

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 750 067

21 N° d'enregistrement national : 96 07665

51 Int Cl<sup>6</sup> : B 23 C 3/00, B 23 Q 11/00, 11/04

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.06.96.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 26.12.97 Bulletin 97/52.

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

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET  
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION  
SNECMA SOCIETE ANONYME — FR et ETAT  
FRANCAIS REPRESENTE PAR LE DELEGUE  
GENERAL POUR L'ARMEMENT — FR.

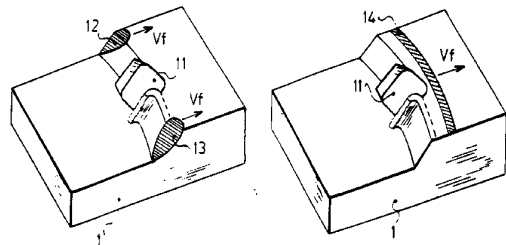
72 Inventeur(s) : THOMAS THIERRY et VIGNEAU JOEL  
OLIVIER.

73 Titulaire(s) : .

74 Mandataire : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE  
CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION  
SNECMA.

54 PROCEDE DE FRAISAGE ASSISTE PAR LASER.

57 Le procédé de fraisage, assisté par laser consiste, en  
cours de fraisage d'une pièce mécanique, à diriger au  
moins un faisceau laser sur la pièce juste en amont de l'ou-  
til de fraisage de manière à chauffer au moins une zone de  
la pièce parallèle à un profil de coupe prédéterminé, puis à  
déplacer le faisceau laser longitudinalement sur la pièce  
dans le même sens et à la même vitesse Vf que la vitesse  
d'avance de la l'outil de fraisage sur la pièce. La zone  
chauffée peut être une première étape et/ou une deuxième  
zone critique (12, 13) située juste en amont respectivement  
des points d'entrée et de sortie de l'arête de coupe de l'outil  
de fraisage dans la pièce. La zone chauffée peut égale-  
ment être une zone (14) de largeur égale à la largeur de la  
zone de coupe.



FR 2 750 067 - A1



## PROCEDE DE FRAISAGE ASSISTE PAR LASER

L'invention concerne un procédé de fraisage assisté par laser pour l'usinage des matériaux à haute résistance mécanique  
5 tels que par exemple, certains aciers, des alliages de titane, des superalliages, des céramiques.

L'usinage assisté par laser consiste à chauffer une pièce mécanique, en cours d'usinage de façon à atteindre dans la  
10 zone de coupe un niveau de température suffisant pour diminuer les propriétés mécaniques du matériau de la pièce et faciliter l'usinage.

Il est connu d'utiliser l'assistance par laser pour des  
15 opérations de tournage. En tournage, les pièces à usiner sont des pièces de révolution animées d'un mouvement de rotation. L'outil de coupe comporte une seule plaquette de coupe qui usine la pièce en continu pendant la rotation de la pièce. Le laser est relié au support de l'outil de façon que le  
20 faisceau laser se déplace en même temps que l'outil de coupe. Le point d'impact du faisceau laser sur la pièce a donc toujours la même position par rapport à la plaquette de coupe et se déplace sur la pièce à la même vitesse et dans le même sens que la vitesse de coupe. Généralement le point d'impact  
25 du faisceau laser est localisé sur le chanfrein de la zone de coupe et situé juste devant l'outil de coupe.

L'assistance par laser est rendue difficile lorsqu'il s'agit d'usiner des pièces mécaniques parallélépipédiques par  
30 fraisage. En effet, l'outil de fraisage comporte plusieurs plaquettes de coupe qui usinent alternativement la pièce pendant la rotation de l'outil de fraisage. L'usinage est discontinu et il est difficile de chauffer la pièce sur le chanfrein de la zone de coupe juste devant chaque plaquette  
35 de coupe. Un tel procédé de chauffage nécessite l'utilisation de plusieurs faisceaux laser associés à chacune des plaquettes de coupe. Par ailleurs le temps d'application de chaque faisceau laser risque d'être insuffisant suivant la géométrie de l'outil de fraisage.

Le but de l'invention est de résoudre ces problèmes et de réaliser un procédé de fraisage assisté par laser qui soit simple à mettre en oeuvre et qui permette de diminuer 5 efficacement les propriétés mécaniques du matériau de la pièce mécanique à usiner.

Pour cela, selon l'invention, le procédé de fraisage assisté par laser selon lequel une surface plane d'une pièce 10 mécanique est usinée par un outil de fraisage comportant au moins une arête de coupe mise en contact avec une zone de coupe de la pièce entre un point d'entrée et un point de sortie, l'outil de fraisage se déplaçant sur la pièce à une vitesse d'avance prédéterminée et suivant une direction 15 longitudinale parallèle à la surface plane de la pièce, caractérisé en ce qu'il consiste, en cours de fraisage, à diriger au moins un faisceau laser sur la pièce juste en amont de l'outil de fraisage de manière à chauffer au moins une zone de la pièce parallèle à un profil de coupe 20 prédéterminé, puis à déplacer le faisceau laser longitudinalement sur la pièce dans le même sens et à la même vitesse que la vitesse de l'avance de l'outil de fraisage sur la pièce.

25 Dans un premier mode de réalisation de l'invention, la zone chauffée est une zone critique située juste en amont du point d'entrée de l'arête de coupe de l'outil de fraisage dans la pièce.

30 Dans un deuxième mode de réalisation de l'invention, la zone chauffée est une zone critique située juste en amont du point de sortie de l'arête de coupe de l'outil de fraisage dans la pièce.

35 Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, la pièce mécanique est chauffée en deux zones critiques situées juste en amont des points d'entrée et de sortie de l'arête de coupe de l'outil de fraisage dans la pièce.

Dans un quatrième mode de réalisation de l'invention, la pièce mécanique est chauffée juste en amont de l'outil de fraisage sur toute une largeur de la pièce parallèle au profil de coupe prédéterminé.

5

D'autres particularités ou avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la suite de la description donnée à titre d'exemple non limitatif et faite en regard des figures annexées qui représentent :

10

- la figure 1, un schéma simplifié montrant l'usinage d'une pièce mécanique parallélépipédique par fraisage ;

15 - la figure 2, un premier exemple de chauffage d'une pièce mécanique en cours de fraisage dans lequel un faisceau laser est dirigé sur le chanfrein d'une zone de coupe ;

20 - les figures 3, 4, 5 représentent trois exemples de chauffage d'une pièce mécanique en cours de fraisage, selon différents modes de réalisation de l'invention.

Le schéma représenté sur la figure 1 montre l'usinage d'une pièce mécanique parallélépipédique 1 au moyen d'un outil de fraisage 2. L'outil de fraisage est animé d'un mouvement de 25 rotation autour d'un axe XX' perpendiculaire à la surface 4 de la pièce en cours de fraisage. L'outil de fraisage comporte plusieurs plaquettes de coupe 3 dont les arêtes de coupe sont alternativement en contact avec la pièce lorsque l'outil de fraisage tourne autour de son axe. L'usinage est 30 donc discontinu et est effectué successivement par les différentes arêtes de coupe de l'outil de fraisage. Pour usiner toute la surface 4 de la pièce mécanique 1, l'outil de fraisage se déplace sur la surface 4 à une vitesse d'avance  $v_f$  prédéterminée et suivant une direction longitudinale 35 parallèle à la surface en cours d'usinage.

La figure 2 représente un premier exemple de chauffage d'une pièce mécanique en cours de fraisage. Sur cette figure, le faisceau laser est dirigé sur le chanfrein de la zone de

coupe 10 juste devant l'arête de coupe 11. La zone chauffée se déplace à la même vitesse et dans le même sens que la vitesse de coupe  $V_c$ . Ce type de chauffage est difficile à mettre en oeuvre car il nécessite plusieurs faisceaux laser 5 associés à chacune des plaquettes de coupe. Par ailleurs, chaque faisceau laser doit se déplacer à une vitesse élevée égale à la vitesse de rotation de l'outil de fraisage de manière à toujours être localisé de la même façon par rapport à l'arête de coupe.

10

Les figures 3, 4, 5 représentent trois exemples de chauffage d'une pièce mécanique en cours de fraisage, selon différents modes de réalisation de l'invention.

15 Le type de chauffage représenté sur la figure 3 consiste à diriger le faisceau laser sur la pièce juste en amont de l'outil de fraisage et de manière à chauffer uniquement une zone critique 12 située juste en amont du point d'entrée de l'arête de coupe 11 de l'outil de fraisage dans la pièce.

20

Le point d'entrée d'une arête de coupe dans la pièce en cours d'usinage est un point critique dû à un choc mécanique.

Sous l'effet du choc mécanique dû à l'entrée de l'arête de 25 coupe dans la pièce, l'outil s'use très rapidement. En chauffant cette zone critique, les propriétés mécaniques du matériau sont diminuées en cet endroit ce qui facilite l'usinage de la pièce et diminue l'usure de l'arête de coupe.

30 Le faisceau laser est ensuite déplacé longitudinalement sur la pièce dans le même sens et à la même vitesse  $V_f$  que la vitesse de l'avance de l'outil de fraisage. La vitesse de déplacement longitudinal de l'outil de fraisage étant nettement plus faible, généralement environ cent fois plus 35 faible que la vitesse de rotation de l'outil de fraisage, le temps d'application du faisceau laser sur la zone chauffée est beaucoup plus important que dans le type de chauffage représenté sur la figure 2, ce qui permet de diminuer la puissance du faisceau laser et d'améliorer plus efficacement

les conditions d'usinage de la pièce. Par ailleurs, ce type de chauffage est plus facile à mettre en oeuvre puisqu'il ne nécessite qu'un seul faisceau laser.

5 Le type de chauffage représenté sur la figure 4 consiste à chauffer deux zones critiques 12, 13 situées juste en amont des points d'entrée et de sortie de l'arête de coupe dans la pièce. Le point de sortie de l'arête de coupe est une deuxième zone critique pour l'outil de fraisage qui est  
10 soumis, en cet endroit, à des contraintes mécaniques élevées. Ces contraintes mécaniques ont tendance à écailler l'arête de coupe et à faire des bavures sur la pièce.

Le chauffage de cette deuxième zone critique permet de  
15 faciliter et d'améliorer l'usinage de la pièce.

Ce type de chauffage nécessite l'utilisation de deux faisceaux laser dirigés respectivement vers la première et la deuxième zone critique 12, 13. Les deux faisceaux laser sont  
20 déplacés longitudinalement sur la pièce dans le même sens et à la même vitesse  $V_f$  que la vitesse de l'avance de l'outil de fraisage.

Un autre type de chauffage non représenté sur les figures consiste à chauffer uniquement la deuxième zone critique 13  
25 située en amont du point de sortie de l'arête de coupe dans la pièce. Dans ce cas un seul faisceau laser est nécessaire et est déplacé de la manière indiquée en liaison avec la figure 4.

30 Le type de chauffage représenté sur la figure 5 consiste à chauffer la pièce mécanique juste en amont de l'outil de fraisage sur une zone 14 parallèle au profil de coupe et de largeur égale à la largeur de la zone de coupe. Ce type de chauffage nécessite l'utilisation d'un seul faisceau laser de  
35 puissance plus élevée que pour les types de chauffage décrits en liaison avec les figures 3 et 4.

Ce faisceau laser est déplacé longitudinalement sur la pièce dans le même sens et à la même vitesse  $V_f$  que la vitesse d'avance de l'outil de fraisage.

5 Suivant la forme de la pièce à usiner, un type de chauffage sera choisi préférentiellement à un autre pour, par exemple, des raisons de facilité à mettre en oeuvre ou pour limiter la puissance du faisceau laser. Dans le cas d'une pièce à usiner sur une faible hauteur, il peut être avantageusement choisi  
10 de chauffer sur une zone de largeur égale à la largeur de la zone de coupe comme représenté sur la figure 5.

Si au contraire la hauteur à usiner est élevée, il est préférable de chauffer uniquement la première zone critique  
15 12 située en amont du point d'entrée de l'arête de coupe dans la pièce.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fraisage assisté par laser selon lequel une surface plane d'une pièce mécanique est usinée par un outil  
5 de fraisage comportant au moins une arête de coupe mise en contact avec une zone de coupe de la pièce entre un point d'entrée et un point de sortie, l'outil de fraisage se déplaçant sur la pièce à une vitesse d'avance prédéterminée et suivant une direction longitudinale parallèle à la surface  
10 plane de la pièce, caractérisé en ce qu'il consiste, en cours de fraisage, à diriger au moins un faisceau laser sur la pièce juste en amont de l'outil de fraisage de manière à chauffer au moins une zone de la pièce parallèle à un profil de coupe prédéterminé, puis à déplacer le faisceau laser  
15 longitudinalement sur la pièce dans le même sens et à la même vitesse que la vitesse de l'avance de l'outil de fraisage sur la pièce.

2. Procédé de fraisage assisté par laser selon la  
20 revendication 1, caractérisé en ce que la zone chauffée est une première zone critique (12) située juste en amont du point d'entrée de l'arête de coupe de l'outil de fraisage dans la pièce.

25 3. Procédé de fraisage assisté par laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que la zone chauffée est une deuxième zone critique (13) située juste en amont du point de sortie de l'arête de coupe de l'outil de fraisage dans la pièce.

30

4. Procédé de fraisage assisté par laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce mécanique est chauffée en deux zones critiques (12, 13) situées juste en amont des points d'entrée et de sortie de l'arête de coupe de  
35 l'outil de fraisage dans la pièce.

5. Procédé de fraisage assisté par laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce mécanique est chauffée juste en amont de l'outil de fraisage sur une zone



(14) parallèle au profil de coupe prédéterminé, et de largeur égale à la largeur de la zone de coupe.

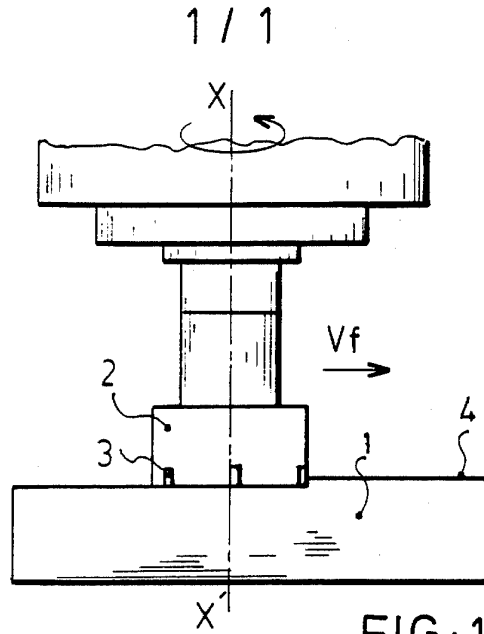


FIG:1

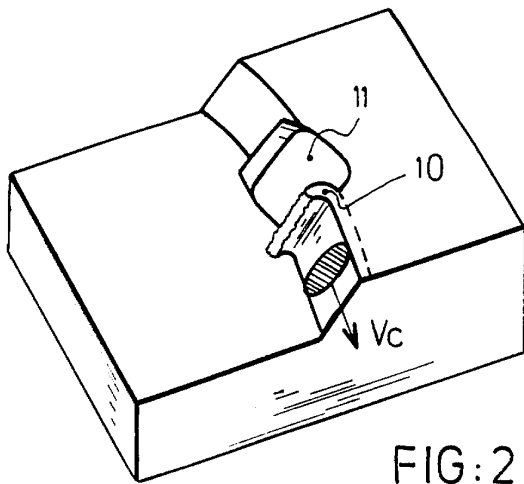


FIG:2

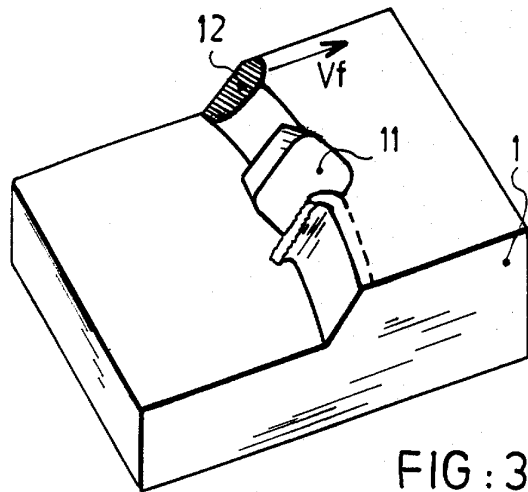


FIG:3

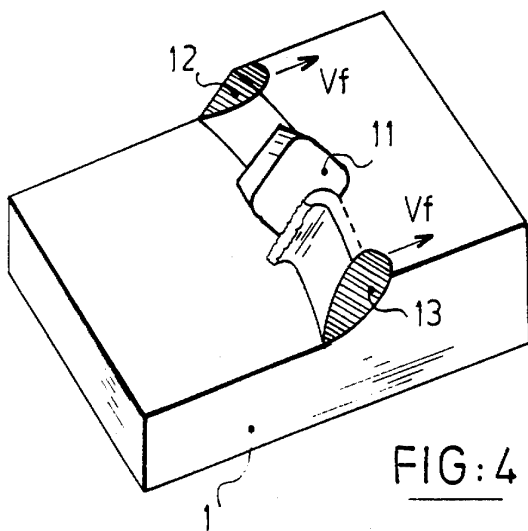


FIG:4

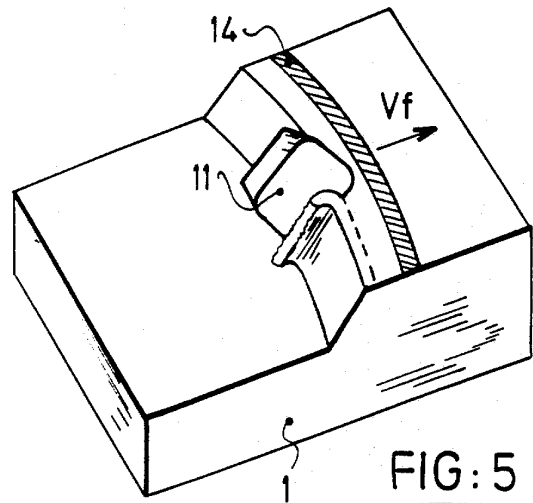


FIG:5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	GB 579 076 A (BOOTH) * page 1, ligne 81 - ligne 100 * * page 3, ligne 47 - ligne 61; figure 2 * ---	1,2
X	VDI Z, vol. 135, no. 5, Mai 1993, DUSSELDORF DE, pages 38-41, XP000303848 WECK & HERMANN: "Laseringintegration in Werkzeugmaschinen" * figures 1,2 * ---	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 354 (P-521) [2410] , 28 Novembre 1986 & JP 61 152345 A (TOSHIBA), 11 Juillet 1986, * abrégé * -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B23C B23P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
19 Février 1997		Bogaert, F
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></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>		