985	1,5,8,9
A	* le document en entier * ----	2
X	DE 35 05 251 A (BUENDGENS MASCHINEN VERWALTUNG) 21 août 1986	1,8
	* le document en entier * ----	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 143 (C-117), 3 août 1982 & JP 57 067117 A (TOSHIBA CORP), 23 avril 1982	1,4,8
	* abrégé * -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B23K B21J B21K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
1 mars 1999		Aran, D
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un                      autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication                      ou arrière-plan technologique général                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure                      à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date                      de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)