



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1014003A5

NUMERO DE DEPOT : 2000/0005

Classif. Internat. : E21B B22F

Date de délivrance le : 04 Février 2003

**Le Ministre des Affaires Economiques,**

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété intellectuelle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 04 Janvier 2000 à 24H00 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

**ARRETE :**

ARTICLE 1.- Il est délivré à : BAKER HUGHES INCORPORATED  
3900 Essex Lane Suite 1200, HOUSTON TEXAS 77027(ETATS-UNIS D'AMERIQUE)

représenté(e)s par : VAN MALDEREN Michel, OFFICE VAN MALDEREN, Place Reine  
Fabiola 6/1 - B 1083 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : DISPOSITIFS DE COUPE A DIAMANT POLYCRISTALLIN A CONTRAINTES RESIDUELLES MODIFIEES.

INVENTEUR(S) : Danny E. Scott, 3105 Poe Drive, Montgomery, Texas 77356 (US); Redd H. Smith, 1985 East 4675 South, Salt Lake City, Utah 84117 (US); Trent Butcher, 1998 East 10225 South, Sandy, Utah 84092 (US); Ralph M. Horton, 5184 Spring Clover, Murray, Utah 84123 (US)

PRIORITE(S) 13.01.99 US USA 231350

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Pour expédition certifiée conforme

Bruxelles, le 04 Février 2003  
PAR DELEGATION SPECIALE :

L. WUYTS  
CONSEILLER

L. WUYTS  
CONSEILLER

DISPOSITIFS DE COUPE À DIAMANT POLYCRISTALLIN  
À CONTRAINTES RÉSIDUELLES MODIFIÉES

ARRIÈRE-FOND DE L'INVENTION

5 DOMAINE DE L'INVENTION: La présente invention concerne des dispositifs de coupe à diamant polycristallin destinés à être utilisés dans des trépons de forage de la terre. L'invention concerne plus spécifiquement des dispositifs de coupe à diamant polycristallin comportant des substrats modifiés pour modifier et changer sélectivement la contrainte résiduelle  
10 dans la structure des dispositifs de coupe.

TECHNIQUE ANTÉRIEURE: Les dispositifs de coupe à diamant polycristallin compact (appelés ci-dessous dispositifs de coupe "PDC") sont bien connus et sont largement utilisés dans la technologie des trépons de forage comme élément de coupe de certains trépons de forage utilisés dans le carottage,  
15 le forage de pétrole et de gaz et similaire. Les matériaux compacts de diamant polycristallin comprennent en général une table à diamant polycristallin (appelé ci-dessous "PDC") formée sur un substrat de carbure par un procédé de frittage à température et à pression élevées (HTHP). Le PDC et le matériau compact du substrat peuvent être fixés sur un support  
20 additionnel ou plus grand (c.à.d. plus long) en carbure, par exemple par un procédé de brasage. La table PDC peut aussi être formée sur un substrat en carbure allongé au cours d'un procédé de frittage pour former un PDC avec un support allongé solidaire. Le support du dispositif de coupe PDC est ensuite fixé par brasage ou d'une autre manière sur le trépan de  
25 forage, de façon à exposer le PDC à la surface en vue de la coupe.

Il est connu que par suite des matériaux composant la table PDC et le support, les dispositifs de coupe PDC comportent des contraintes résiduelles inhérentes dans le matériau compact intermédiaire, s'étendant à travers la table et le substrat en carbure et en particulier au niveau  
30 de l'interface. Le diamant et le carbure ont en effet des coefficients de dilatation thermique, des modules d'élasticité et des compressibilités apparentes différents de sorte que lors de la formation du PDC, le diamant et le carbure présentent un rétrécissement d'importance différente. Il en résulte que la table diamantée tend à être comprimée, le substrat en  
35 carbure et/ou le support tendant à être tendus. Il peut en résulter une cassure du PDC, souvent au niveau de l'interface entre la table diamantée

et le carbure, et/ou le dispositif de coupe peut se détacher en présence de températures et de forces de forge extrêmes.

Différentes solutions ont été proposées dans la technique pour modifier les contraintes résiduelles dans les dispositifs de coupe PDC de sorte à empêcher une défaillance du dispositif de coupe. Il a par exemple  
5 été proposé qu'une configuration particulière de la table diamantée et/ou du substrat en carbure permet de redistribuer la contrainte, de sorte à réduire la tension, comme décrit dans le brevet US no. 5351772 attribué à Smith et le brevet US no. 4255165 attribué à Dennis. D'autres  
10 configurations du dispositif de coupe destinées à entraîner des contraintes réduites sont décrites dans le brevet US no. 5049164 attribué à Horton; le brevet US no. 5176720 attribué à Martell et al.; le brevet US no. 5304342 attribué à Hall; et le brevet US no. 4398952 attribué à Drake (en connexion avec la formation de dispositifs de coupe à molettes).

15 Des tests expérimentaux récents ont montré que l'état de contrainte résiduelle de la table diamantée d'un dispositif de coupe PDC peut être contrôlé par un nouveau moyen non encore décrit dans la littérature. Les résultats ont en effet montré qu'une vaste plage d'états de contrainte, d'une compression élevée à une tension modérée, peuvent être imposés à la  
20 table diamantée en configurant de manière sélective le substrat en carbure. Il serait ainsi avantageux de fournir dans la technique un PDC présentant des états de contrainte à adaptation sélective et de fournir des procédés de production de tels PDC.

## BREF RÉSUMÉ DE L'INVENTION

25 La présente invention fournit un dispositif de coupe à diamant polycristallin compact comportant un substrat en carbure adapté permettant de changer favorablement les contraintes de compression dans la table diamantée ainsi que les contraintes de traction résiduelles dans le substrat de carbure pour produire un PDC présentant des caractéristiques  
30 de contrainte améliorées. La modification du substrat en vue de l'adaptation des caractéristiques de contrainte dans la table diamantée et le substrat peut être réalisée par amincissement sélectif du substrat en carbure après un traitement HTHP, en variant sélectivement les matériaux composant le substrat, en soumettant le PDC à un traitement de recuit au  
35 cours du frittage, en soumettant le PDC formé à un procédé ultérieur de recuit de détente ou par une combinaison de ces procédés.

Les éléments de coupe PDC selon la présente invention comprennent une table à diamant polycristallin, un substrat en carbure sur lequel est formée la table à diamant polycristallin (p.ex. par frittage) et optionnellement un support en carbure ayant typiquement une épaisseur  
5 supérieure à celle de la table diamantée ou à celle du substrat auquel le substrat est connecté (par exemple par brasage). On a toutefois découvert qu'une vaste plage d'états de contrainte, d'une compression élevée à une tension modérée, peuvent être imposés à la table diamantée par une adaptation sélective de l'épaisseur du substrat en carbure. Le substrat en  
10 carbure peut être formé avec une épaisseur sélectionnée par la mise à disposition d'une quantité suffisante de carbure au cours du procédé de frittage HTHP pour assurer l'épaisseur voulue. Après la formation du PDC, le substrat peut additionnellement ou alternativement être aminci sélectivement en le soumettant à un procédé de rectification ou d'usinage  
15 ou par des procédés d'usinage par étincelage.

Des analyses expérimentales et numériques de la contrainte résiduelle ont montré que l'importance de la contrainte présente dans la table diamantée dépend de l'épaisseur du support. Le substrat en carbure du dispositif de coupe peut ainsi être aminci dans une mesure appropriée pour  
20 établir une valeur de contrainte voulue dans la table diamantée, appropriée à une utilisation particulière. La réalisation d'un degré de finesse approprié ou voulu du support en carbure et donc de la valeur voulue de la contrainte peut être déterminée par des analyses de la contrainte résiduelle.

Le substrat du dispositif de coupe PDC peut typiquement être composé de carbure de tungstène (WC) cimenté au cobalt ou d'un autre matériau de carbure cimenté approprié, par exemple de carbure de tantale, de carbure de titane ou d'un matériau similaire. Le matériau de cémentation ou le liant utilisé dans le substrat de carbure cimenté peut être du cobalt, du  
30 nickel, du fer, des alliages formés à partir de combinaisons de ces métaux, ou d'alliages de ces métaux combinés avec d'autres matériaux ou éléments. Les tests expérimentaux ont montré que l'introduction d'une granulométrie sélective de matériaux dans le substrat entraîne des états de contrainte appropriés dans le substrat en carbure et la table diamantée. L'utilisation  
35 de qualités variables de calibres ou de pourcentages de carbures cimentés au cobalt (appelés ci-dessous "cimentés au Co") dans le substrat entraîne par exemple des états de compression très appropriés dans la table

diamantée et une contrainte de traction résiduelle réduite dans le substrat en carbure et confère une résistance accrue au dispositif de coupe.

Il a également été montré qu'un dispositif de coupe PDC présentant des états de contrainte modifiés de façon appropriée dans la table  
5 diamantée et le substrat peut être formé en manipulant sélectivement les qualités des calibres ou pourcentages du liant qui y est contenu, de la grosseur des grains du carbure ou des mélanges de liant ou des alliages de carbure dans le substrat. Les propriétés spécifiques du dispositif de coupe peuvent ainsi être assurées en déterminant sélectivement la teneur  
10 métallurgique du substrat. L'exposition du PDC selon la présente invention à une étape de recuit au cours du procédé de frittage accroît en outre la dureté de la table diamantée. L'exposition du dispositif de coupe PDC formé (fritté) à un procédé ultérieur de recuit de détente fournit un autre moyen pour adapter sélectivement les contraintes dans le dispositif de coupe PDC,  
15 améliorant nettement la dureté de la table diamantée. L'adaptation de l'épaisseur du support et/ou l'exposition du substrat aux procédés de recuit décrits permet aussi d'établir des états de contrainte appropriés de la table diamantée et du support.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES VUES DES DESSINS

20 Dans les dessins, illustrant ce qui est considéré actuellement comme le meilleur mode d'exécution de l'invention:

la figure 1 est un graphique montrant la relation entre l'épaisseur du substrat en carbure et les états de contrainte existants dans la surface de la table diamantée, après le traitement HTHP;

25 la figure 2 est une vue en coupe d'un dispositif de coupe PDC selon la présente invention comportant un substrat en carbure à amincissement sélectif contenant 13% de cobalt;

la figure 3 est un graphique illustrant les analyses de la contrainte résiduelle d'un dispositif de coupe comprenant un substrat contenant 13%  
30 de cobalt, formé intégralement avec le support en carbure, en comparaison avec les analyses de la contrainte résiduelle d'un dispositif de coupe représenté dans la figure 2, fixé à un support de 5 mm;

la figure 4 est un graphique illustrant les analyses de la contrainte résiduelle d'un dispositif de coupe comprenant un substrat contenant 13%  
35 de cobalt, formé intégralement avec le support en carbure, en comparaison avec les analyses de la contrainte résiduelle d'un dispositif de coupe représenté dans la figure 2, fixé à un support de 3 mm;

la figure 5 est une vue en coupe d'une deuxième forme de réalisation d'un dispositif de coupe PDC selon la présente invention comportant un substrat ayant une teneur en matériaux variable;

la figure 6 est une vue en coupe d'une troisième forme de réalisation  
5 d'un dispositif de coupe PDC selon la présente invention, comportant un substrat composé de trois couches de matériaux disparates;

la figure 7 est un graphique illustrant les analyses de la contrainte résiduelle faites sur un dispositif de coupe PDC comportant un substrat contenant 13% de cobalt formé intégralement sur un support en carbure, le  
10 dispositif de coupe ayant été formé dans une presse à bande;

la figure 8 est un graphique illustrant les analyses de la contrainte résiduelle faites sur un dispositif de coupe PDC comportant un substrat contenant 16% de cobalt, le dispositif de coupe ayant été formé dans une presse à bande;

la figure 9 est un graphique illustrant les analyses de la contrainte résiduelle faites sur un dispositif de coupe PDC comme représenté dans la figure 5, formé dans une presse à bande;

la figure 10 est un graphique illustrant les analyses de la contrainte résiduelle faites sur un dispositif de coupe comprenant un  
20 substrat contenant 13% de cobalt formé intégralement avec un support en carbure en comparaison avec les analyses de la contrainte résiduelle du dispositif de coupe représenté dans la figure 5, formé dans une presse cubique;

la figure 11 est un graphique illustrant les analyses de la  
25 contrainte résiduelle faites sur un dispositif de coupe comprenant un substrat contenant 13% de cobalt formé intégralement avec un support en carbure en comparaison avec les analyses de la contrainte résiduelle du dispositif de coupe représenté dans la figure 6, formé dans une presse cubique;

la figure 12 est un graphique illustrant les analyses de la  
30 contrainte résiduelle faites sur un dispositif de coupe comprenant un substrat contenant 13% de cobalt formé intégralement sur un support en carbure produit au cours d'une étape de recuit ultérieure;

la figure 13 est un graphique illustrant les analyses de la  
35 contrainte résiduelle de la forme de réalisation du dispositif de coupe

représenté dans la figure 5, produit par une étape de recuit ultérieure; et

les figures 14A-C sont des vues en coupe d'autres configurations destinées à former un substrat avec une teneur en matériaux variable.

## 5 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

Il est connu que la différence des coefficients de dilatation thermique entre le diamant et les matériaux de carbure entraîne une compression du corps de la table diamantée d'un PDC et une tension du corps du substrat en carbure par suite du procédé de frittage HTHP appliqué pour former un dispositif de coupe PDC. Les existences respectives des états de compression et de tension dans la table diamantée et les composants du substrat d'un PDC ont été démontrées sur la base d'analyses de la contrainte résiduelle. Les analyses de la contrainte résiduelle ont toutefois aussi démontré la possibilité d'une adaptation des états de contrainte résiduelle existants dans la table diamantée et le substrat du dispositif de coupe PDC en réduisant l'épaisseur du substrat en carbure ou en variant les propriétés du substrat en carbure.

La corrélation est illustrée dans la figure 1, dans laquelle les états de contrainte résiduelle au niveau de l'interface entre la table diamantée et le substrat sont représentés sur l'axe des y, les épaisseurs relatives du substrat en carbure étant représentées sur l'axe des x. Les tests effectués avec un substrat en carbure de tungstène relié par frittage à une table diamantée indiquent qu'avec une épaisseur du substrat en carbure d'environ 10 mm, la contrainte résiduelle de la table diamantée tend à être comprise dans un intervalle allant de -100 ksi à -80 ksi. Lors d'une réduction de l'épaisseur du substrat à environ 6 mm, la contrainte résiduelle dans la table diamantée se rapproche de zéro ksi, une réduction ultérieure de l'épaisseur du substrat entraînant des contraintes de traction résiduelles, avant que de nouvelles réductions de l'épaisseur réduisent l'état de contrainte du diamant à zéro. On voit donc qu'un état de contrainte sélectionné dans le dispositif de coupe peut être établi par un amincissement sélectif du substrat à l'épaisseur requise pour établir l'état de contrainte résiduelle voulu. On pense en général qu'il est indiqué de réduire les contraintes de traction résiduelles dans le substrat en carbure à un niveau minimal. Il peut toutefois être indiqué de produire un dispositif de coupe présentant un état de contrainte de traction résiduelle élevé dans le substrat pour répondre à des exigences

particulières d'une application ou d'une opération. Des épaisseurs du substrat comprises dans l'intervalle allant d'environ 17,0 mm à environ 4,0 mm pour un dispositif de coupe ayant un diamètre de trois quarts de pouce peuvent par exemple être particulièrement appropriées en ce qui concerne  
5 les contraintes assurées dans le substrat. L'épaisseur appropriée du substrat dépend du diamètre du dispositif de coupe et de l'environnement de forage prévu.

Dans une première forme de réalisation de l'invention, représentée dans la figure 2, un dispositif de coupe PDC 10 comprend ainsi une table  
10 à diamant polycristallin 12 et un substrat en carbure 14 connecté à la table diamantée 12. La table diamantée 12 peut être formée sur le substrat 14 de manière conventionnelle, par exemple par un procédé de frittage HTHP. Le substrat en carbure 14 peut alors être connecté à un support en carbure additionnel 16, appelé aussi cylindre, par des procédés tels qu'un joint  
15 de brasage 18. La table diamantée 12 peut avoir une épaisseur conventionnelle 20, comprise entre environ 1,0 mm et environ 4 mm (environ 0,04 pouce à environ 0,157 pouce). Le support en carbure 16 peut en général être formé à partir d'un quelconque matériau de carbure approprié, par exemple de carbure de tungstène, de carbure de tantale ou de carbure de  
20 titane, avec différents métaux liants, englobant le cobalt, le nickel, le fer, les alliages métalliques ou des mélanges correspondants. L'épaisseur 22 du support en carbure 16 peut être comprise entre environ 5 mm et environ 16 mm, en fonction du diamètre du dispositif de coupe.

Le substrat 14 de la forme de réalisation illustrée peut être composé  
25 d'un quelconque carbure cémenté conventionnel, par exemple de carbure de tungstène, de carbure de tantale ou de carbure de titane. Le substrat peut en outre contenir un matériau additionnel, par exemple du cobalt, du nickel, du fer ou un autre matériau approprié. Le substrat 14 peut être aminci sélectivement après le frittage à partir de son épaisseur d'origine  
30 pour établir un état de contrainte résiduelle voulu par un quelconque d'un certain nombre de procédés. L'épaisseur 24 du substrat 14 peut par exemple être sélectionnée initialement, lors de la formation du dispositif de coupe 10, pour fournir un substrat final, ayant subi le frittage 14, d'une épaisseur voulue 24. Le substrat 14 peut aussi être formé selon des  
35 procédés conventionnels à une épaisseur conventionnelle, le substrat 14 pouvant ensuite être aminci sélectivement le long de la surface plane 26 à laquelle le support 16 est ensuite relié. Le substrat 14 peut être aminci par rectification de la surface plane 26 par l'intermédiaire de procédés

de rectification connus dans la technique, le substrat 14 pouvant aussi être aminci par l'intermédiaire d'un procédé d'usinage par étincelage ou d'un autre procédé d'usinage. Le substrat 14 est aminci pour éliminer une quantité suffisante de matériau du substrat 14 pour établir les niveaux de  
5 contrainte résiduelle voulus. Le substrat 14 et la table diamantée 12 assemblés peuvent ensuite être fixés au support en carbure additionnel 16 par brasage ou selon une autre technique appropriée.

La table diamantée 12 peut aussi être formée sur le substrat 14 par des procédés conventionnels pour établir une épaisseur conventionnelle,  
10 l'assemblage de la table diamantée 12 et du substrat 14 pouvant ensuite être fixé au support additionnel en carbure 16. L'épaisseur totale du substrat 14 et du support 16 peut ensuite être modifiée par rectification, usinage (par exemple sciage) ou par des procédés d'usinage par étincelage.

Les figures 3 et 4 montrent qu'un effet avantageux concernant la  
15 modification de la contrainte résiduelle est exercé par un amincissement du substrat 14 avant la fixation du substrat 14 au support en carbure 16, en comparaison avec les contraintes résiduelles observées dans un substrat formé intégralement avec le support 16. La figure 3 compare par exemple un dispositif de coupe "A" comprenant un substrat contenant 13% de cobalt,  
20 ayant une épaisseur sélectionnée (par exemple de 3 mm), aminci à cette épaisseur sélectionnée, avant la fixation, par exemple par brasage, à un support en carbure de 5 mm, avec un dispositif de coupe "B" comprenant un substrat contenant 13% de cobalt, formé intégralement avec un support en carbure et aminci ultérieurement à une épaisseur sélectionnée, comparable  
25 à celle du dispositif de coupe "A" (par exemple de 8 mm). La figure 3 montre que lorsque l'épaisseur du dispositif de coupe est réduite par l'élimination de carbure du support, on observe un changement avantageux de la contrainte résiduelle jusqu'à l'atteinte d'un effet maximal lors d'une élimination d'environ 0,25 pouce de carbure. A ce stade, le  
30 dispositif de coupe "A" présente un état de contrainte résiduelle amélioré par rapport au dispositif de coupe "B".

La figure 4 illustre de même un dispositif de coupe "C" comprenant un substrat contenant 13% de cobalt, avec une épaisseur sélectionnée (par exemple de 5 mm), aminci à cette épaisseur sélectionnée avant la fixation  
35 à un support en carbure de 3 mm, en comparaison avec un dispositif de coupe "D", comprenant un substrat contenant 13% de cobalt formé intégralement avec un support de carbure et aminci à une épaisseur sélectionnée comparable à celle du dispositif de coupe "C" (par exemple de 8 mm). La

figure 4 illustre que lors de la réduction de l'épaisseur du dispositif de coupe par suite de l'élimination de carbure du substrat, on observe un changement avantageux de la contrainte résiduelle dans le dispositif de coupe "C", démontrant un avantage accru concernant la modification de l'état de contrainte résiduelle.

La figure 7 montre aussi l'effet avantageux sur la contrainte résiduelle dans le substrat d'un dispositif de coupe PDC résultant d'une réduction de l'épaisseur du substrat. Comme illustré dans la figure 7, des analyses de la contrainte résiduelle ont été effectuées sur un PDC conventionnel comprenant une table diamantée avec une épaisseur comprise entre environ 0,028 pouce et environ 0,030 pouce et un substrat en carbure contenant 13% de cobalt, aminci d'environ 0,300 pouce à environ 0,025 pouce. Le graphique de la figure 7 illustre que lors de la réduction de l'épaisseur du support en carbure, la contrainte de traction résiduelle du substrat du dispositif de coupe est modifiée de façon avantageuse.

Les contraintes résiduelles dans la table diamantée d'un dispositif de coupe PDC peuvent aussi être modifiées et adaptées en modifiant sélectivement les matériaux contenus dans le substrat du PDC. Un PDC 30, comme illustré dans la figure 5, peut plus spécifiquement être formé avec une table diamantée 32 connectée au substrat 34 ayant un teneur en matériaux variable ou calibrée. Le substrat 34 peut à son tour être fixé à un support en carbure 36. La formation du substrat 34 de cette forme de réalisation peut être réalisée en reliant deux ou plusieurs disques en carbure disparates 38, 40 au cours du procédé de frittage HTHP pour former le PDC. Les disques en carbure 38, 40 peuvent se distinguer en ce qui concerne la teneur en liant, la taille du grain de carbure, ou la teneur en alliage de carbure. Les disques 38, 40 peuvent donc être sélectionnés et agencés de sorte à produire une granularité de matériaux contenus dans le substrat, modifiant et établissant les états de compression voulus ou des états de contrainte de traction résiduelle réduits dans la table diamantée 32.

Comme représenté dans les figures 14A, 14B et 14C, un substrat 14 ayant une teneur différente en matériaux peut aussi être produit en combinant lors d'un procédé de frittage ou d'un autre procédé approprié les structures du substrat 14, dont chacune contient une composition ou un mélange de matériaux différent. La figure 14A illustre par exemple un substrat ayant une teneur en matériaux variable, comportant un élément interne de forme conique 609 entouré par un corps tubulaire externe 62,

dimensionné de sorte à recevoir l'élément interne de forme conique 60 avant le frittage. L'élément interne de forme conique 60 peut par exemple contenir 13% de cobalt, le corps tubulaire externe 62 contenant 20% de cobalt. Comme autre exemple, la figure 14B illustre un substrat 14 composé d'un cylindre interne 64, contenant par exemple 16% de cobalt entouré par un corps tubulaire externe 66 composé de carbure contenant 20% de cobalt. La figure 14C illustre en outre un substrat de forme différente 14 composé d'un élément ayant une forme en dôme inversée 68, ayant par exemple une teneur en cobalt de 13%, reçu dans un élément externe 70 de carbure contenant 20% de cobalt, une dépression en forme de cuvette étant dimensionnée de sorte à recevoir l'élément en forme de dôme 68 avant le frittage. Un nombre quelconque d'autres formes d'éléments peuvent être combinés pour produire un substrat ayant un teneur en matériaux différente selon la présente invention.

15 A titre d'exemple et en référence à la figure 5, un PDC 30 peut être formé en reliant au cours du procédé de frittage HTHP un premier disque en carbure 38 contenant 13% de cobalt et un deuxième disque en carbure 40 contenant 16% de cobalt. Les deux disques 38, 40 sont placés dans un cylindre en vue du traitement, ensemble avec des grains du diamant, de manière conventionnelle, pour former un dispositif de coupe PDC. Les disques à diamant et en carbure sont ensuite soumis à un cycle de frittage avec un recuit simultané, comprenant les étapes de 1) augmentation à une pression de 60 K bars et à une température de 1450°C pendant une période d'une minute; 2) exécution du cycle de frittage pendant huit minutes; 3) réduction de la température à environ 100°C tout en maintenant une pression constante pour passer au-dessous de la température solidus du carbure; 4) maintien d'un temps d'arrêt pendant quatre à six minutes pour recuire la masse frittée, et 5) réduction finale du cycle pendant une période d'environ deux minutes. Un matériau compact formé par les procédures décrites ci-dessus produit un dispositif de coupe PDC présentant des configurations des contraintes résiduelles changées de manière favorable. La contrainte résiduelle du dispositif de coupe PDC ainsi formé est modifiée par rapport à celle d'un dispositif de coupe comportant seulement un matériau de carbure cémenté au cobalt contenant 13% ou 16% de cobalt. Comme illustré dans la figure 6, le dispositif de coupe 50 peut comporter un substrat 14 avec trois ou plusieurs couches de matériau similaires ou disparates. La figure 6 illustre un dispositif de coupe 50 comportant une première couche 52 contenant 13% de cobalt, une deuxième couche 54

contenant 16% de cobalt et une troisième couche 56 contenant 20% de cobalt. L'épaisseur des couches peut être changée ou peut rester la même.

La modification avantageuse de la contrainte résiduelle dans le substrat résultant d'une modification sélectionnée du matériau du substrat est démontrée dans les figures 7, 8 et 9, illustrant les analyses de la contrainte résiduelle faites avec différentes formes de réalisation de dispositifs de coupe, chacun ayant été formé par l'intermédiaire d'une presse à bande conventionnelle. Comme décrit ci-dessus, la figure 7 illustre les analyses de la contrainte résiduelle d'un dispositif de coupe PDC conventionnel comprenant une table diamantée ayant une épaisseur comprise entre environ 0,028 pouce et 0,030 pouce, et un substrat en carbure contenant 13% de cobalt. La figure 8 illustre les tests de la contrainte résiduelle effectués sur un dispositif PDC représenté dans la figure 2, comportant un substrat à une seule couche contenant 16% de cobalt, l'épaisseur de la table diamantée 12 ayant été comprise entre environ 0,028 pouce et environ 0,030 pouce et le substrat 14 ayant eu une épaisseur variant entre environ 0,300 pouce et environ 0,025 pouce. La figure 9 illustre les analyses de la contrainte résiduelle effectuées sur un dispositif de coupe PDC représenté dans la figure 5, l'épaisseur de la table diamantée 32 ayant été comprise entre 0,028 pouce et 0,030 pouce et l'épaisseur combinée du premier disque en carbure 38 (13% de cobalt) et du deuxième disque 40 (16% de cobalt) ayant été comprise entre environ 0,028 et environ 0,030 pouce.

La figure 7 illustre qu'une contrainte de compression maximale de l'ordre de 75.000 psi est atteinte en présence d'une épaisseur du substrat en carbure de l'ordre de 0,030 pouce, la réduction de l'épaisseur du carbure entraînant toutefois une contrainte de traction résiduelle d'environ 10.000 psi pour une répartition globale de 85.000 psi. La figure 8 illustre qu'une contrainte de compression maximale atteint environ 40.000 psi, la contrainte de traction résiduelle passant à 40.000 psi avec un changement global de 85.000 psi lors de la réduction de l'épaisseur du carbure. La figure 9 illustre que la contrainte de compression résiduelle maximale dans un dispositif de coupe à deux couches (figure 5) est de l'ordre de 45.000 psi, une contrainte de traction résiduelle de l'ordre de 25.0000 psi étant toutefois atteinte par suite de la réduction de l'épaisseur du carbure, résultant en un changement global de 70.000 psi ou de 18%.

Les figures 3, 10 et 11 démontrent en outre le changement avantageux concernant la contrainte résiduelle dans le substrat sur des dispositifs de coupe produits par l'intermédiaire d'une presse cubique. La figure 3 illustre ainsi les analyses de la contrainte résiduelle sur un dispositif  
5 de coupe représenté dans la figure 2A, désigné par la lettre "A", en comparaison avec un dispositif de coupe standard, dans lequel le substrat, contenant 13% de cobalt, est formé intégralement avec le support, désigné par la lettre "B". La figure 10 illustre les analyses de la contrainte résiduelle effectuées sur un dispositif de coupe désigné par la lettre "X",  
10 comme représenté dans la figure 5, en comparaison avec le dispositif de coupe standard solidaire "B". La figure 11 illustre les analyses de la contrainte résiduelle sur un dispositif de coupe comme représenté dans la figure 6, désigné par la lettre "Y", en comparaison avec un dispositif de coupe standard solidaire "B". La figure 3 montre que la contrainte de  
15 compression résiduelle maximale dans le dispositif de coupe "B" est de 85.000 psi, la réduction de l'épaisseur du carbure atteignant une contrainte de traction maximale de 58.000 psi, avec un changement global de 143.000 psi. La figure 10 démontre que la contrainte de compression résiduelle maximale dans le dispositif de coupe "X" est de l'ordre de  
20 128.000 psi mais, avec une réduction de carbure, la contrainte de traction résiduelle maximale atteint environ 8.000 psi, avec un changement global de 136.000 psi. La direction de la modification de la contrainte résiduelle est notablement différente de celle du dispositif de coupe "B". La figure 11 illustre que la contrainte de compression résiduelle maximale du  
25 dispositif de coupe "Y" est de 112.000 psi, la réduction de l'épaisseur du support en carbure établissant une contrainte de traction résiduelle maximale de 30.000 psi, avec un changement global de 142.000 psi. La formation du dispositif de coupe dans une presse à bande entraîne un changement plus important des contraintes résiduelles, en présence  
30 d'épaisseurs définies du substrat, que la formation des dispositifs de coupe dans une presse cubique. La contrainte de compression résiduelle maximale est aussi beaucoup plus élevée pour les dispositifs de coupe formés dans une presse cubique, mais les contraintes de traction résiduelles maximales sont largement réduites dans les substrats à couches  
35 ou calibrés par rapport à celles des dispositifs de coupe solidaires. Les résultats de test montrent que les contraintes résiduelles peuvent être adaptées par un amincissement du carbure, par une variation du contenu du

substrat et par une sélection du procédé de fabrication du dispositif de coupe.

Les tests de dureté Knoop effectués sur les PDC illustrés dans les figures 2 et 5 indiquent plus spécifiquement une dureté de 3365 (KHN) dans la table diamantée du PDC conventionnel (teneur en cobalt de 13%) et une  
5 dureté de 3541 (KHN) dans la table diamantée de la forme de réalisation illustrée dans la figure 5, montrant ainsi que la composition du substrat et la procédure de recuit en cours de traitement confèrent des caractéristiques bénéfiques en ce qui concerne la dureté de la table  
10 diamantée ainsi que des contraintes résiduelles modifiées dans la table diamantée.

Un cycle de traitement de contrainte thermique ultérieur est aussi avantageux pour réduire les contraintes résiduelles rencontrées dans la table diamantée. Le cycle de recuit de détente ultérieur comprend les  
15 étapes d'exposition d'un matériau compact fritté (c.à.d. la table diamantée et le substrat) à une température comprise entre environ 650° et 700°C pendant une période d'une heure, en présence d'une pression de vide de moins de 200  $\mu$ . Il faut noter que les cycles d'échauffement et de refroidissement du procédé sont contrôlés pendant une période de trois  
20 heures pour faciliter un refroidissement régulier et progressif, réduisant ainsi les forces de contrainte résiduelle dans le dispositif de coupe.

Les tests de dureté Knoop comparatifs effectués sur un PDC conventionnel, comme décrit ci-dessus, contenant 13% de cobalt dans le substrat en carbure, et un PDC comme illustré dans la figure 5, ces deux  
25 dispositifs ayant été soumis à un cycle de recuit de détente ultérieur, montrent que le PDC conventionnel et le PDC selon la présente invention présentent des accroissements inattendus des niveaux de dureté par rapport au PDC conventionnel et à un PDC selon la présente invention, non soumis à un cycle de recuit de détente ultérieur. On a étudié également l'effet  
30 exercé par un cycle de recuit de détente ultérieur sur un troisième type de PDC comportant un substrat catalysé. Ces résultats sont illustrés dans le tableau I.

TABLEAU I

	Sans procédé de recuit ultérieur	Avec procédé de recuit ultérieur
PDC conventionnel (substrat à 13% de Co)	3365 (KHN)	3760 (KHN)
5 Substrat PDC varié (13% Co/16% Co)	3541 (KHN)	3753 (KHN)
10 Substrat catalysé (couche de Co entre le carbure et le diamant)	3283 (KHN)	3599 (KHN)

La différence exercée sur la contrainte résiduelle par l'application d'un procédé de recuit ultérieur peut en outre être observée en comparant la figure 7 avec la figure 12. La figure 7 illustre les analyses de la contrainte résiduelle sur un dispositif de coupe comportant un substrat contenant 13% de cobalt produit sans recuit ultérieur, la figure 12 illustrant la même forme de réalisation produite avec un procédé de recuit ultérieur. La contrainte de compression résiduelle atteint une valeur maximale d'environ 80.000 psi dans le dispositif de coupe représenté dans la figure 3, mais est accrue d'environ 25%, ou d'environ 100.000 psi dans le dispositif de coupe représenté dans la figure 12. On peut constater un support additionnel en comparant les analyses de la contrainte résiduelle représentées dans la figure 9 de la forme de réalisation du dispositif de coupe représenté dans la figure 5, produit sans étape de recuit ultérieure, avec les analyses de la contrainte résiduelle représentées dans la figure 13 de la forme de réalisation du dispositif de coupe représenté dans la figure 5, ayant été produit avec une étape de recuit ultérieure. La contrainte de compression maximale est inférieure à environ 50.000 psi pour le dispositif de coupe testé dans la figure 9, la contrainte de compression maximale étant supérieure à environ 120.000 psi pour le dispositif de coupe ayant subi un recuit représenté dans la figure 13.

La présente invention fournit des dispositifs de coupe à diamant polycristallin compact présentant des états de contrainte résiduelle à modification sélective dans la table diamantée et le substrat ou le support correspondant. Un amincissement sélectif du substrat et/ou du support, une modification sélective des matériaux contenus dans le substrat, l'exposition du PDC à des procédés de recuit ultérieurs, et l'exposition d'un PDC fritté à un procédé de recuit de détente ultérieur, ou des

combinaisons correspondantes, permettent d'assurer des contraintes résiduelles et des forces de compression voulues dans un dispositif de coupe PDC. Le concept peut être adapté virtuellement à un quelconque type ou à une quelconque configuration d'un dispositif de coupe PDC et peut être  
5 adapté à un quelconque type d'opération de forage ou de carottage. La structure des dispositifs de coupe PDC selon l'invention peut être modifiée pour répondre aux exigences de l'application particulière. La référence à des détails spécifiques des formes de réalisation illustrées sert donc à  
10 comprendre que de nombreuses additions, suppressions et modifications pourront être apportées aux formes de réalisation illustrées de l'invention, sans se départir de l'esprit et de l'objectif de l'invention, comme défini par les revendications annexées.

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré englobant un substrat de carbure fixé à une table à diamant polycristallin, le substrat  
5 de carbure étant composé d'au moins un composant liant et d'au moins un composant de carbure, le dispositif de coupe à diamant polycristallin compact comprenant

un substrat de carbure modifié de sorte à présenter au moins un niveau réduit de la contrainte de traction résiduelle par rapport à un substrat de  
10 carbure d'un dispositif de coupe à diamant polycristallin compact conventionnel dans un état suivant immédiatement la fabrication, formé par l'exécution relative d'au moins une des actions suivantes : limitation sélective d'une épaisseur initiale du substrat de carbure du dispositif de coupe amélioré, réduction sélective d'une épaisseur initiale du substrat de  
15 carbure à une épaisseur finale, variation sélective d'au moins un du au moins un composant de carbure et du au moins un composant liant du substrat de carbure du dispositif de coupe amélioré, exposition du dispositif de coupe à diamant polycristallin compact à un procédé de recuit pendant la fixation de la table à diamant polycristallin au substrat de carbure et exposition du  
20 dispositif de coupe à diamant polycristallin compact à un procédé de recuit après la fixation de la table à diamant polycristallin au substrat de carbure.

2. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur finale du substrat est comprise entre environ 0,025 pouce (0,64 mm) et environ 0,30 pouce (7,62 mm).

25 3. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 2, dans lequel le au moins un composant de carbure est sélectionné dans le groupe constitué de carbure de tungstène, de carbure de tantale ou de carbure de titane.

4. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la  
30 revendication 3, dans lequel le au moins un composant liant est sélectionné dans le groupe constitué de cobalt, de nickel, de fer et d'alliages formés à partir de mélanges de ces métaux.

5. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 2, dans lequel une épaisseur du substrat de carbure est comprise  
35 entre environ 5 mm (0,20 pouce) et environ 16 mm (0,63 pouce).

6. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 1, dans lequel le substrat de carbure est formé à partir d'au moins deux disques en carbure fixés l'un à l'autre, ayant chacun une teneur en matériaux différente de l'autre.
- 5 7. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 6, dans lequel le substrat de carbure est composé de deux disques fixés l'un à l'autre, un premier disque composé de carbure contenant environ 13 pour cent (13%) de cobalt et un deuxième disque composé de carbure contenant environ 16% de cobalt.
- 10 8. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 7, dans lequel le premier disque composé de carbure contenant environ 13% de cobalt est agencé près de lae table à diamant polycristallin.
9. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 6, dans lequel le substrat de carbure est composé de trois  
15 disques formés ensemble, un premier disque composé de carbure contenant environ treize pour cent (13%) de cobalt, un deuxième disque composé de carbure contenant environ seize pour cent de cobalt et un troisième disque composé de carbure contenant environ vingt pour cent de cobalt.
10. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la  
20 revendication 9, dans lequel le troisième disque composé de carbure contenant environ vingt pour cent (20%) de cobalt est agencé à l'écart de la table à diamant polycristallin.
11. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 1, dans lequel le substrat de carbure est formé à partir d'un  
25 élément en carbure interne non plan agencé dans un élément de carbure externe et relié à celui-ci.
12. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 11, dans lequel l'élément de carbure interne et l'élément de carbure externe ont une teneur en matériaux dissimilaire.
- 30 13. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 11, dans lequel l'élément de carbure interne a une forme conique, l'élément de carbure externe étant dimensionné de sorte à recevoir l'élément de carbure interne.
14. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la  
35 revendication 11, dans lequel l'élément de carbure interne a une forme

cylindrique, l'élément de carbure externe ayant la forme d'un manchon dimensionné de sorte à entourer l'élément de carbure interne de forme cylindrique.

15. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 11, dans lequel l'élément de carbure interne a une forme hémisphérique, l'élément de carbure externe comportant une dépression dimensionnée de sorte à recevoir l'élément de carbure interne.

16. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré englobant un substrat de carbure lié à une table à diamant polycristallin, le dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré comprenant : au moins un composant ajouté au substrat de carbure induisant une réduction d'un état de contrainte de traction résiduelle dans le substrat de carbure et induisant une amélioration dans un état de contrainte de compression résiduelle dans la table à diamant polycristallin du dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré par rapport à un état de contrainte de compression résiduelle dans une table à diamant polycristallin et un état de contrainte résiduelle dans un substrat de carbure d'un dispositif de coupe à diamant polycristallin compact conventionnel après la fabrication.

17. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 16, dans lequel le au moins un composant est sélectionné dans le groupe constitué de cobalt, de nickel et de fer.

18. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 17, dans lequel le substrat de carbure est formé à partir d'au moins deux disques de carbure reliés au cours d'un procédé de frittage, les au moins deux disques de carbure contenant des quantités disparates du au moins un matériau additionnel.

19. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 18, dans lequel le substrat de carbure est formé à partir d'un premier disque de carbure contenant treize pour cent de cobalt et d'un deuxième disque de carbure contenant environ seize pour cent (16%) de cobalt, ledit premier disque étant agencé près de ladite table à diamant polycristallin.

20. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 19, comprenant en outre un troisième disque de matériau de carbure contenant environ vingt pour cent (20%) de cobalt.

21. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 1, dans lequel le substrat de carbure est en outre fixé à un support.
22. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 21, dans lequel le support comprend du carbure.
23. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 16, dans lequel le substrat de carbure est en outre fixé à un support.
24. Dispositif de coupe à diamant polycristallin compact amélioré selon la revendication 23, dans lequel le support comprend du carbure.
25. Dispositif de coupe à diamant polycristallin amélioré selon la revendication 16, dans lequel le composant englobe une qualité ayant été manipulée pour permettre au composant d'induire une réduction de l'état de contrainte de traction résiduelle dans le substrat de carbure du dispositif de coupe polycristallin compact amélioré.
26. Dispositif de coupe à diamant polycristallin amélioré selon la revendication 16, dans lequel le au moins un composant englobe une qualité ayant été manipulée pour permettre audit au moins un composant d'induire un accroissement de l'état de contrainte de compression résiduelle dans la table à diamant polycristallin.

ABRÉGÉ DE L'INVENTION

Dispositifs de coupe à diamant polycristallin à contraintes résiduelles modifiées

Les contraintes résiduelles observées dans les dispositifs de coupe à diamant polycristallin, entraînant une défaillance du dispositif de coupe, peuvent être effectivement modifiées par un amincissement sélectif du substrat en carbure après un traitement (de frittage) à température et à pression élevées, par variation sélective des matériaux composant le substrat, par exposition du PDC à un procédé de recuit au cours du frittage, par exposition du PDC formé à un recuit de détente ultérieur ou par une combinaison de ces procédés.

(Fig. 1)

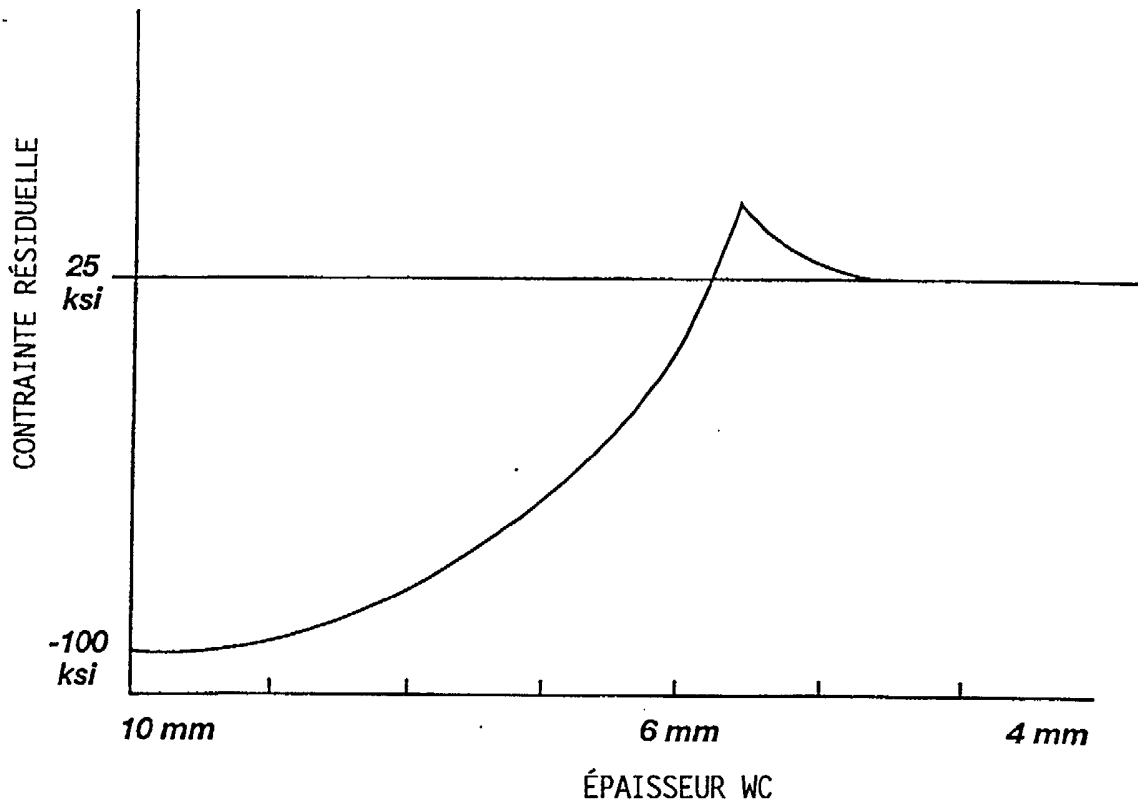
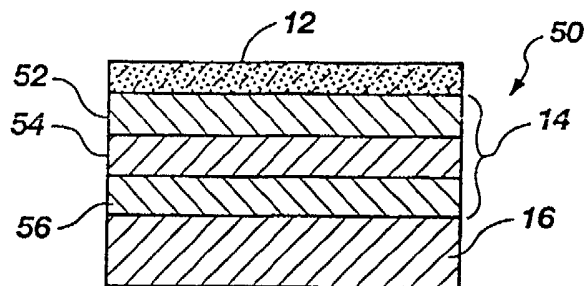
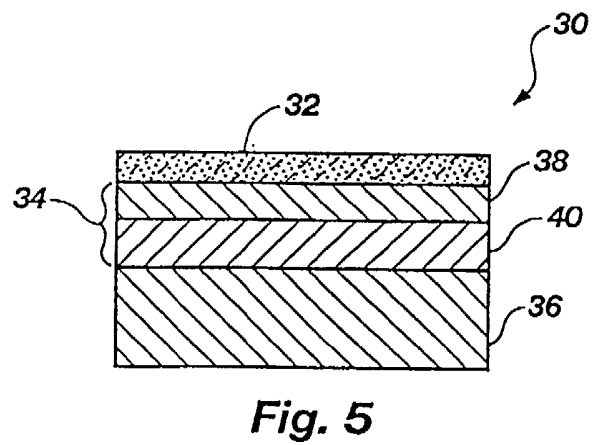
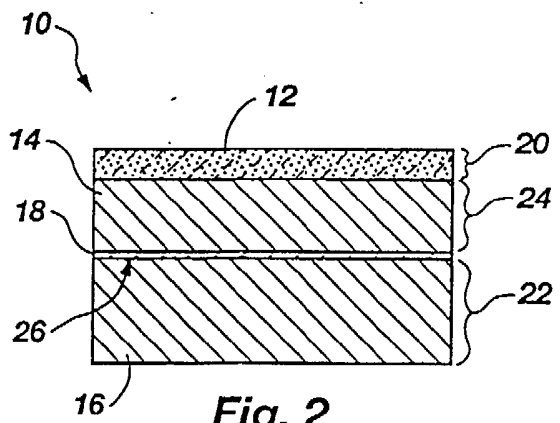


Fig. 1



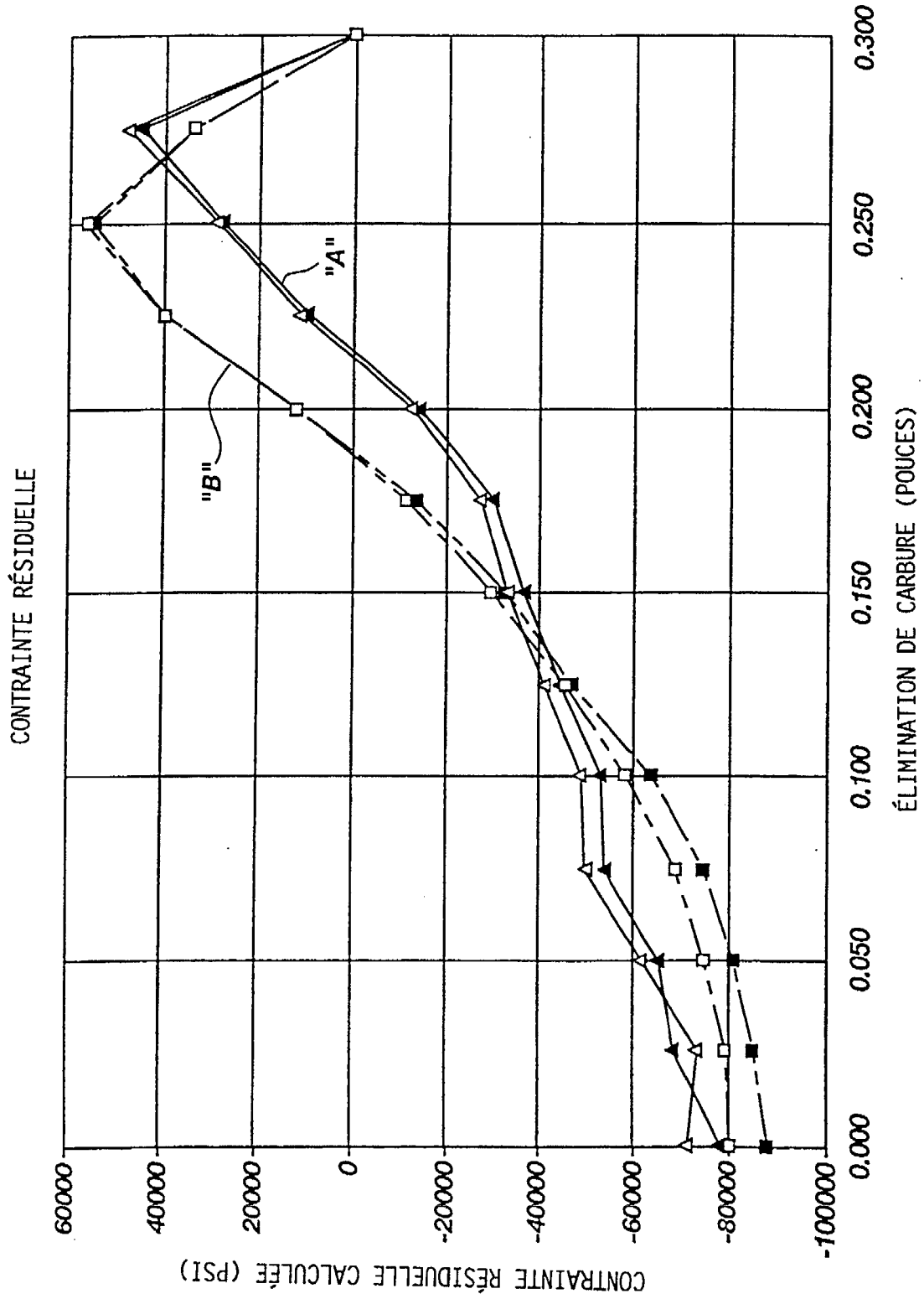


Fig. 3

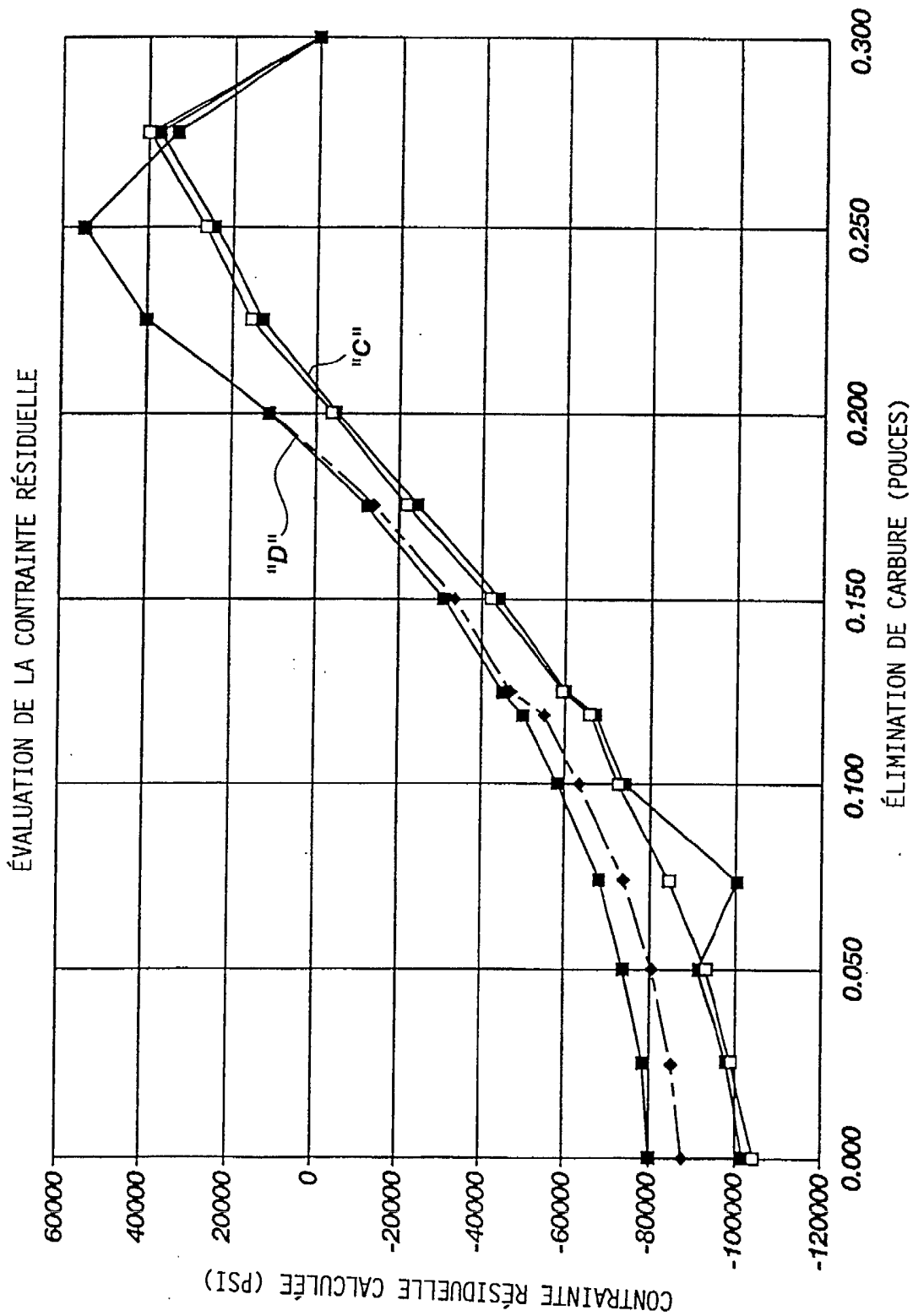


Fig. 4

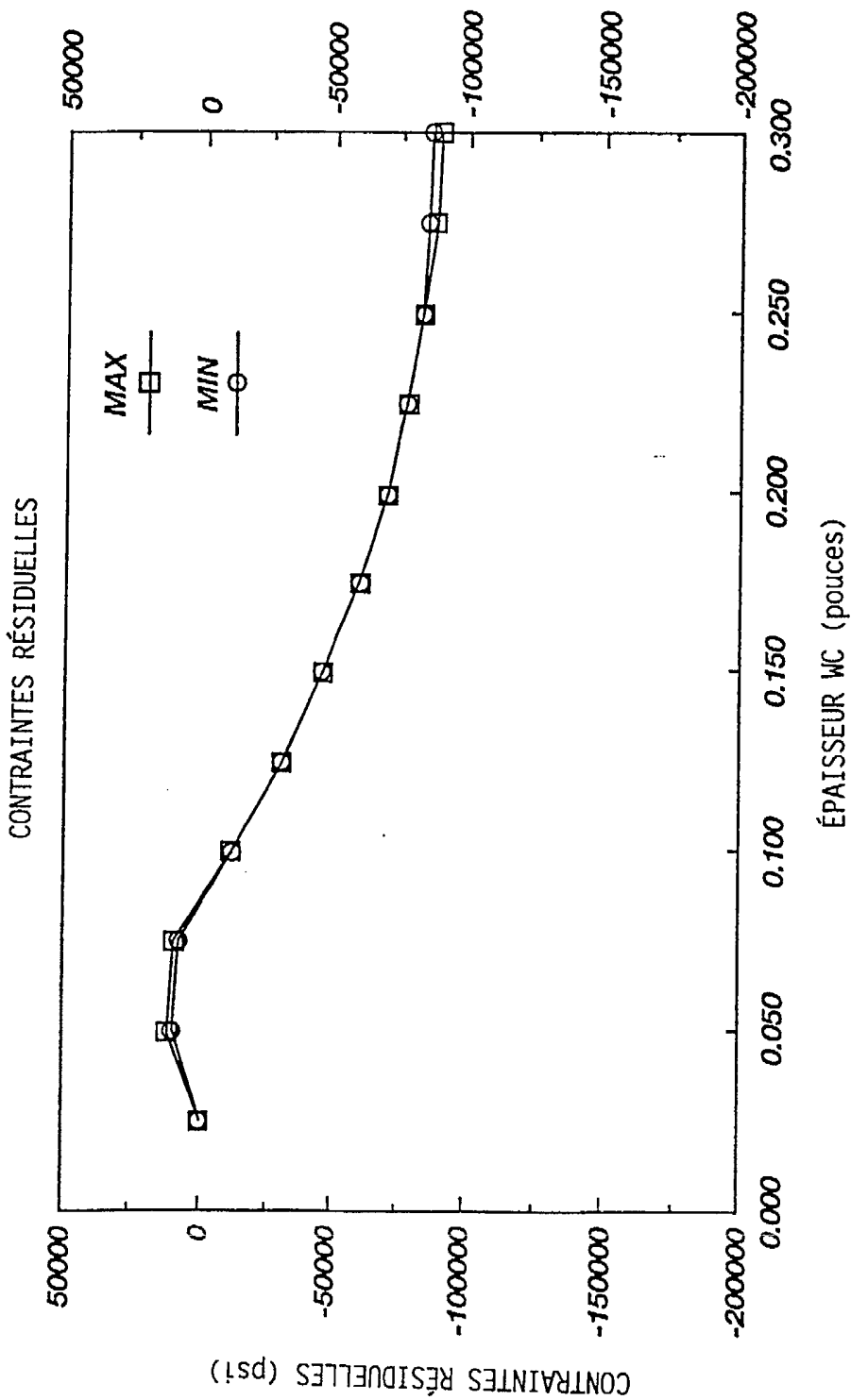


Fig. 7

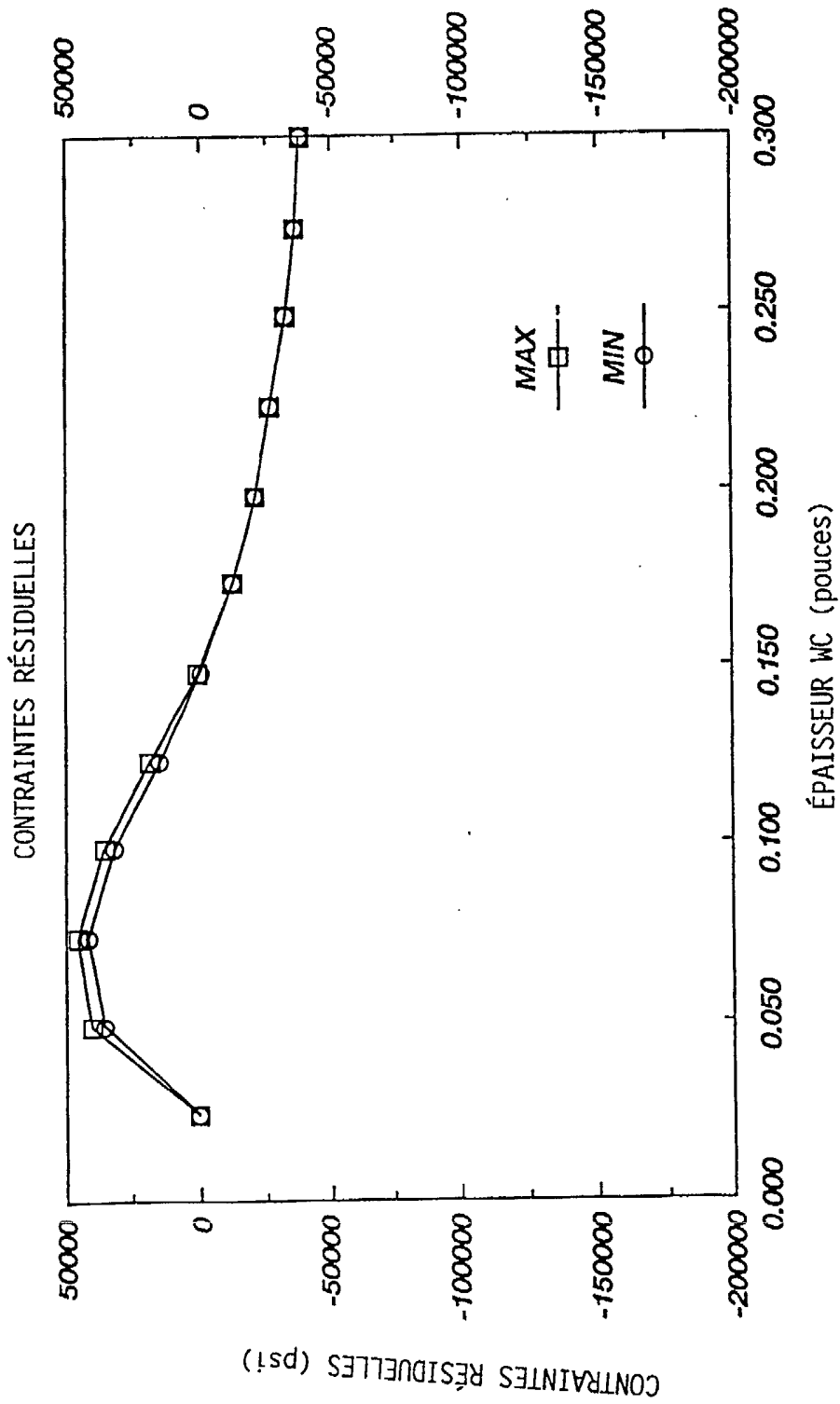


Fig. 8

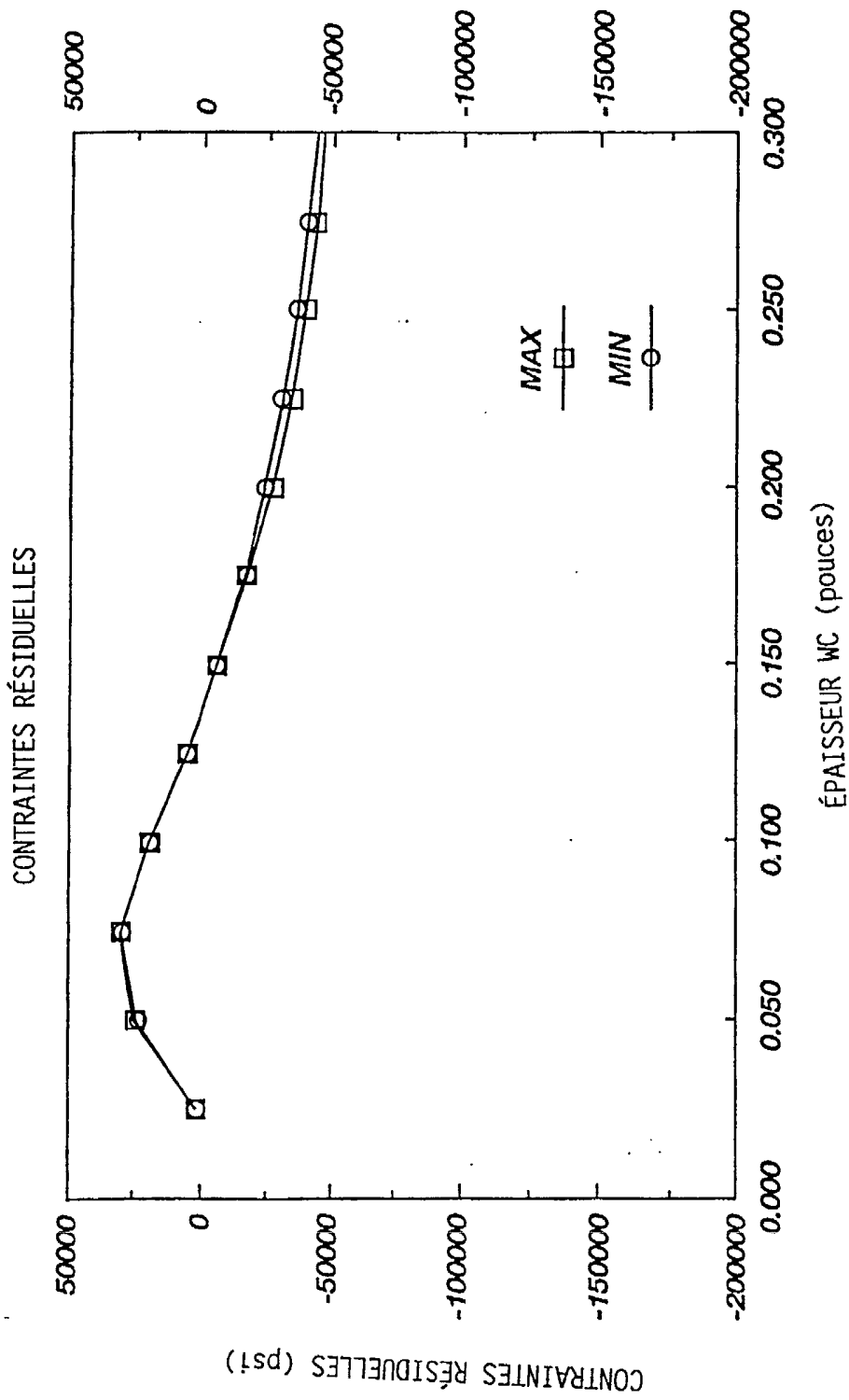
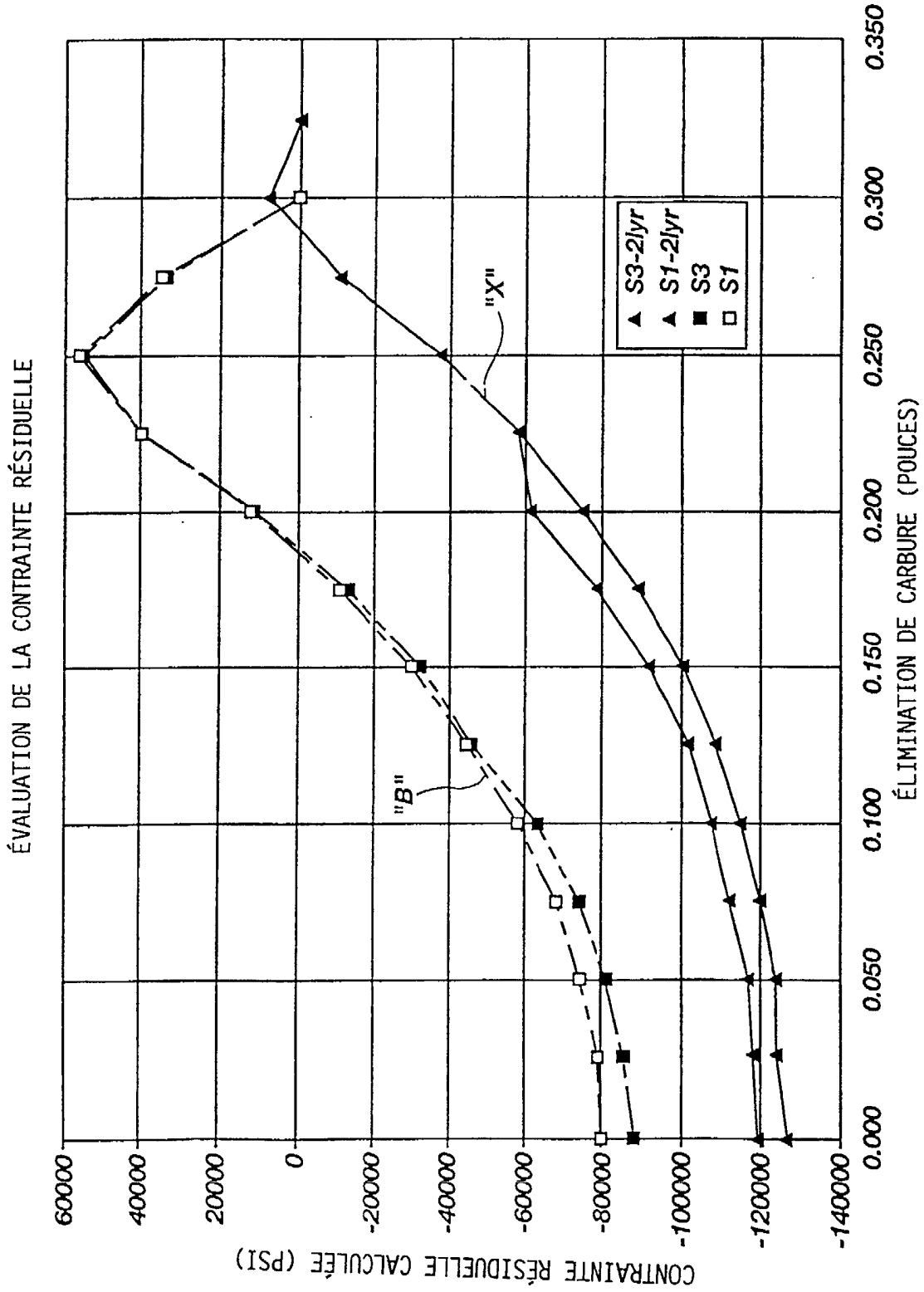


Fig. 9



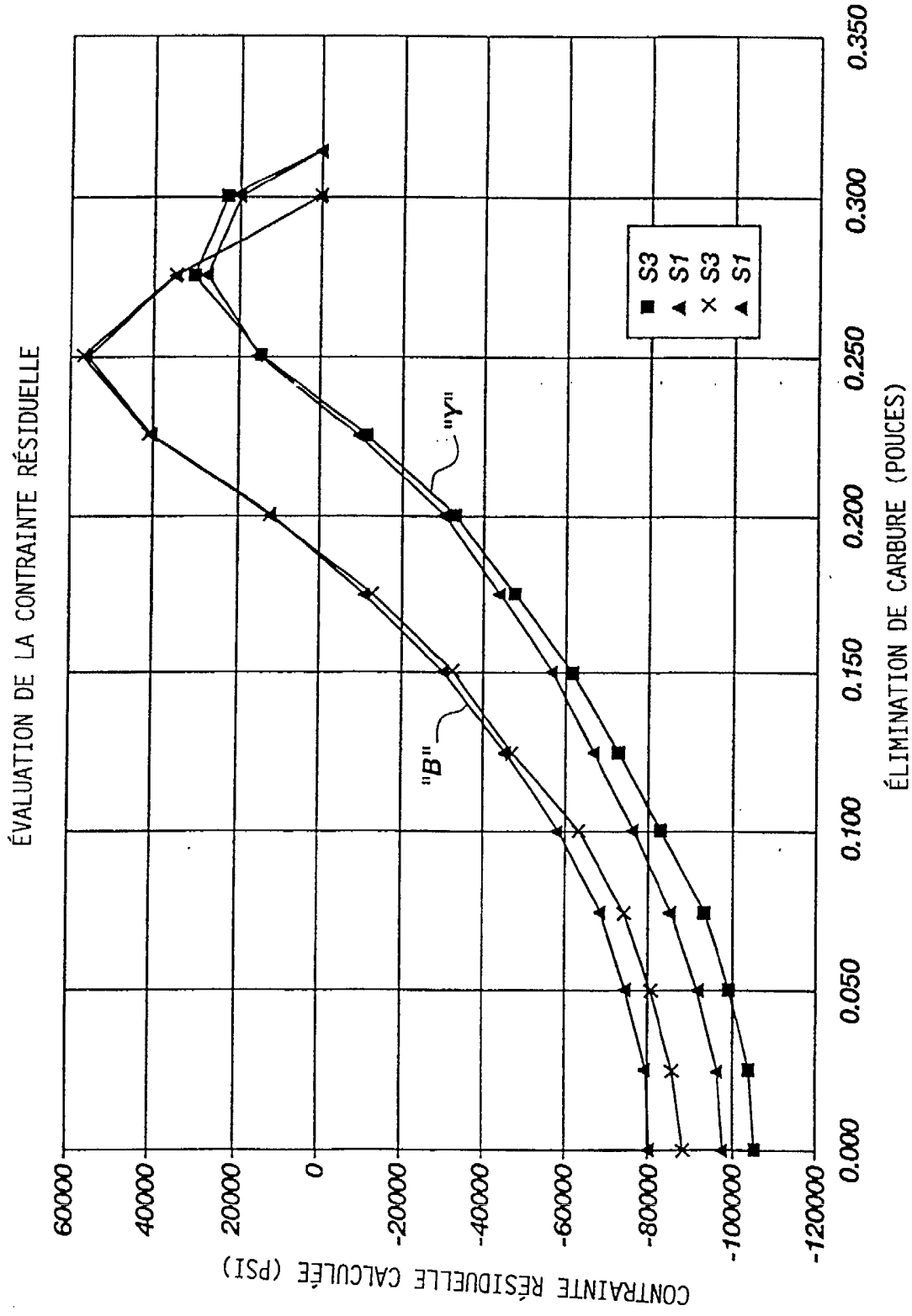


Fig. 11

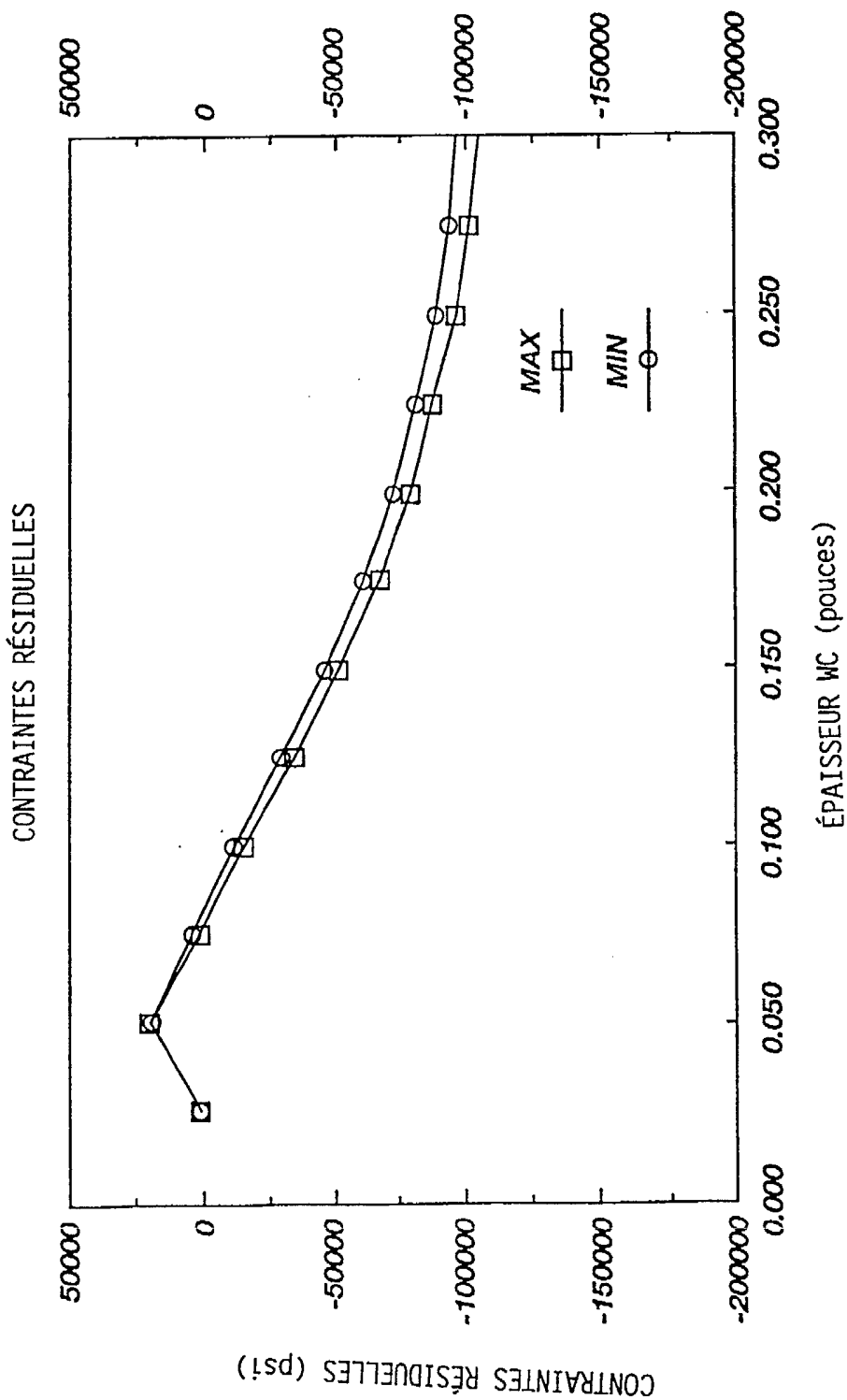


Fig. 12

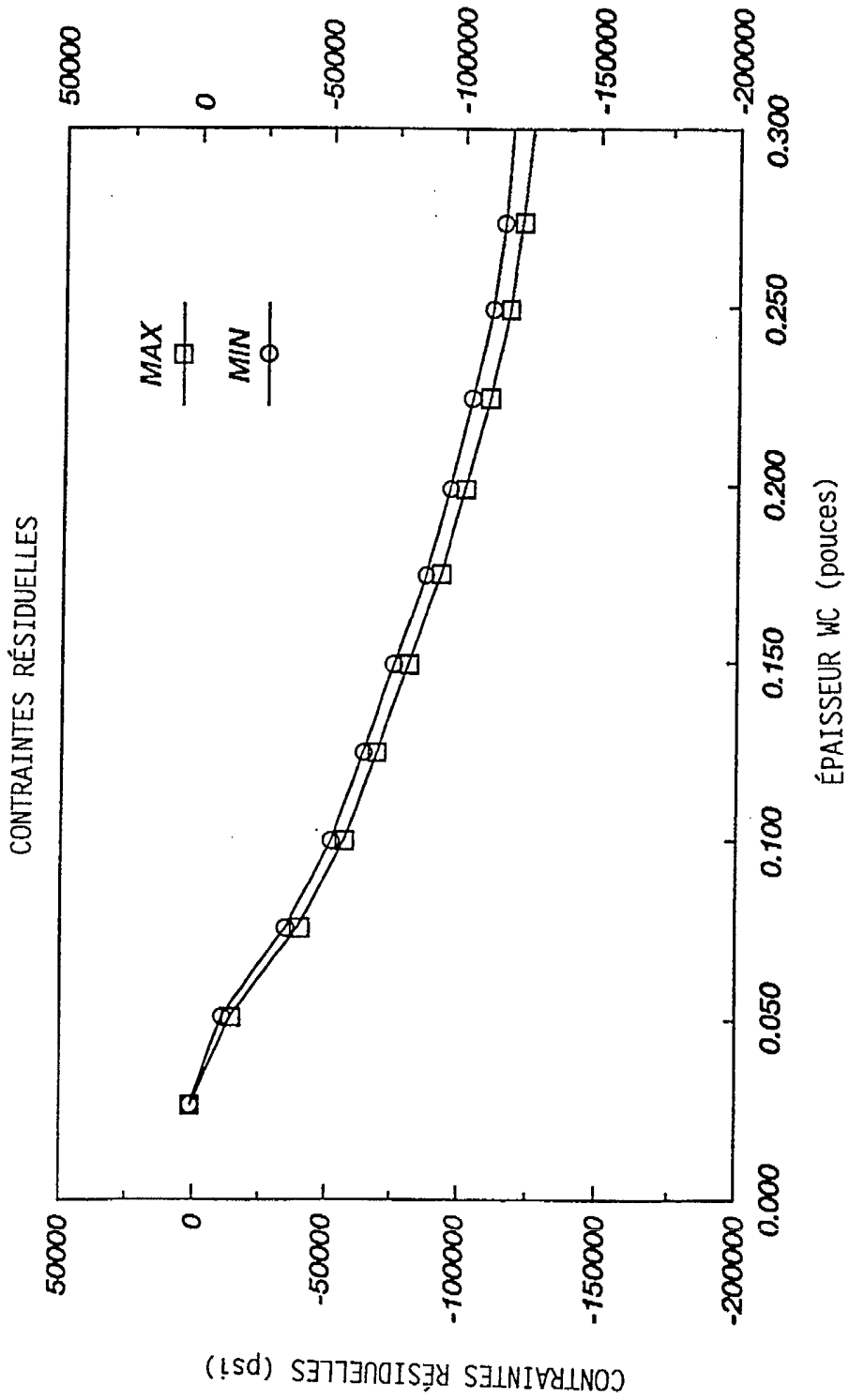
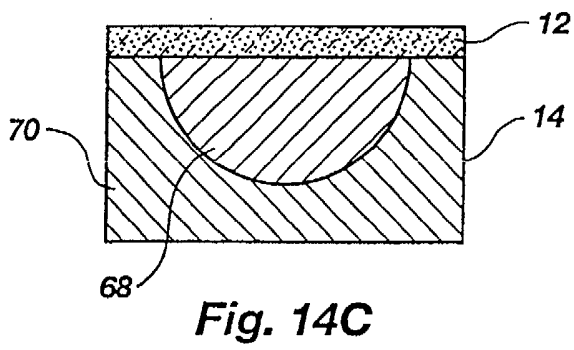
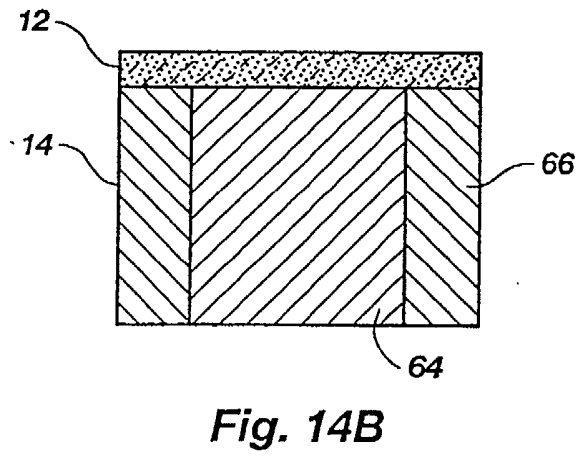
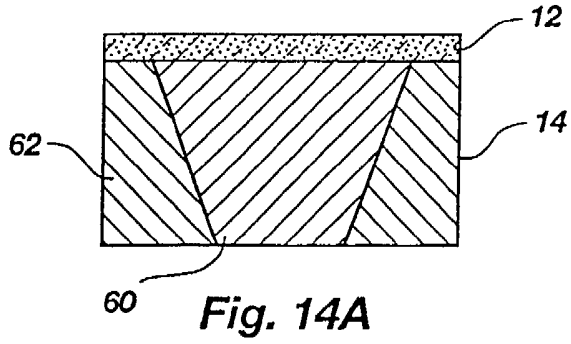


Fig. 13





Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BO 7716  
BE 20000005

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
D,X	US 5 304 342 A (HALL DAVID R ET AL) 19 avril 1994 (1994-04-19) * colonne 21, ligne 5 - colonne 22, ligne 32 *	1-10	E21B10/56 B22F7/06
A	DE 767 569 C (FRIED.KRUPP A.G.) 8 décembre 1952 (1952-12-08) * revendications 1,3 *	11-17	
A	US 5 816 347 A (TWARDOWSKI ERIC ET AL) 6 octobre 1998 (1998-10-06) * revendications 1,13 *	11-15	
D,A	US 5 176 720 A (TANK KLAUS ET AL) 5 janvier 1993 (1993-01-05) * colonne 3, ligne 1 - colonne 4, ligne 3; revendications 4,6,10 *	21	
A	US 5 701 578 A (LIU YIXIONG) 23 décembre 1997 (1997-12-23) * revendication 1 *	24	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			E21B B22F
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		14 mai 2002	Schruers, H
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 03 92 (P04C48)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BO 7716  
BE 20000005

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

14-05-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5304342	A	19-04-1994	EP	0579376 A1	19-01-1994
DE 767569	C	08-12-1952	AUCUN		
US 5816347	A	06-10-1998	AUCUN		
US 5176720	A	05-01-1993	AT	114265 T	15-12-1994
			AU	634804 B2	04-03-1993
			AU	6093390 A	21-03-1991
			CA	2023284 A1	15-03-1991
			DE	69014263 D1	05-01-1995
			EP	0418078 A2	20-03-1991
			IE	902878 A1	27-03-1991
			JP	4210379 A	31-07-1992
			ZA	9006295 A	30-10-1991
US 5701578	A	23-12-1997	AU	724995 B2	05-10-2000
			AU	4086997 A	10-06-1998
			DE	69707707 D1	29-11-2001
			DE	950125 T1	17-02-2000
			EP	0950125 A1	20-10-1999
			JP	2001504550 T	03-04-2001
			WO	9822637 A1	28-05-1998