



NUMERO DE PUBLICATION : 1016271A3

NUMERO DE DEPOT : 2001/0788

Classif. Internat. : E21B

Date de délivrance le : 04 Juillet 2006

SPF ECONOMIE, P.M.E.,

CLASSES MOYENNES & ENERGIE

Le Ministre de l'Economie,

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 05 Décembre 2001 à 14H35 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 : QUINTELIER Claude, GEVERS & VANDER HAEGHEN, Holidaystraat 5,
- B 1831 DIEGEM.

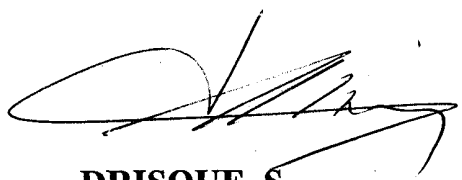
un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : TREPAN ET SON PROCEDE DE FABRICATION.

INVENTEUR(S) : Meiners Matthew J., 315 Valleywood Road #1001, The Woodlands, Texas 77380 (US); Lund Jeffrey B., 50 Wind Harp Place, The Woodlands, Texas 77382 (US); Harris Thomas M., 561 Hampton Road, Conroe, Texas 77302 (US)

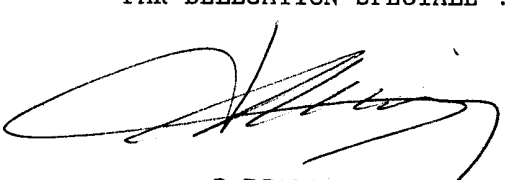
PRIORITE(S) 06.12.00 US USA09730983

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


DRISQUE S.
Conseiller

Bruxelles, le 04 Juillet 2006
PAR DELEGATION SPECIALE :


S. DRISQUE
Conseiller

"Trépan et son procédé de fabrication"**Domaine technique de l'invention**

La présente invention se rapporte dans l'ensemble à des trépan
tournants pour forer des formations souterraines. Plus particulièrement, l'invention se
rapporte à des trépan à couteaux fixes, ou ce que l'on appelle des trépan "raclants",
qui utilisent des couteaux très abrasifs présentant des angles d'inclinaison vers l'arrière
de couteau variant de manière continue, le long des différents emplacements ou zones
sur la face du trépan, les variations, étant adaptées au besoin pour améliorer la
transition entre des parties du trépan qui peuvent contenir différents angles
d'inclinaison vers l'arrière de couteau aussi bien que pour optimiser le rendement du
trépan.

Arrière-plan technologique

Des trépan usuels, de type tournant pour du forage terrestre,
comprennent typiquement des éléments coupants, ou "couteaux", qui y sont agencés
de façon à faciliter d'une manière souhaitée la coupe d'une formation souterraine. Des
couteaux, qui comprennent typiquement des comprimés de diamant polycristallin (PDC
= Polycrystalline Diamond Compact) sont orientés dans des poches de couteau du
trépan, qui sont orientées de manière à protéger le couteau et procurer un espace à
l'endroit du bord postérieur du couteau lorsque celui-ci se déplace axialement tout en
forant. L'angle selon lequel une face de coupe d'un couteau est orientée par rapport à
une paroi d'un trou de sonde en cours de façonnage est désigné par "inclinaison". Si
l'angle entre une surface de trou de sonde et une face de couteau est de 90°,
l'inclinaison est dite être neutre ou de 0°. Si l'angle entre la face de coupe d'un couteau
et la surface adjacente du trou de sonde en cours de façonnage est de moins de 90°,
l'angle d'inclinaison est négatif et est typiquement désigné par "inclinaison vers
l'arrière". La valeur de l'inclinaison vers l'arrière est égale à l'angle suivant lequel la
face de coupe du couteau est inclinée par rapport à la position d'inclinaison neutre. Par
exemple, un couteau orienté avec sa face de coupe selon un angle de 70° par rapport
à la surface adjacente du trou de sonde en cours de façonnage a une inclinaison vers
l'arrière de 20° ($90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$). Lorsque l'angle d'inclinaison entre la face de coupe
d'un couteau et la surface adjacente du trou de sonde est supérieur à 90°, le couteau
est orienté avec un angle d'inclinaison positif ou agressif, ou une "inclinaison vers
l'avant", qui est mesuré d'une manière semblable à celle suivant laquelle une

inclinaison vers l'arrière est mesurée.

Des récents tests et usages de modèles en laboratoire ont démontré que des angles de couteau à inclinaison vers l'arrière peuvent affecter des caractéristiques de rendement de forage. En particulier, une augmentation de l'angle d'inclinaison vers l'arrière d'un couteau apparaît améliorer un rendement de forage après que le couteau a commencé à s'user. Le plat d'usure d'un couteau orienté selon un assez grand angle d'inclinaison vers l'arrière est plus petit que le plat d'usure d'un couteau orienté selon un plus petit angle d'inclinaison vers l'arrière (c'est-à-dire plus proche d'un neutre) pour une quantité donnée de volume de diamant retiré. Ceci signifie que lorsque le diamant commence à s'user du couteau, des couteaux orientés selon des angles d'inclinaison vers l'arrière plus grands ont des zones "plates" plus petites que ne le font des couteaux orientés selon des angles d'inclinaison vers l'arrière plus petits. Des plats d'usure plus petits sur des couteaux procurent essentiellement une géométrie de coupe plus efficace. Un couteau effilé (c'est-à-dire un petit plat d'usure) entre en contact avec une formation avec moins de surface et avec la même valeur de force, en induisant par cela des tensions plus grandes dans la formation, en augmentant l'efficacité de coupe. De plus, il a été découvert qu'orienter des couteaux pour avoir des angles d'inclinaison vers l'arrière plus grands n'affecte pas de manière préjudiciable le rendement du trépan lorsque l'usure des couteaux augmente. De plus, des couteaux qui sont orientés pour avoir des angles d'inclinaison vers l'arrière plus grands procurent typiquement une meilleure résistance au choc que des couteaux qui sont orientés pour avoir des angles d'inclinaison vers l'arrière plus petits.

Bien qu'un comportement mentionné ci-dessus de résistance aux chocs accrue et de plat d'usure avantageux est bénéficiaire, le détriment de grands angles d'inclinaison vers l'arrière est que plus de charge sur le trépan (WOB = Weight On Bit) est nécessaire pour forer selon un taux de pénétration (ROP = Rate Of Penetration) donné.

En conséquence, dans l'ensemble un accroissement, qui enveloppe tout, des angles d'inclinaison vers l'arrière de couteau peut amener le trépan à nécessiter une tellement grande WOB au point de rendre le trépan non forant.

Une inclinaison de couteau n'affecte pas seulement la relation entre le ROP et la WOB mais détermine également l'agressivité du trépan. Ainsi, les inclinaisons des couteaux sur un trépan raclant peuvent affecter les caractéristiques de rendement et de forage du trépan. Les couteaux, sur beaucoup de trépons raclants, sont orientés de façon à être inclinés vers l'arrière en raison de la résistance à la

rupture accrue de couteaux qui ont des inclinaisons vers l'arrière relativement grandes.

Une conception de trépan raclants à PDC courante comprend typiquement des couteaux orientés selon différents angles d'inclinaison vers l'arrière en fonction de leurs emplacements sur le trépan. Par exemple, des couteaux qui sont
5 situés dans approximativement un tiers du rayon du trépan à partir de l'axe longitudinal du trépan sont typiquement orientés avec des angles d'inclinaison vers l'arrière de 15° nominaux. Des couteaux situés dans la zone d'épaulement du trépan sont orientés avec des angles d'inclinaison vers l'arrière d'approximativement 20°. Des couteaux qui sont positionnés près de la section de calibre du trépan sont typiquement orientés de
10 façon à avoir même des angles d'inclinaison vers l'arrière supérieurs, par exemple d'approximativement 30°. Ce changement discontinu de l'angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux change de manière brutale les comportement et rendement des couteaux entre chaque zone du trépan. Cette discontinuité peut être exagérée par les angles d'inclinaison effectifs des couteaux.

15 Chaque couteau situé sur une couronne de trépan à une distance radiale donnée à partir de l'axe longitudinal du trépan parcourt un trajet hélicoïdal lors d'une rotation du trépan. La géométrie (pas) du trajet hélicoïdal est déterminée par le ROP du trépan (c'est-à-dire le taux auquel le trépan fore dans une formation) et par la vitesse de rotation du trépan. Mathématiquement, il peut être montré que l'angle
20 d'hélice parcouru par un couteau par rapport à un plan horizontal (c'est-à-dire un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du trépan) dépend de la distance dont le couteau est écarté de l'axe longitudinal du trépan. Pour un ROP et une vitesse de rotation donnés, des couteaux situés plus près de l'axe longitudinal ont des angles d'hélice supérieurs à ceux de couteaux positionnés à des distances supérieures de l'axe
25 longitudinal du trépan. Essentiellement, le changement le plus grand des angles d'hélice apparaît pour des couteaux positionnés entre environ 3,8 cm et environ 5 cm de l'axe longitudinal du trépan. Dans cette zone, les angles d'hélice des couteaux en cours de rotation du trépan, varient d'à peu près 90°, pour des couteaux les plus proches de l'axe longitudinal du trépan, jusqu'à approximativement 7° pour des
30 couteaux positionnés à approximativement 5 cm de l'axe longitudinal. Le changement de l'angle d'hélice pour des couteaux écartés d'approximativement 5 cm de l'axe longitudinal et jusqu'au calibre de trépan est relativement petit.

Une inclinaison vers l'arrière effective d'un couteau est l'angle entre le couteau et la formation après une correction de l'angle d'hélice mentionné ci-dessus
35 pendant un forage (c'est-à-dire une soustraction de l'angle d'hélice, d'un couteau

pendant du forage, de l'angle d'inclinaison du couteau). Puisque des couteaux peuvent être en différents emplacements, leurs vitesses de coupe varient de manière linéaire avec leur position radiale. Ce phénomène de variance d'"inclinaison effective" d'un couteau avec l'emplacement radial, la vitesse de rotation du trépan et le ROP est
5 connu dans le métier et un exposé plus détaillé à ce sujet peut être trouvé dans le US-A-5 377 773 cédé à la cessionnaire de la présente invention et dont le contenu est incorporé par cela ici dans sont entièreté par cette référence.

Un état plan des PDC du métier, aussi bien de produits thermiquement stables (TSP = Thermally Stable Product) que d'autres types connus de couteaux, sont
10 typiquement placés, selon un angle d'inclinaison vers l'arrière donné, sur la face du trépan pour augmenter leur aptitude à résister à une sollicitation axiale du trépan qui est provoquée de manière prédominante par la force vers le bas, WOB, appliquée sur le trépan pendant le forage. En comparant l'inclinaison vers l'arrière effective d'un couteau, il est facile de voir que des couteaux positionnés dans approximativement les
15 5 cm (c'est-à-dire approximativement 2 pouces) de l'axe longitudinal d'un trépan sont inclinés de manière plus agressive que des couteaux positionnés à plus grande distance et avec les mêmes ou semblables angles d'inclinaison réels vers l'arrière.

Comme résultat des différents angles d'inclinaison effectifs de couteaux qui sont orientés sur un trépan de façon à avoir les mêmes angles d'inclinaison réels,
20 ces couteaux s'usent différemment, en fonction de leurs distances radiales à partir de l'axe longitudinal du trépan. Des essais ont été faits pour corriger ce problème par une redondance de couteaux mais l'efficacité de redondances de couteaux est limitée par le nombre de lames sur le trépan et par des contraintes d'espace.

Le US-A-5 979 576 de Hansen et al. (désigné ici après par "Hansen"),
25 cédé à la cessionnaire de la présente invention, décrit des trépan anti-tournoiement avec des couteaux de "flanc" placés dans ce que l'on appelle une "zone dépourvue de couteaux" à l'endroit ou près de leur zone de calibre. Typiquement, un patin porteur devrait être positionné sur le trépan dans cette zone et devrait recevoir la force de déséquilibre, en gardant par cela le trépan stable. Au lieu de cela, il est
30 proposé dans Hansen de placer des couteaux, situés dans la zone usuellement dépourvue de couteaux, selon une hauteur moindre à partir du profil de trépan que les autres couteaux et selon des angles d'inclinaison positifs, neutres ou négatifs. Ces couteaux n'entrent en prise avec la formation que lorsque les couteaux de zones de coupe s'émoussent et que le trépan a une tendance réduite au tournoiement, ou
35 lorsque les couteaux de la zone de coupe arrivent à des profondeurs de coupe

relativement grandes, par exemple lors d'un alésage ou à de forts taux de pénétration. Pour de grandes profondeurs de coupe, ces couteaux entrent en prise avec la formation et empêchent un endommagement de la zone porteuse et par cela augmentent la vie d'un trépan raclant à anti-tournoiement. Bien que Hansen décrive
5 des couteaux de flanc orientés selon des angles spécifiques, Hansen ne décrit pas d'orienter les couteaux de flanc sur un trépan selon des angles d'inclinaison différents l'un de l'autre.

Le US-A-5 549 171 de Mensa-Wilmot et al. décrit des trépan raclants avec des jeux de couteaux qui sont écartés dans l'ensemble de la même distance
10 radiale par rapport à l'axe longitudinal de la position du trépan mais qui ont différentes inclinaisons vers l'arrière. Ceci peut être obtenu en plaçant des couteaux avec différentes inclinaisons vers l'arrière sur différentes lames du trépan raclant. Chaque jeu de couteaux comprend des couteaux orientés selon les mêmes angles d'inclinaison. Les couteaux de différents jeux sur une unique lame peuvent avoir
15 chacun les mêmes angles d'inclinaison, ou des jeux longitudinalement adjacents de couteaux se décalent, une unique lame du trépan comprenant des couteaux orientés selon différents angles d'inclinaison. Les différents angles d'inclinaison des couteaux de chaque lame ne sont cependant pas des angles qui varient de manière continue (c'est-à-dire augmentent ou diminuent) le long de la hauteur du trépan raclant ou avec
20 différentes distances radiales à partir de l'axe longitudinal du trépan raclant.

Le US-A-5 314 033 de Tibbitts (ci-après "Tibbitts"), cédé à la cessionnaire de la présente invention, décrit l'utilisation de couteaux à inclinaison "positive" en combinaison avec des couteaux à inclinaisons négatives ou neutres, de manière à ce que les couteaux travaillent en coopération l'un avec l'autre. Des
25 couteaux inclinés effectivement positivement sont décrits comme amorçant agressivement la coupe de la formation tandis que des couteaux inclinés effectivement négativement sont décrits comme patinant ou voguant sur la formation. Ceci provoque que deux considérablement différents mécanismes de coupe coïncident sur le trépan, avec des changements brusques à la limite de coïncidence entre des zones avec
30 différentes inclinaisons vers l'arrière effectives. Tibbitts cependant ne décrit pas un trépan qui comprend sur sa face des zones avec des couteaux orientés selon différents angles d'inclinaison positifs ou négatifs variant de manière continue.

Les inventeurs ne connaissent pas de quelconque document qui décrit des trépan raclants comportant des couteaux fixes sur une zone particulière du trépan
35 et qui sont orientés de façon à avoir des angles d'inclinaison différents, modifiés de

manière continue.

Description de l'invention

La présente invention comprend des trépan raclants tournants comportant des couteaux fixes qui ont des angles d'inclinaison modifiés
5 essentiellement de manière continue et correspondant aux emplacements des couteaux par rapport à l'axe longitudinal du trépan raclant. Tel qu'utilisé ici, le terme "inclinaison" se rapporte à l'angle radial d'une face de coupe d'un couteau par rapport à une ligne de référence perpendiculaire à une surface d'une formation en cours de forage, comme cela a été décrit précédemment ici.

10 Dans une forme de réalisation d'un trépan raclant qui incorpore des enseignements de la présente invention, des couteaux sont orientés pour avoir des angles d'inclinaison qui augmentent proportionnellement avec un accroissement de la distance radiale des emplacements de couteaux par rapport à l'axe longitudinal du trépan raclant.

15 Dans une autre forme de réalisation de la présente invention, un trépan raclant comprend une face comportant une pluralité de zones ou régions de celle-ci séparées radialement. Chaque zone de couteaux comprend de nombreux couteaux orientés de façon à avoir le même angle d'inclinaison vers l'arrière. Les couteaux d'une zone de la face du trépan raclant seront cependant orientés pour avoir des angles
20 d'inclinaison qui diffèrent de ceux des couteaux situés dans une ou plusieurs autres zones de la face du trépan raclant. Dans des zones où deux zones adjacentes se touchent l'une l'autre, des couteaux adjacents à la limite sont orientés de façon à avoir des angles d'inclinaison qui procurent une transition douce entre les angles d'inclinaison de couteaux dans chacune des zones adjacentes. De plus, une zone ou
25 région donnée peut comprendre une série de couteaux qui ont des variations croissantes, décroissantes, croissantes et ensuite décroissantes, décroissantes et ensuite croissantes, ou cycliques des angles d'inclinaison.

Une autre forme de réalisation d'un trépan raclant suivant la présente invention comprend également des couteaux fixes, avec au moins une région ou zone
30 sur la face du trépan, qui sont orientés pour présenter des angles d'inclinaison qui varient de manière continue mais non nécessairement proportionnellement à la distance radiale de chacun des couteaux par rapport à l'axe longitudinal du trépan raclant. Au lieu de cela, d'autres facteurs, comme l'emplacement longitudinal ou l'angle du trajet hélicoïdal de chaque couteau, peuvent être pris en considération pour
35 déterminer l'angle d'inclinaison suivant lequel chacun des couteaux est orienté.

Un trépan raclant qui incorpore des enseignements de la présente invention peut comprendre au moins trois couteaux orientés de façon à présenter des angles d'inclinaison qui augmentent ou diminuent de manière consécutive sur base des emplacements radiaux relatifs des couteaux sur le trépan raclant, des positions
5 longitudinales relatives des couteaux sur le trépan raclant ou des positions relatives des couteaux sur une lame du trépan raclant.

Les angles d'inclinaison de couteaux sur des trépans raclants de la présente invention peuvent prendre en compte l'angle du trajet hélicoïdal que chaque couteau parcourt pendant une rotation du trépan raclant. L'angle du trajet hélicoïdal
10 peut être expliqué par une variation continue des angles d'inclinaison effectifs des couteaux en fonction de leur position sur le trépan tournant, de façon à contrecarrer les inclinaisons effectives des couteaux provoquées par les angles des trajets hélicoïdaux des couteaux.

Il est également considéré que les angles d'inclinaison de différents
15 couteaux peuvent être modifiés en réponse à des facteurs de rendement du trépan. A titre d'exemple, une charge sur le trépan en fonction de données du couple peut être analysée et des couteaux, dans au moins une région de la face d'un trépan raclant, peuvent être orientés selon des angles d'inclinaison qui sont modifiés de manière continue de façon à procurer une réponse en couple en fonction de la charge sur le
20 trépan. En tant qu'autre exemple, les angles d'inclinaison suivant lesquels différents couteaux, dans une zone particulière d'une face d'un trépan raclant, sont orientés peuvent être sélectionnés en réponse à des données de stabilité du trépan. Des critères de forage directionnel peuvent également être utilisés pour déterminer les différents angles d'inclinaison, modifiés de manière continue, de couteaux dans une
25 zone particulière sur une face d'un trépan raclant. D'autres exemples de facteurs qui peuvent être considérés pour déterminer l'angle d'inclinaison particulier, modifié de manière continue, de différents couteaux sur une face d'un trépan raclant comprennent, mais ne sont pas limités à, des caractéristiques d'usure, un type de formation, une sollicitation des couteaux, des tensions de la roche, une filtration ou des
30 gradients de filtration par rapport à une profondeur de coupe de conception dans des roches perméables, et une sollicitation thermique.

D'autres détails et particularités de l'invention ressortiront des revendications secondaires et de la description des dessins qui sont annexés au présent mémoire et qui illustrent, à titre d'exemples non limitatifs, le procédé et des
35 formes de réalisation particulières de trépans suivant l'invention.

Brève description des dessins

La figure 1 est une vue latérale en coupe transversale d'un trépan raclant à cinq lames, de forage terrestre, du type tournant.

La figure 2 est une vue du bas du trépan raclant de la figure 1.

5 La figure 3A est une vue latérale en coupe transversale d'une section de lame de trépan qui contient une poche de couteau.

La figure 3B est une vue latérale en coupe transversale de la section de lame de trépan représentée à la figure 3A, avec un couteau disposé dans la poche de couteau et représentant l'angle d'inclinaison du couteau.

10 Les figures 4A à 4E sont des vues latérales de chacune des cinq lames du trépan raclant de la figure 1, représentant le positionnement radial des couteaux suivant la présente invention.

Les figures 4F à 4T représentent graphiquement des formes de réalisation pour les relations de positions radiales des couteaux montrés dans les
15 figures 4A à 4E et les angles d'inclinaison de chacun de ces couteaux.

La figure 5A représente schématiquement une disposition de conception de couteaux pour un trépan et représente des positions radiales et longitudinales de couteaux.

Les figures 5B à 5E représentent graphiquement des formes de
20 réalisation pour des relations de positions verticales des couteaux montrés à la figure 5A et les angles d'inclinaison de ces couteaux.

La figure 6A est une vue latérale d'une lame de trépan représentant les positions radiales de couteaux le long de la lame.

Les figures 6B à 6G représentent graphiquement les relations entre les
25 positions radiales des couteaux montrés à la figure 6A, le long d'une unique lame, et les angles d'inclinaison de chacun de ces couteaux.

La figure 7A est une vue latérale d'une lame de trépan représentant les positions verticales des couteaux portés par celle-ci.

Les figures 7B à 7F représentent graphiquement les relations entre les
30 positions verticales des couteaux sur la lame montrée à la figure 7A et les angles d'inclinaison de chacun de ces couteaux.

La figure 8 représente graphiquement la valeur d'usure présentée par chacun des couteaux du trépan raclant qui est représenté schématiquement à la figure 5A.
35

La figure 9A illustre graphiquement que les couteaux du trépan raclant

de la figure 5A présentent des faces de coupe orientées suivant sensiblement les mêmes angles d'inclinaison vers l'arrière.

Les figures 9B et 9C représentent graphiquement une réorientation des
couteaux du trépan raclant de la figure 5A en réponse aux données d'usure montrées
5 à la figure 9A.

Dans les différentes figures, les mêmes notations de référence désignent des éléments identiques ou analogues.

Meilleur(s) mode(s) pour la mise en oeuvre de l'invention

Avec une référence aux figures 1 et 2, il est représenté un trépan 10 à
10 titre d'exemple, du type tournant, de forage terrestre, à couteaux fixes, qui est également désigné par "trépan raclant" pour simplifier. La figure 1 représente le trépan raclant 10 tel qu'il pourrait être orienté pendant un forage d'une formation. La figure 2 représente une face 12 du trépan raclant 10, qui précède le trépan raclant 10 lors d'un forage d'une formation.

15 Comme montré à la figure 1, le trépan raclant 10 peut comprendre un corps de trépan façonné sous la forme d'une masse de matière 200 en particules, résistant à l'érosion et résistant à l'abrasion, par exemple du carbure de tungstène (WC) infiltré avec une matière de liaison 201 tenace et une ductile, par exemple un alliage de fer et de nickel, façonnée sur une ébauche d'acier 202. En variante, le
20 trépan raclant 10 peut comprendre un corps d'acier. Dans l'un ou l'autre cas, le trépan raclant 10 comprend une tige 204 présentant une zone filetée 206 configurée pour fixer le trépan raclant 10 à un train de tiges de forage (non représenté).

Comme représenté, le trépan raclant 10 comporte cinq lames 20 qui s'étendent radialement dans l'ensemble sur la face de trépan 12 en direction du calibre
25 22 du trépan raclant 10. Les lames 20 peuvent comprendre des évidements qui y sont façonnés et qui sont désignés en tant que poches de couteaux 30 qui portent des éléments coupants qui sont également désignés ici en tant que couteaux 150 pour la simplicité. Les couteaux 150 sont orientés de façon à couper dans une formation lors d'une rotation du trépan raclant 10. Les zones évidées, situées entre des patins de
30 calibre 18, aux extrémités supérieures de lames adjacentes 20 qui s'étendent radialement au-delà du corps de trépan, sont désignées comme étant des encoches à débris 16.

Le trépan raclant 10 comprend également des passages internes 80 qui communiquent du fluide de forage en provenance du train de tiges de forage (non
35 représenté), à travers la tige 204, jusqu'à la face 12. Les passages 80 communiquent

avec la face 12 au moyen d'ouvertures 14 façonnées dans la face 12. Les ouvertures 14 sont configurées de préférence pour recevoir des ajutages 82. Les ajutages 82 peuvent être positionnés de manière contiguë à la face 12, aux extrémités des passages 80, de façon à pointer le fluide de forage éjecté des passages 80 dans des directions qui faciliteront le refroidissement et le nettoyage des éléments coupants 150 ainsi que le retrait de copeaux de formation et autres débris de la face 12 du trépan raclant 10 par l'intermédiaire des encoches à débris 16.

La figure 3A représente une section d'une lame 20 qui comprend une poche de couteau 30 dont les côtés (voir figure 2) ont été supprimés pour la clarté. Chaque poche de couteau 30 comprend une surface postérieure 32 qui est orientée selon un angle qui donne à une face de coupe 160 d'un couteau 150 disposé dans la poche de couteau 30 un angle d'inclinaison 40 souhaité par rapport à une surface d'une formation en cours de forage, comme montré à la figure 3B. Le couteau 150 peut être fixé dans la poche de couteau 30 par des processus connus, par exemple par brasure ou, dans certains trépans raclants à base de particules, en positionnant les couteaux 150, qui portent des comprimés de TSP, dans les poches 30 avant l'infiltration de la matrice en particules du corps de trépan. Comme représenté à la figure 3B, la face de coupe 160 est orientée avec un angle d'inclinaison négatif 40, ou inclinaison vers l'arrière. Dans la présente invention cependant, des couteaux 150 peuvent également être orientés, sur des trépans raclants 10, avec des angles d'inclinaison neutres ou des angles d'inclinaison positifs par rapport à une surface de la formation en cours de forage.

La manière spécifique suivant laquelle les angles d'inclinaison 40 peuvent être modifiés de manière continue dans différentes formes de réalisation de conception peut dépendre de plusieurs facteurs comprenant, sans limitation, la conception du trépan raclant 10 (par exemple la forme du profil du trépan raclant 10), le degré de redondance des couteaux 150, l'épaisseur du comprimé ou table de diamant sur chaque couteau 150, la formation à forer, la pression de la formation (c'est-à-dire la contrainte du trou de sonde), et la profondeur à laquelle un trou de sonde doit être foré dans la formation. La charge souhaitée sur le trépan ou des réponses de couple ainsi que des considérations de forage directionnel peuvent influencer des formes de réalisation de modifier de manière continue des angles d'inclinaison 40 des couteaux 150. Des données de stabilité peuvent également être une base pour concevoir un trépan raclant 10 avec des couteaux 150 orientés par leurs faces de coupe 160 selon des angles d'inclinaison 40 qui varient de manière

continue.

Dans une forme de réalisation à titre d'exemple de la présente invention, qui est illustrée par les figures 4A à 4M, un trépan raclant 10 peut porter des couteaux 150 qui sont orientés de façon à présenter des angles d'inclinaison qui sont au moins
5 partiellement dépendant des distances radiales de ces couteaux 150 par rapport à un axe longitudinal 44 du trépan raclant 10.

Les figures 4A à 4E représentent respectivement chacune des différentes lames 20 (20a, 20b, 20c, etc.) d'un trépan raclant 10 (figures 1 et 2), et les couteaux 150 (150A à 150V) portés par celui-ci. Comme montré aux figures 4A à
10 4E les couteaux 150 sont étiquetés de A à V en ordre, en fonction de leurs distances radiales respectives à partir de l'axe longitudinal 44, le couteau 150A étant situé le plus près de l'axe longitudinal 44 et le couteau 150V étant le plus distant de l'axe longitudinal 44.

Les figures 4F à 4M sont des graphiques qui représentent différentes
15 relations à titre d'exemple entre les angles d'inclinaison des couteaux 150 et leurs distances radiales relatives à partir de l'axe longitudinal 44. Comme indiqué dans chacune des figures 4F à 4M, des trépan raclants suivant chacune de ces formes de réalisation comprennent au moins une zone 70 avec des couteaux 150 qui ont des faces de coupe 160 orientées selon des angles d'inclinaison 40 (figure 3B) qui varient
20 de manière continue dans cette zone 70. Lorsque cela est approprié, on a étiqueté des zones 72 des graphiques dans lesquelles un trépan raclant 10 comprend au moins deux couteaux 150 qui sont positionnés à des distances consécutives (par exemple les couteaux 150C et 150D) à partir de l'axe longitudinal 44 et qui ont des faces de coupe 160 présentant des angles d'inclinaison 40 qui sont inégaux et qui varient de moins
25 qu'approximativement cinq degrés.

Comme montré à la figure 4F, la relation entre les distances radiales des couteaux 150, à partir de l'axe longitudinal 44, et les angles d'inclinaison 40 (figure 3B) des couteaux 150 peut être sensiblement linéaire. Bien que la figure 4F représente des couteaux 150 qui sont orientés avec les faces de coupe 160 selon des angles
30 d'inclinaison 40 plus négatifs au plus des couteaux 150 radialement distants sont écartés de l'axe longitudinal, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 peuvent en variante être moins négatifs (c'est-à-dire plus positifs) au plus grande est la distance radiale entre les couteaux 150 et l'axe longitudinal 44, comme cela est montré en traits interrompus à la figure 4F.

35 Comme variante, des faces de coupe 160 des couteaux 150 peuvent

être positionnées selon des angles d'inclinaison qui varient dans une relation quelque peu cyclique, comme représenté à la figure 4G. Comme représenté à la figure 4G, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 sont indépendantes de la distance radiale de chaque couteau 150 par rapport à l'axe longitudinal 44. Ou
5 plutôt, l'angle d'inclinaison 44 de chaque couteau 150 (par exemple le couteau 150C) peut être rattaché à l'angle d'inclinaison 40 du couteau précédent 150, le moins écarté (par exemple le couteau 150B) ou à l'angle d'inclinaison 40 du couteau 150 suivant, plus fortement écarté (par exemple le couteau 150D). A titre d'exemple, la figure 4G représente les couteaux 150B et 150D comme ayant des faces de coupe 160 qui sont
10 orientées avec une inclinaison négative d'approximativement vingt-cinq degrés alors que la face de coupe 160 du couteau 150C, qui est écarté de l'axe longitudinal 44 d'une distance radiale qui se situe entre les distances dont les couteaux 150B et 150D sont écartés radialement de l'axe longitudinal 44, est orientée avec une inclinaison négative d'approximativement quinze degrés.

15 La figure 4H représente graphiquement l'orientation de couteaux 150 sur un trépan raclant 10 qui comprend trois zones. Les faces de coupe 160 des couteaux 150A à 150G qui sont situés dans une première zone du trépan raclant 10 et qui sont situés le plus près de l'axe longitudinal 44 de celui-ci sont orientées de façon à avoir sensiblement les mêmes angles d'inclinaison 40. Une seconde zone 70 / 72
20 intermédiaire du trépan raclant 10 comprend des couteaux présentant des faces de coupe 160 orientées selon une variété de différents angles d'inclinaison 40. Comme montré, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150H à 150P deviennent moins négatifs au plus fortement les couteaux 150H à 150P de la seconde zone intermédiaire 70 / 72 sont écartés radialement de l'axe longitudinal 44. Les
25 couteaux 150 de la zone 70 / 72 sont agencés avec leurs faces de coupe 160 orientées selon différents angles d'inclinaison 40, l'angle d'inclinaison 40 de la face de coupe 160 de chaque couteau consécutif 150H, 150I, 150J, etc. ... variant de moins qu'approximativement cinq degrés par rapport aux angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 précédents et suivants. Une troisième zone du trépan
30 raclant 10, qui est de loin la plus radialement écartée de l'axe longitudinal 44 comprend des couteaux 150Q à 150V comportant des faces de coupe 160 qui sont orientées selon sensiblement les mêmes angles d'inclinaison 40 par rapport à une surface d'une formation à forer. Les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150A à 150G situés dans la première zone de la face 12 du trépan raclant 10 sont
35 moins négatifs que les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des éléments

coupants 150Q à 150V qui sont situés dans la troisième zone de la face 12.

La figure 4I présente graphiquement un autre trépan raclant 10 comportant des couteaux 150 situés dans trois zones de la face 12. Inversement à l'agencement des couteaux 150 représentés à la figure 4H, les faces de coupe 160 des couteaux 150A à 150G de la première zone de la face 12 sont orientées avec des angles d'inclinaison 40 moins négatifs que ne le sont les faces de coupe 160 des couteaux 150Q à 150V situés dans la troisième zone de la face 12. Pour procurer une transition entre les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 des première et troisième zones, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150H à 150P de la seconde zone intermédiaire 70 / 72 de la face 12 deviennent moins négatifs au plus éloigné est positionné chaque couteau 150 par rapport à l'axe longitudinal 44 du trépan raclant 10. Comme dans la représentation graphique de la figure 4H, la figure 4I montre que les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 de la zone 70 / 72 sont agencés avec leurs faces de coupe 160 orientées selon des angles d'inclinaison 40 différents et que l'angle d'inclinaison 40 de la face de coupe 160 de chaque couteau consécutif 150H, 150I, 150J, etc. ... varie de moins qu'approximativement cinq degrés par rapport aux angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 précédents et suivants.

La figure 4J représente également graphiquement les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 de couteaux 150 agencés dans trois zones d'une face 12 d'un trépan raclant. Les couteaux 150A à 150F qui sont situés le plus près d'un axe longitudinal 44 du trépan raclant 10 sont portés par une première zone de la face 12. Les couteaux 150G à 150N sont écartés d'une distance radiale supérieure par rapport à l'axe longitudinal 44 que ne le sont les couteaux 150A à 150F et sont situés sur une seconde zone, intermédiaire, de la face 12. La troisième zone de la face 12 porte des couteaux 150O à 150V qui sont écartés de mêmes distances radiales supérieures par rapport à l'axe longitudinal 44. Bien que la figure 4J représente les couteaux 150A à 150F et les couteaux 150O à 150V comme ayant des faces de coupe 160 qui sont orientées sensiblement selon les mêmes angles d'inclinaison 40, les couteaux 150 de la seconde zone de la face 12, qui sont écartés de distances radiales consécutives par rapport à l'axe longitudinal 44 (c'est-à-dire les couteaux 150G et 150H) ont des faces de coupe 160 qui sont orientées selon différents angles d'inclinaison 40 qui commencent avec une diminution de l'inclinaison vers l'arrière suivie par une augmentation selon une progression non linéaire, les faces de coupe 160 des couteaux 150 écartés de distances radiales intermédiaires par

rapport à l'axe longitudinal 44 (c'est-à-dire le couteau 150K) étant orientées selon les angles d'inclinaison 40 les plus négatifs.

Les figures 4K à 4T représentent graphiquement d'autres agencements de couteaux 150, comportant des zones avec des angles d'inclinaison 44 variables de façon continue et qui incorporent des enseignements de la présente invention.

Les figures 5A à 5L représentent schématiquement et graphiquement une autre forme de réalisation d'une disposition de conception pour des couteaux 150' d'un trépan raclant 10', les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160' des couteaux 150' étant rattachés, au moins en partie, aux positions verticales des couteaux 150' par rapport à un axe longitudinal 44' du trépan raclant 10'.

Comme représenté à la figure 5A, le trépan raclant 10' comprend une face 12' et des lames 20' sur lesquelles sont orientés une pluralité de couteaux 150A' à 150V' qui sont désignés de manière collective comme étant les couteaux 150'. Bien que tous les couteaux 150' soient représentés à la figure 5A comme étant situés sur une unique lame 20', la figure 5A représente purement les positions des couteaux 150' l'un par rapport à l'autre en ce qui concerne tant un axe longitudinal 44' du trépan raclant 10' qu'une position verticale le long de l'axe longitudinal 44'. En réalité, les couteaux 150' sont portés par différentes lames 20', les positions des couteaux ayant été tournées dans un unique plan pour la clarté. La série des couteaux 150A' à 150V' est cependant basée sur les distances radiales relatives des couteaux 150A' à 150V' par rapport à l'axe longitudinal 44', le couteau 150A' étant situé le plus près de l'axe longitudinal 44' et le couteau 150V' étant radialement écarté de la plus grande distance par rapport à l'axe longitudinal 44'.

Les figures 5B à 5E représentent différentes relations à titre d'exemple entre la position verticale de chaque couteau 150' le long de l'axe longitudinal 44' du trépan raclant 10' et l'angle d'inclinaison 40 de la face de coupe 160' de chaque couteau 150'. Comme montré aux figures 5B à 5E, chacune des relations à titre d'exemple entre les positions verticales des couteaux 150' et les angles d'inclinaison 40 selon lesquels les faces de coupe 160' des couteaux 150' sont orientées, comprend sur la face 12' des zones 70 qui portent des jeux de deux ou plusieurs couteaux 150' positionnés de manière consécutive et qui sont orientés de façon à ce que les angles d'inclinaison 40 de leurs faces de coupe 160' respectives varient de manière continue. Dans au moins certaines zones 72, les angles d'inclinaison 40 des couteaux 150' positionnés de manière consécutive varient de moins qu'approximativement cinq degrés.

Comme montré à la figure 5A des couteaux 150A' à 150V', le couteau 150G' est à la position la plus basse le long de l'axe longitudinal 44' alors que le couteau 150V' est à la position la plus élevée le long de l'axe longitudinal 44'. Les agencements de couteaux 150' à titre d'exemple, représentés aux figures 5B à 5E
5 montrent que l'angle d'inclinaison 40 de la face de coupe 160' du couteau 150G' le plus bas peut être l'angle d'inclinaison maximal ou l'angle d'inclinaison minimal de tous les couteaux 150'. Cependant, d'autres orientations d'angles d'inclinaison des couteaux 150' qui sont rattachés aux positions verticales relatives d'au moins certains couteaux sur le trépan raclant 10' sont également comprises dans la portée de la présente
10 invention.

En se tournant à présent vers les figures 6A à 6G, il est représenté une forme de réalisation d'un agencement d'angles d'inclinaison 40 de couteaux 150" qui prend en compte les positions relatives des couteaux 150" le long d'une unique lame 20" d'un trépan raclant 10".

15 Comme montré à la figure 6A, le trépan raclant 10" comprend une lame 20" qui porte des couteaux 150A" à 150F" qui sont désignés de manière collective ici comme étant les couteaux 150". Les figures 6B à 6G représentent différentes relations possibles entre les positions des couteaux 150" le long de la lame 20", ou les distances radiales des couteaux 150" sur une unique lame 20", par rapport à l'axe longitudinal
20 40" du trépan raclant 10", et les angles d'inclinaison 40 selon lesquels les faces de coupe 160" des couteaux 150" sont orientées. A nouveau, les angles d'inclinaison 40 d'au moins certains couteaux 150" positionnés de manière consécutive dans une zone 70 de la lame 20" sont modifiés de manière continue. La lame 20" peut également comprendre des couteaux 150" positionnés de manière contiguë et qui sont identifiés
25 dans les figures 6B à 6G par le numéro de référence 72 et qui ont des faces de coupe 160" orientées selon des angles d'inclinaison 40 qui diffèrent de moins qu'approximativement cinq degrés l'un de l'autre.

Aux figures 7A à 7F, il est représenté encore une autre forme de réalisation d'un agencement d'angles d'inclinaison 40 de faces de coupe 160"" qui
30 varient de façon continue, incorporant des enseignements de la présente invention.

La figure 7A représente une lame 20"" d'un trépan raclant 10"" qui porte des couteaux 150A"" à 150F"". Dans cette forme de réalisation, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160"" des couteaux 150A"" à 150F"" sont au moins partiellement déterminés en fonction de la position verticale de chaque couteau 150A"" à 150F"" sur
35 une unique lame 20"" par rapport à un axe longitudinal 44"" du trépan raclant 10"". Ainsi,

les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160''' sont indépendants de la position des couteaux sur d'autres lames du trépan raclant 10'''. Bien que les angles d'inclinaison 40 de la présente forme de réalisation sont au moins partiellement dépendants des positions verticales des couteaux 150A''' à 150F''', la séquence
 5 d'identification des couteaux 150A''' à 150F''' est basée sur la distance relative selon laquelle chacun des couteaux 150A''' à 150F''' est écarté radialement de l'axe longitudinal 44''' sur la lame 20'''.

Différents agencements d'angles d'inclinaison 40 à titre d'exemple, des couteaux 150A''' à 150F''' sont représentés dans les graphiques des figures 7B à 7F.
 10 Comme montré dans les figures 7B à 7F, dans chacun de ces agencements d'angles d'inclinaison 40, des couteaux 150''' positionnés de manière consécutive sur au moins une partie de la lame 20''', qui est désignée comme étant une zone 70, sont orientés avec leurs faces de coupe 160''' selon différents angles d'inclinaison 40 qui varient de manière continue. Lorsque c'est approprié, on a désigné des zones 72 d'une lame 20'''
 15 dans lesquelles au moins deux couteaux 150''' contigus dans la suite ont des faces de coupe 160''' qui sont orientées selon différents angles d'inclinaison qui varient de moins qu'approximativement cinq degrés.

Comme mentionné ci-dessus, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160 des couteaux 150 peuvent être avantageusement conçus pour améliorer les
 20 caractéristiques d'usure individuelles d'un couteau en une ou plusieurs positions sur une face 12 d'un trépan raclant 10 ou toutes les caractéristiques d'usure du trépan raclant 10. En concevant ainsi un trépan raclant 10, des données d'usure peuvent être récoltées à partir soit de trépans raclants usés, soit de simulations par ordinateur, soit d'extrapolation de données de laboratoire. Ensuite, par analyse des données d'usure,
 25 les angles d'inclinaison 40 selon lesquels sont orientées les faces de coupe 160 des couteaux 150 d'un trépan peuvent être modifiés pour régler l'usure relative d'un ou de plusieurs couteaux 150 ou de tout le trépan raclant 10 de façon à augmenter la durée de vie des couteaux 150 ou du trépan raclant 10.

A des fins d'illustration seulement, la figure 8 représente un exemple de
 30 l'usure relative de couteaux 150A' à 150V' du trépan raclant 10' représenté à la figure 5A. Chacun des couteaux 150A' à 150V' était orienté avec sa face de coupe 160' présentant un angle d'inclinaison 40 négatif, ou inclinaison arrière, d'approximativement quinze degrés comme représenté dans le graphique de la figure 9A. Le rendement observé de couteaux 150' individuels ou de tout le trépan raclant 10'
 35 est comparé aux critères de rendement souhaité. Les orientations des couteaux 150'

sur le trépan raclant 10' peuvent être modifiées alors pour procurer sur le trépan raclant 10' des zones où des couteaux 150' contigus de manière consécutive ont des faces de coupe 160' qui ont des angles d'inclinaison 40 qui varient de manière continue de façon à compenser des disparités entre les rendements souhaités et mesurés des
5 couteaux 150' ou du trépan raclant 10'.

En tant qu'exemple d'une réponse à des données d'usure observées, des couteaux 150' qui étaient soumis à une usure accrue (par exemple les couteaux 150I' à 150V') peuvent être réorientés comme cela est montré dans le graphique de la figure 9B de manière à en diminuer l'usure, les faces de coupe 160' de ces couteaux
10 150' (par exemple les couteaux 150I' à 150V') étant orientées selon des angles d'inclinaison 40 qui contrecarreront les tendances des couteaux 150' de ces emplacements à s'user à des taux accrus par rapport aux taux d'usure de couteaux 150' en d'autres positions sur le trépan raclant 10'. A la figure 9B, les angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160' des couteaux 150A' à 150H', que la figure 8
15 montre présenter une usure très petite (moins qu'approximativement cinq pour cent) n'ont pas été modifiés alors que la valeur négative des angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160' des couteaux 150I' à 150V' restants a été accrue, avec la valeur accrue d'usure représentée à la figure 8.

En variante, comme représenté à la figure 9C, les angles d'inclinaison
20 40 peuvent être modifiés en réduisant la valeur négative de l'angle d'inclinaison 40 pour les faces de coupe 160' des couteaux 150A' à 150H' qui présentent une faible usure et en accroissant la valeur négative des angles d'inclinaison 40 pour les faces de coupe 160' des couteaux 150I' à 150V' dans les zones d'usure supérieure de la face 12' du trépan raclant 10. Une motivation pour cette stratégie consisterait à empêcher
25 que la charge sur le trépan soit accrue de manière excessive en raison de l'accroissement moyen de la valeur négative de l'angle d'inclinaison 40 (c'est-à-dire l'inclinaison vers l'arrière) des couteaux 150'.

Dans cette forme de réalisation de l'invention, les figures 9B et 9C représentent une modification des angles d'inclinaison 40 d'une manière qui suit dans
30 l'ensemble la fonction de configuration d'usure. Les modifications représentées aux figures 9B et 9C ne sont pas destinées à limiter la portée de l'invention; ces modifications ne sont plutôt prévues qu'en tant que formes de réalisation de l'invention à titre d'exemple.

Bien que cela soit le plus évident à partir des représentations
35 graphiques des figures 6B à 6E, des fonctions mathématiques peuvent être utilisées

pour modifier de manière continue les angles d'inclinaisons 40 des faces de coupe 160, 160', 160'', 160''' d'au moins certains couteaux 150, 150', 150'', 150''' portés par la face 12, 12', 12'', 12''' d'un trépan raclant 10, 10', 10'', 10'''. Par exemple des fonctions mathématiques peuvent être utilisées pour augmenter dans l'ensemble ou diminuer

5 dans l'ensemble les angles d'inclinaison 40 des couteaux 150, 150', 150'', 150''' dans une telle zone variable 70, en fonction des positions relatives de ces couteaux 150, 150', 150'', 150'''. Des fonctions linéaires ou fonctions non linéaires peuvent également être utilisées pour agencer les couteaux 150, 150', 150'', 150''' dans une zone 70 sur la face 12, 12', 12'', 12''' d'un trépan raclant 10, 10', 10'', 10''' de façon à ce que les faces

10 de coupe 160, 160', 160'', 160''' de ceux-ci soient orientées selon des angles d'inclinaison 40 qui varient de manière continue. D'une même manière, des fonctions en polynômes, des fonctions exponentielles ou des fonctions cycliques peuvent être utilisées pour déterminer des angles d'inclinaison 40. Les angles d'inclinaison 40 qui varient de manière continue, des faces de coupe 160, 160', 160'', 160''' des couteaux

15 150, 150', 150'', 150''' positionnés de manière consécutive sur au moins une zone 70 d'une face 12, 12', 12'', 12''' d'un trépan raclant 10, 10', 10'', 10''', peuvent prendre en variante la forme de configurations qui se répètent ou qui ne se répètent pas.

Chacun des agencements d'angles d'inclinaison 40 inventifs décrits présentement, des couteaux 150, 150', 150'', 150''', peuvent comprendre de prévoir de

20 petits changements (c'est-à-dire de moins qu'approximativement 5 degrés) des angles d'inclinaison 40 des faces de coupe 160, 160', 160'', 160''' de couteaux 150, 150', 150'', 150''' contigus de manière consécutive, de façon à adoucir la transition entre des zones, sur la face 12, 12', 12'', 12''', comportant des couteaux 150, 150', 150'', 150''' d'angles d'inclinaison 40 différents. En variant de manière continue l'angle d'inclinaison

25 vers l'arrière des couteaux, de nombreux avantages apparaîtront. Un avantage de la transition continue entre différents angles d'inclinaison vers l'arrière de couteaux est un adoucissement des forces des couteaux entre deux zones présentant différents angles d'inclinaison vers l'arrière des couteaux. Ces forces des couteaux affectent directement un tournoisement du trépan et le comportement dynamique du trépan. Ainsi, une

30 transition adoucie procure l'avantage d'un forage doux et plus stable. La réduction de vibrations et de sollicitations dynamiques augmente la vie des couteaux, en augmentant par cela la vie du trépan également. Un autre avantage consiste en ce que, en modifiant l'angle d'inclinaison vers l'arrière, le rendement de forage et les caractéristiques d'usure peuvent être adaptées aux besoins.

35 Il doit être entendu que l'invention n'est nullement limitée aux formes de

réalisation décrites et que bien des modifications peuvent être apportées à ces dernières sans sortir du cadre des revendications.

En tant qu'encore une autre variante, un trépan incorporant des enseignements de la présente invention peut comprendre des couteaux présentant des
5 angles d'inclinaison qui varient de manière continue d'une manière produite aléatoirement. Par exemple, les angles d'inclinaison des couteaux d'un trépan de ce genre pourraient être déterminés par un générateur de nombres aléatoires comme cela est connu dans le métier plutôt qu'en fonction de l'emplacement radial ou axial de
10 chaque couteau sur le trépan. Des angles d'inclinaison aléatoires peuvent par exemple être utiles pour communiquer au trépan une stabilité accrue ou une valeur souhaitée de production de copeaux.

Légende des figures

Figure 4F

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

5 Figure 4G

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4H

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

10 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4I

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4J

15 Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4K

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

20 Figure 4L

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4M

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

25 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4N

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4O

30 Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4P

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

35 Figure 4Q

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4R

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

5 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4S

Cutter label 150 = étiquette de couteau 150

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 4T

10 Cutter label 150* = étiquette de couteau 150*

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 5B

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

15 Figure 5C

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 5D

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

20 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 5E

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 6B

25 Cutter label 150" = étiquette de couteau 150"

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 6C

Cutter label 150" = étiquette de couteau 150"

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

30 Figure 6D

Cutter label 150" = étiquette de couteau 150"

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 6E

Cutter label 150" = étiquette de couteau 150"

35 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 6F

Cutter label 150" = étiquette de couteau 150"

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 6G

5 Cutter label 150" = étiquette de couteau 150"

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 7B

Cutter label 150''' = étiquette de couteau 150'''

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

10 Figure 7C

Cutter label 150''' = étiquette de couteau 150'''

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 7D

Cutter label 150''' = étiquette de couteau 150'''

15 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 7E

Cutter label 150''' = étiquette de couteau 150'''

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 7F

20 Cutter label 150''' = étiquette de couteau 150'''

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 8

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

Relative wear (%) = usure relative (%)

25 Figure 9A

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 9B

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

30 Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

Figure 9C

Cutter label 150' = étiquette de couteau 150'

Cutter back rake angle (Degrees) = angle d'inclinaison vers l'arrière des couteaux (degrés)

REVENDECATIONS

1. Trépan raclant pour du forage de formations souterraines, comprenant :

- un corps de trépan comportant un axe longitudinal, un calibre de trépan écarté
5 sensiblement radialement de l'axe longitudinal, et une face positionnée pour précéder le trépan raclant dans la formation souterraine pendant un forage, et
- une pluralité de couteaux orientés sur le corps de trépan, un angle d'inclinaison de
chaque couteau de ladite pluralité de couteaux étant fonction d'au moins l'une
10 parmi une distance radiale dudit couteau par rapport à l'axe longitudinal et une
position verticale dudit couteau le long de l'axe longitudinal.

2. Trépan raclant suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins deux couteaux positionnés sur au moins ladite face présentent des angles d'inclinaison différents.

3. Trépan raclant suivant la revendication 1 ou la revendication 2,
15 caractérisé en ce qu'au moins une zone de ladite face comporte un premier couteau présentant un premier angle d'inclinaison et un second couteau présentant un second angle d'inclinaison, les premier et second angles d'inclinaison variant de moins qu'approximativement cinq degrés.

4. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en
20 ce qu'au moins une zone de ladite face comprend un premier couteau présentant un premier angle d'inclinaison, un second couteau présentant un second angle d'inclinaison, un troisième couteau présentant un troisième angle d'inclinaison, les premier, second et troisième angles d'inclinaison différant l'un de l'autre.

5. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en
25 ce que les couteaux susdits sont consécutifs en ce qui concerne des distances radiales de ladite pluralité de couteaux par rapport à l'axe longitudinal.

6. Trépan raclant suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins trois couteaux consécutifs de la pluralité de couteaux ont chacun des angles d'inclinaison différents d'un angle d'inclinaison du couteau contigu dans la suite.

7. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en
30 ce que les couteaux susdits sont consécutifs en ce qui concerne des positions verticales de ladite pluralité de couteaux le long de l'axe longitudinal.

8. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une pluralité de lames.

9. Trépan raclant suivant la revendication 8, caractérisé en ce qu'au
35

moins deux couteaux positionnés sur une lame de la pluralité de lames ont des angles d'inclinaison différents.

10. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que des angles d'inclinaison de ladite pluralité de couteaux sont configurés pour
5 réduire l'usure d'au moins certains couteaux de la pluralité de couteaux.

11. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les angles d'inclinaison de ladite pluralité de couteaux sont configurés pour réduire une sollicitation thermique d'au moins certains couteaux de ladite pluralité de couteaux.

10 12. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'au moins certains couteaux de ladite pluralité de couteaux ont des angles d'inclinaison qui sont configurés pour faciliter un forage directionnel avec le trépan raclant.

13. Trépan raclant suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en
15 ce qu'au moins certains couteaux de ladite pluralité de couteaux ont des angles d'inclinaison qui sont configurés pour réduire des contraintes de trous de sonde sur ces couteaux.

14. Procédé pour concevoir un trépan tournant destiné à forer une formation souterraine, comprenant :

- 20 – une sélection d'un type de trépan et de critères de rendement souhaités,
– une sélection d'au moins deux couteaux consécutifs pour leur placement sur le type de trépan,
– une obtention de données de rendement de forage,
– une comparaison des données de rendement de forage et des critères de
25 rendement souhaités,
– une modification d'un angle d'inclinaison desdits deux couteaux consécutifs du type de trépan en réponse à la comparaison, de façon à ce qu'un angle d'inclinaison de chacun desdits deux couteaux consécutifs présente un angle d'inclinaison différent par rapport à chaque couteau contigu de manière
30 consécutive.

15. Procédé suivant la revendication 14, caractérisé en ce que l'obtention de données de rendement de forage comprend une simulation mathématique du forage d'une formation rocheuse avec le type de trépan sélectionné.

16. Procédé suivant la revendication 14, caractérisé en ce que
35 l'obtention de données de rendement de forage comprend un forage d'au moins un

trépan tournant dudit type de trépan dans une formation souterraine.

17. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une sélection desdits deux couteaux consécutifs sur la base d'au moins l'une des particularités d'être écartés par des distances radiales consécutives d'un axe longitudinal dudit type de trépan sélectionné et d'être situés à des positions consécutives le long d'un axe longitudinal du type de trépan sélectionné.

18. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 17, caractérisé en ce que la configuration comprend une configuration desdits deux couteaux consécutifs afin d'être situés sur une même lame du type de trépan sélectionné.

10 19. Procédé suivant l'une des revendications 14 à 18, caractérisé en ce que ladite modification est effectuée sur base d'au moins une des caractéristiques d'usure desdits deux couteaux consécutifs, caractéristiques de sollicitation thermique desdits deux couteaux consécutifs, stabilité de forage du trépan tournant, paramètres de forage directionnel du trépan tournant, positions radiales desdits deux couteaux
15 consécutifs sur le trépan tournant, positions longitudinales desdits deux couteaux consécutifs sur le trépan tournant, positions desdits deux couteaux consécutifs sur une unique lame, et contraintes de trou de sonde à rencontrer par le trépan tournant.

-26-

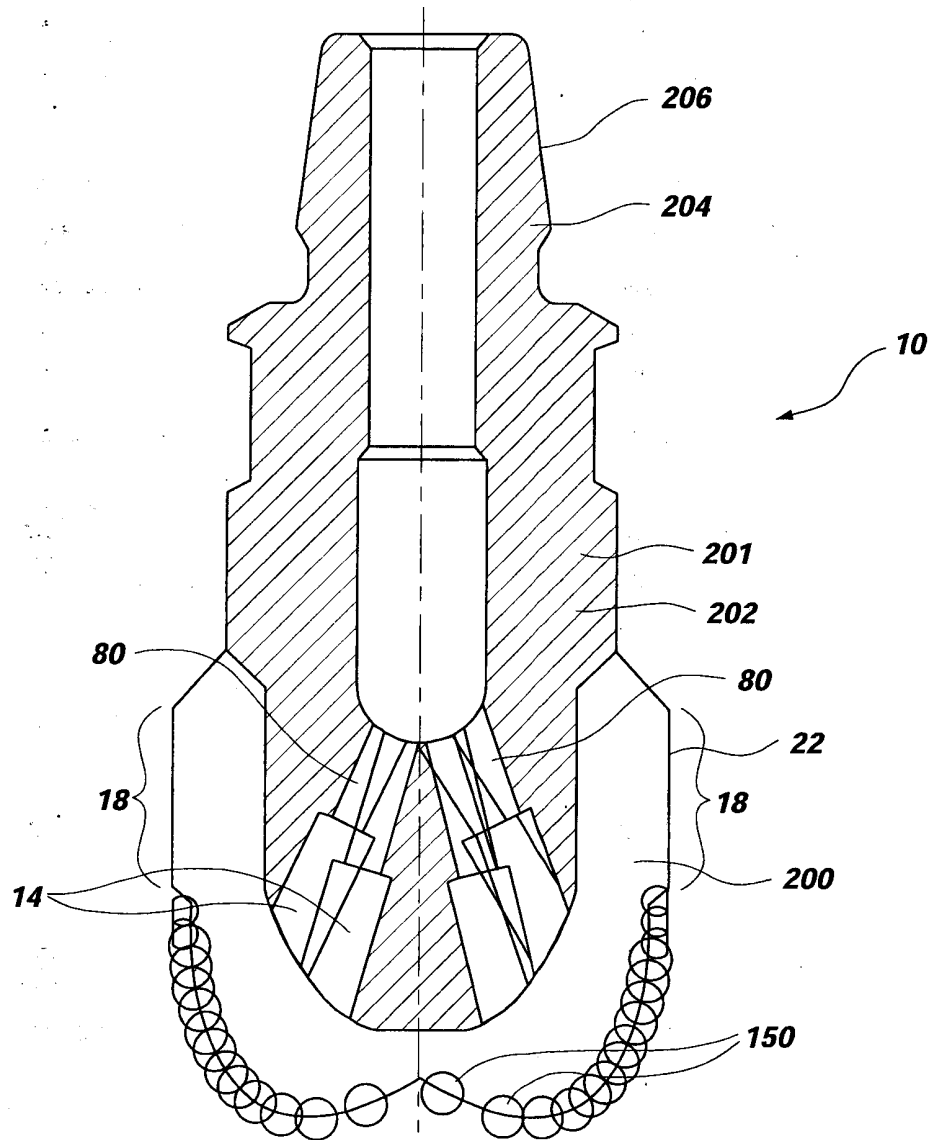


Fig. 1

-27-

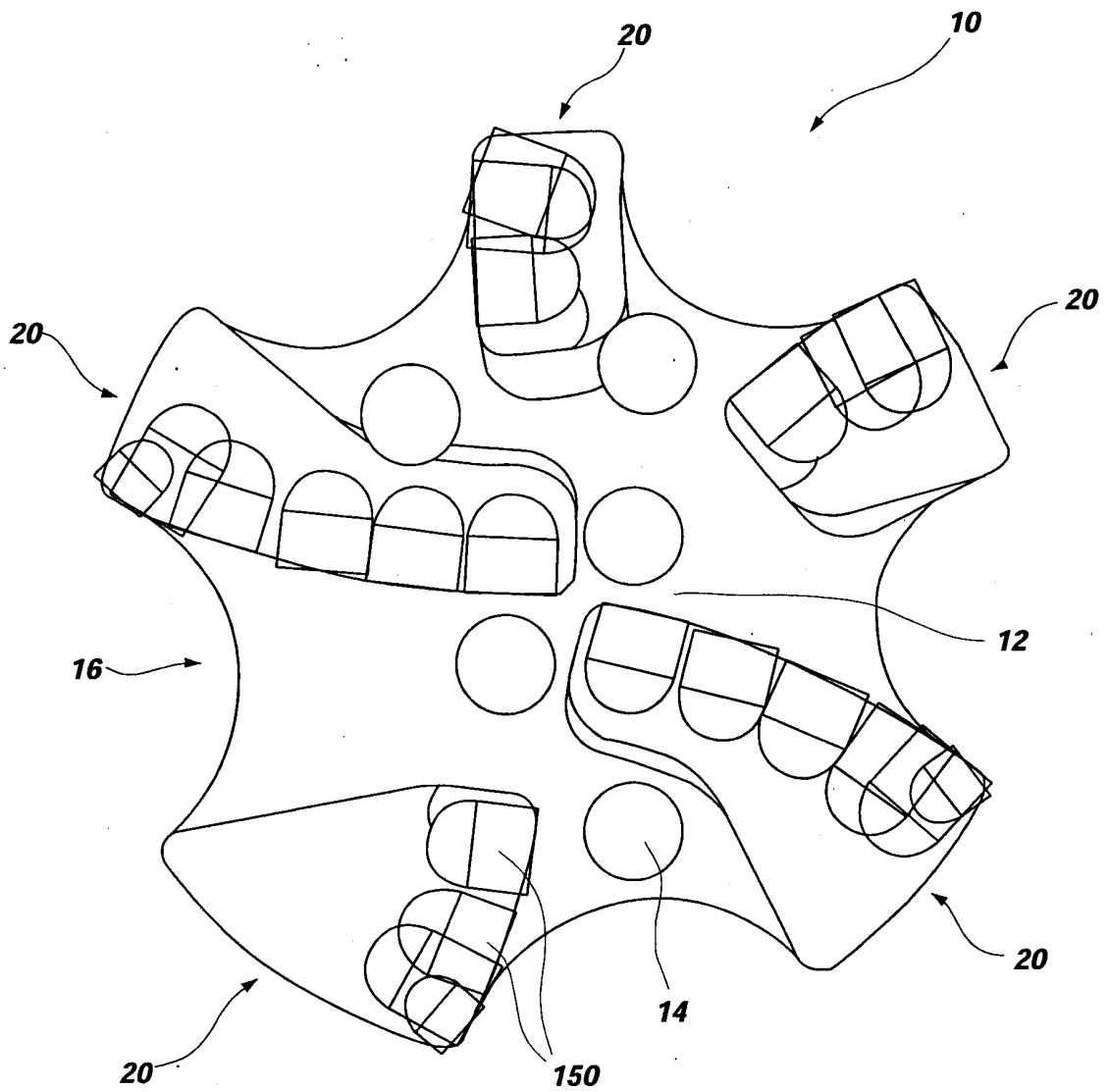
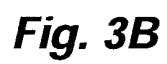
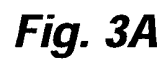


Fig. 2



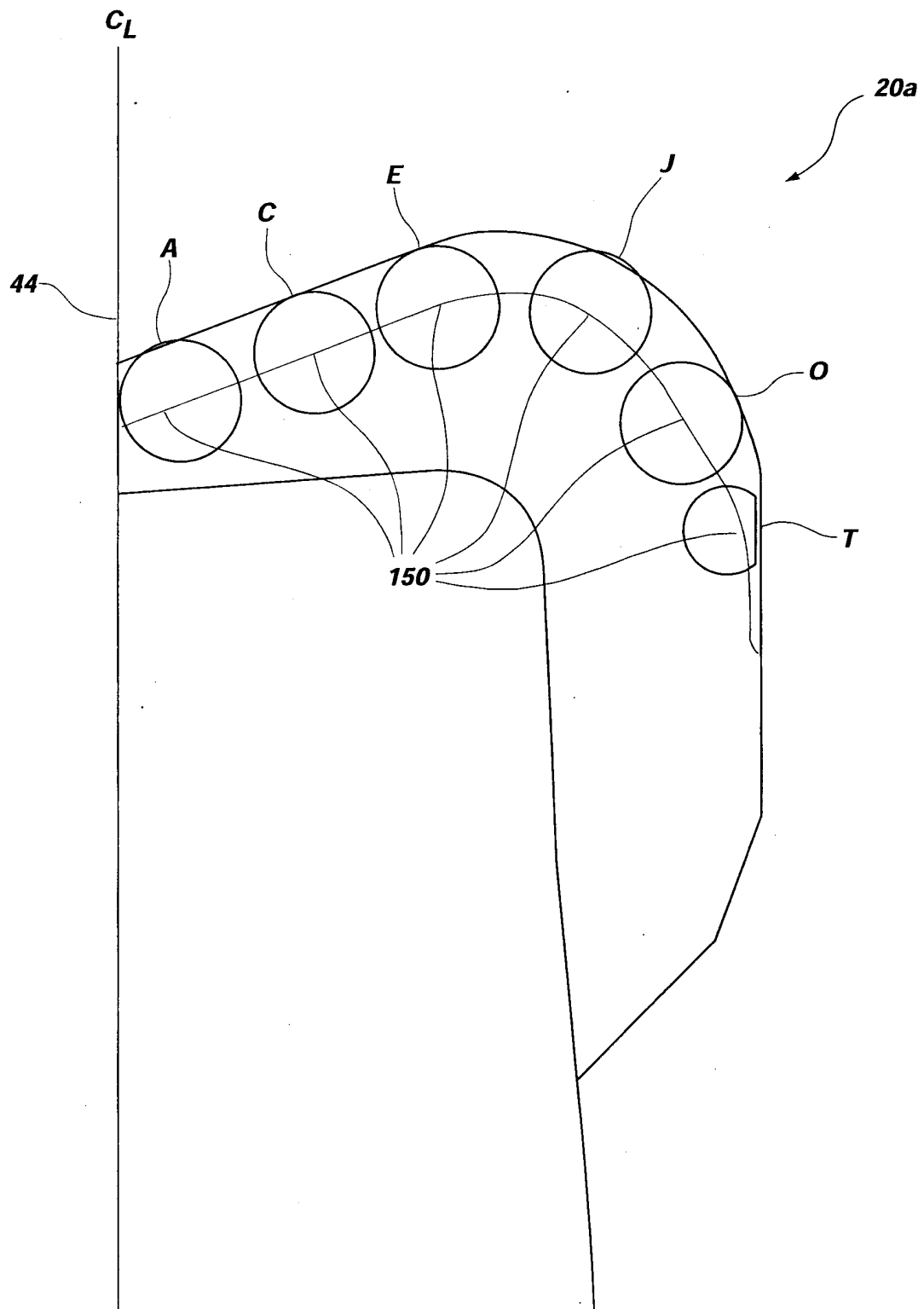


Fig. 4A

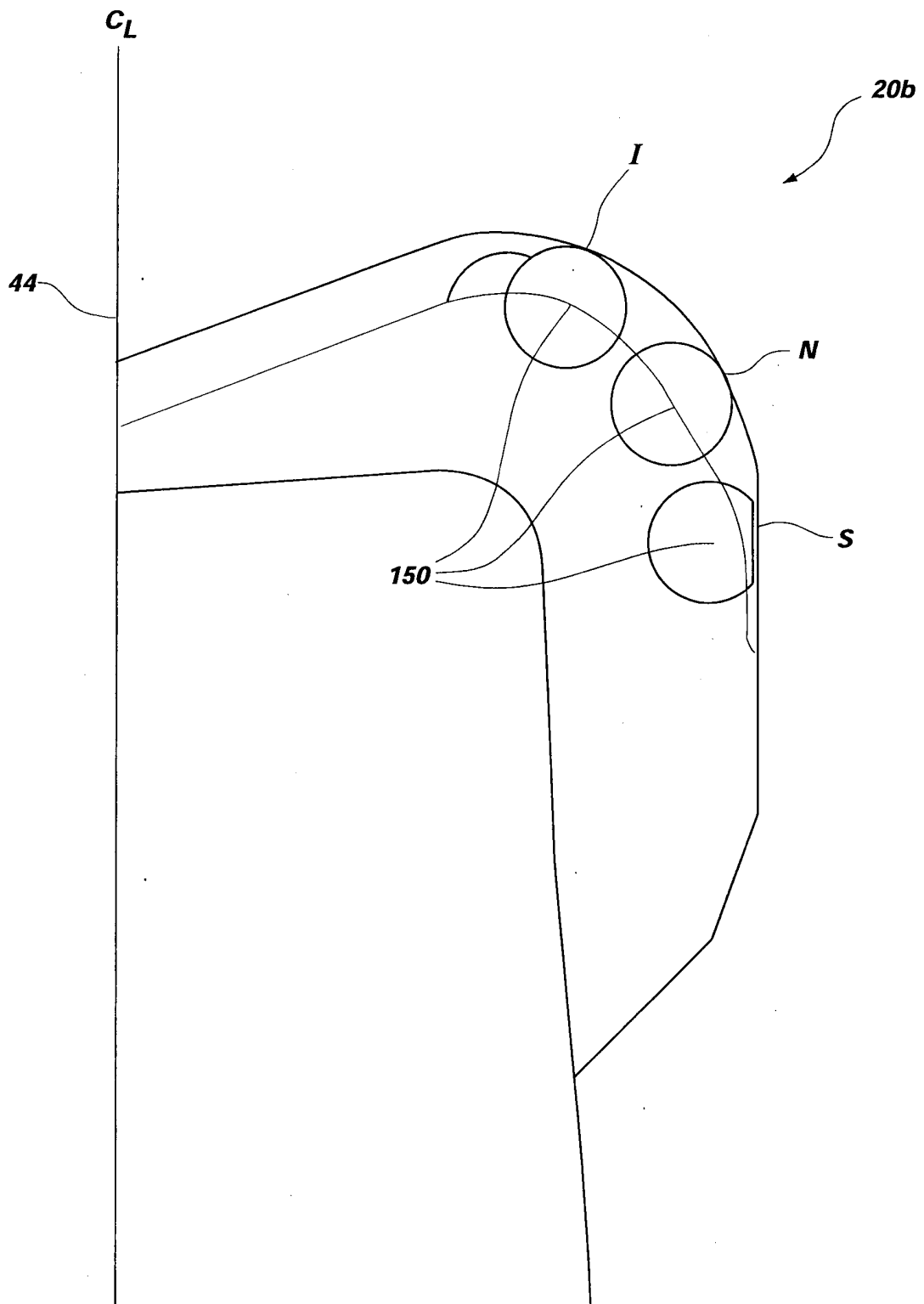


Fig. 4B

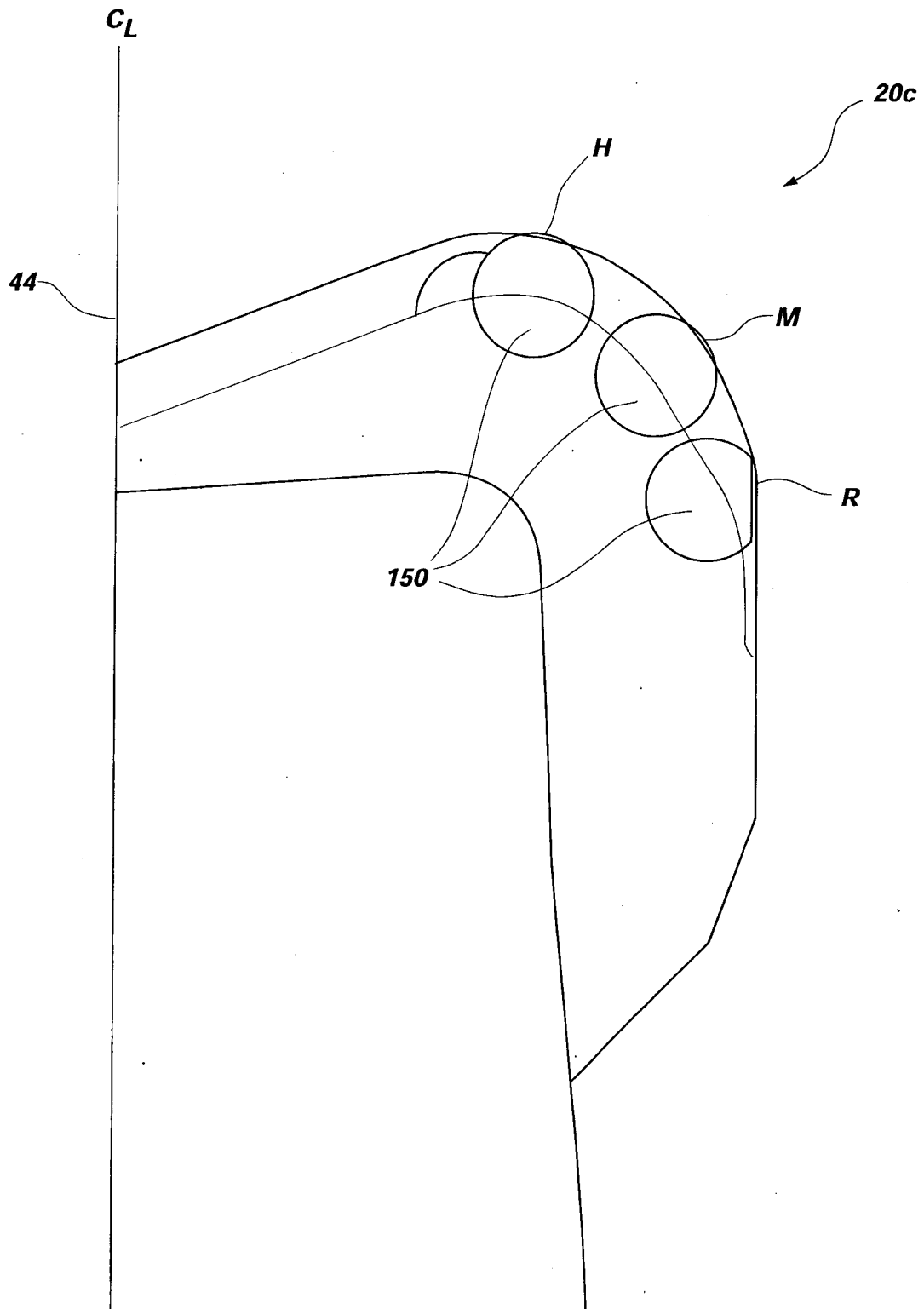


Fig. 4C

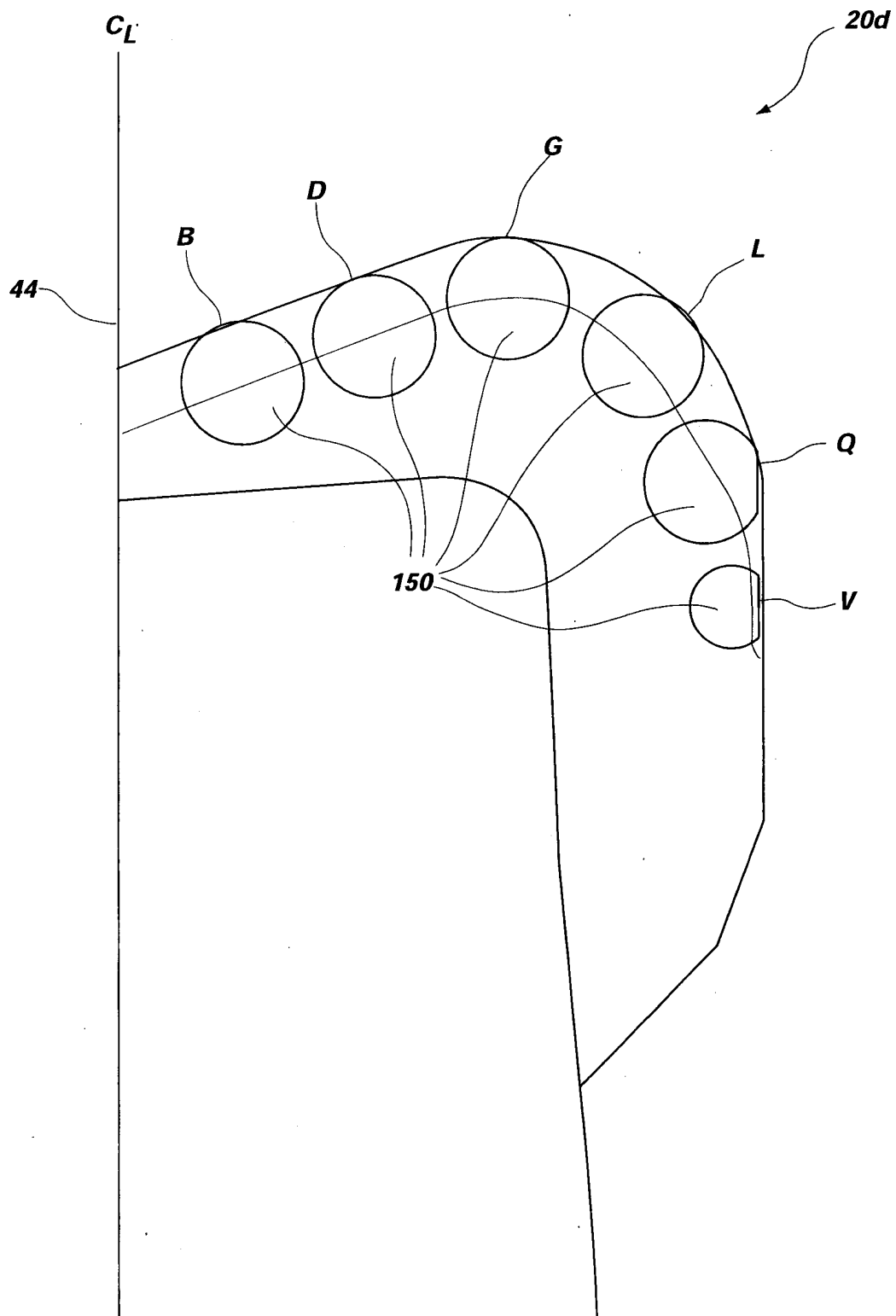


Fig. 4D

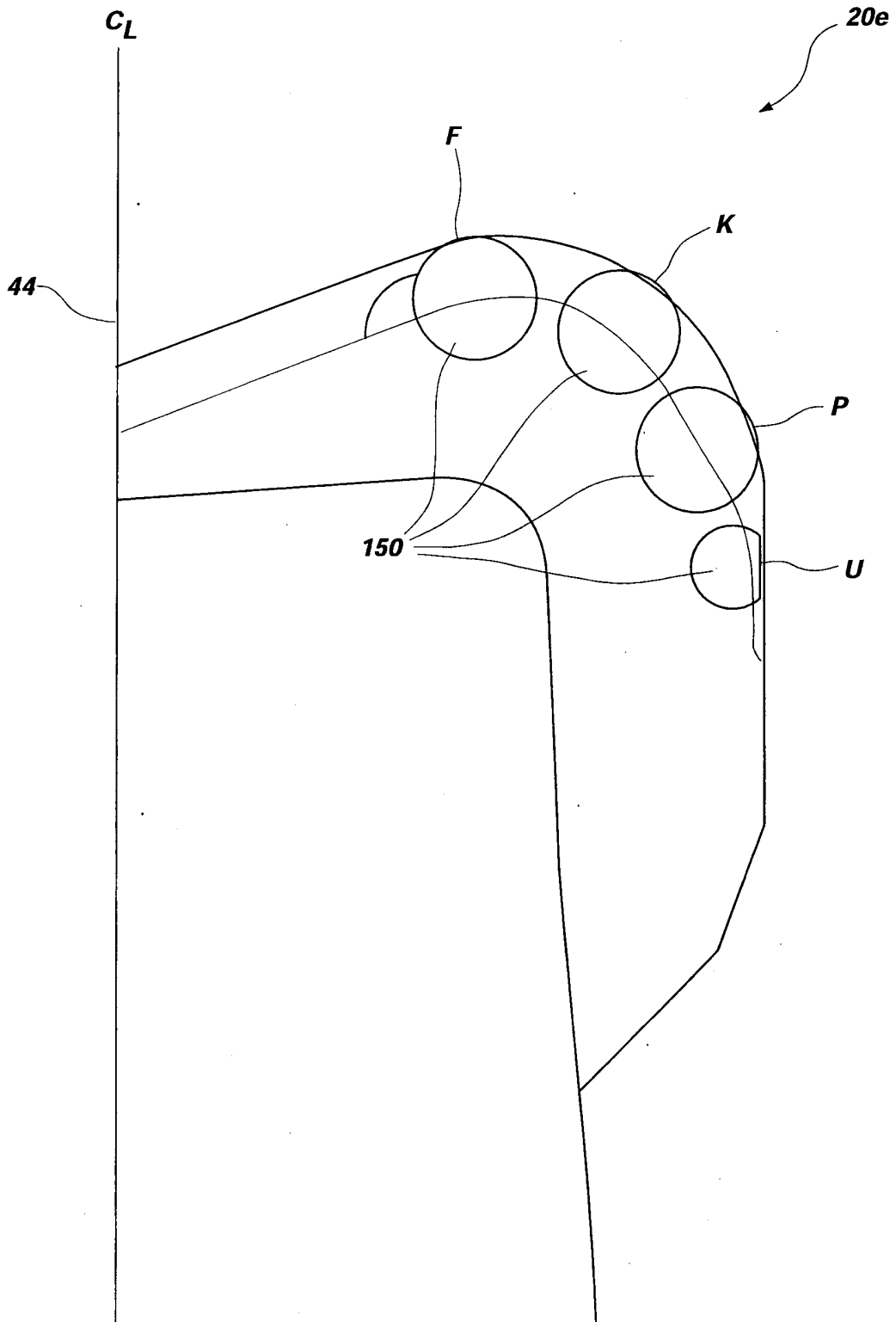


Fig. 4E

-34-

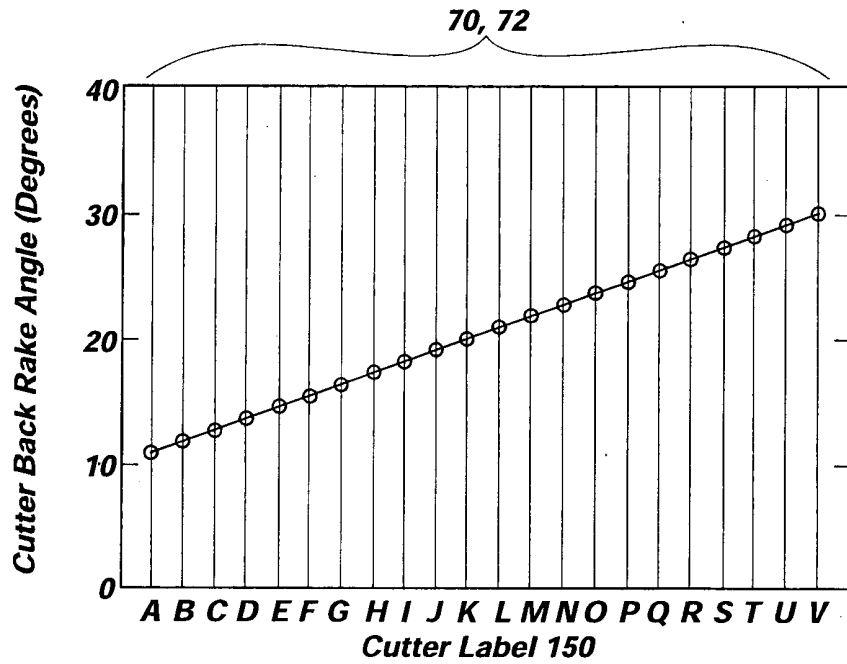


Fig. 4F

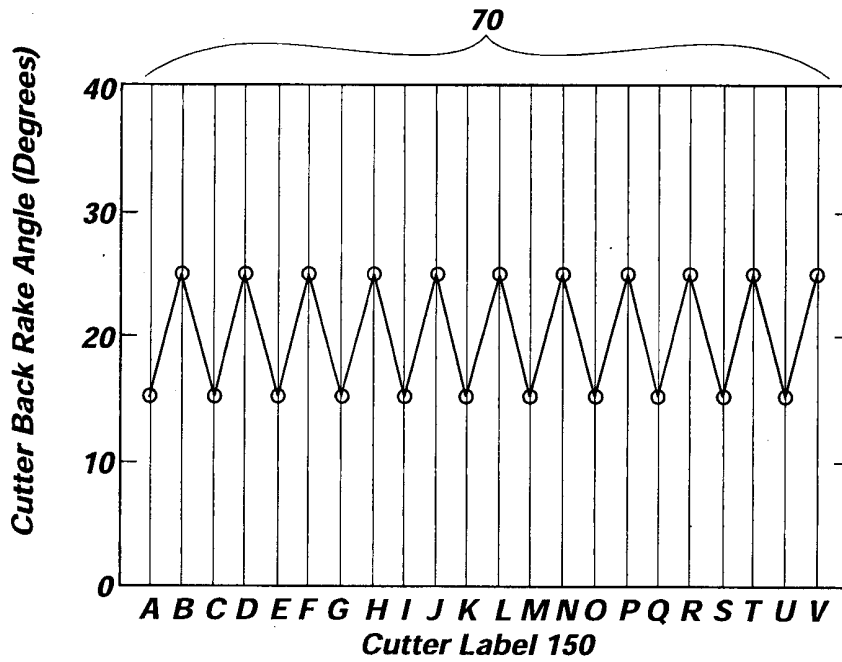


Fig. 4G

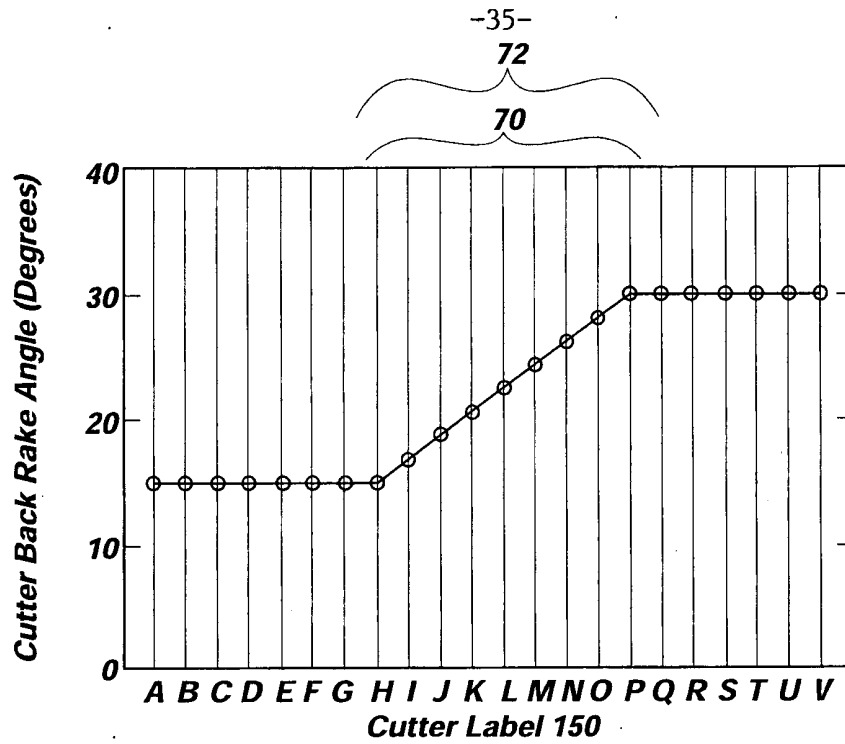


Fig. 4H

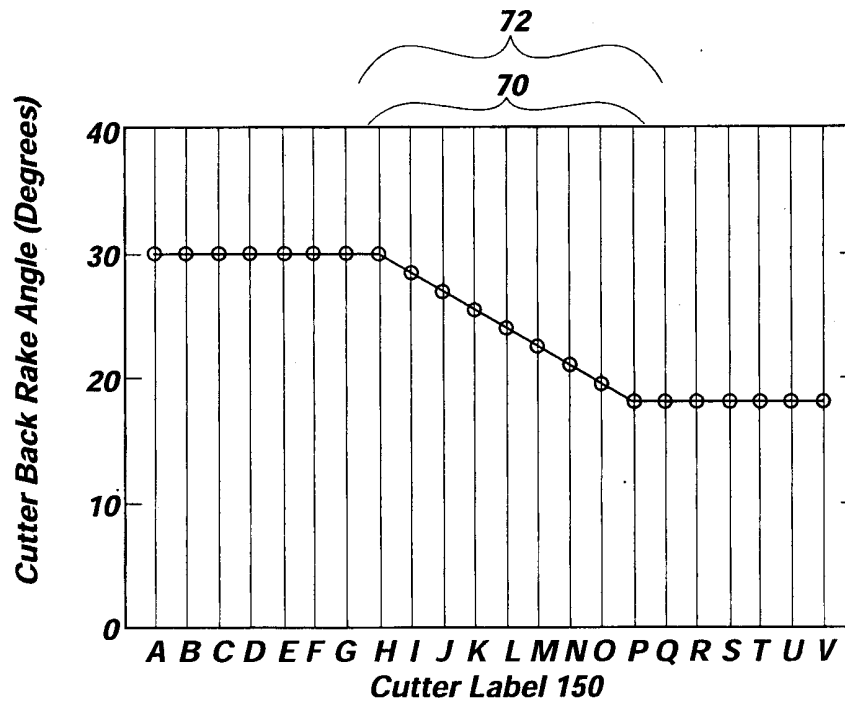


Fig. 4I

-36-

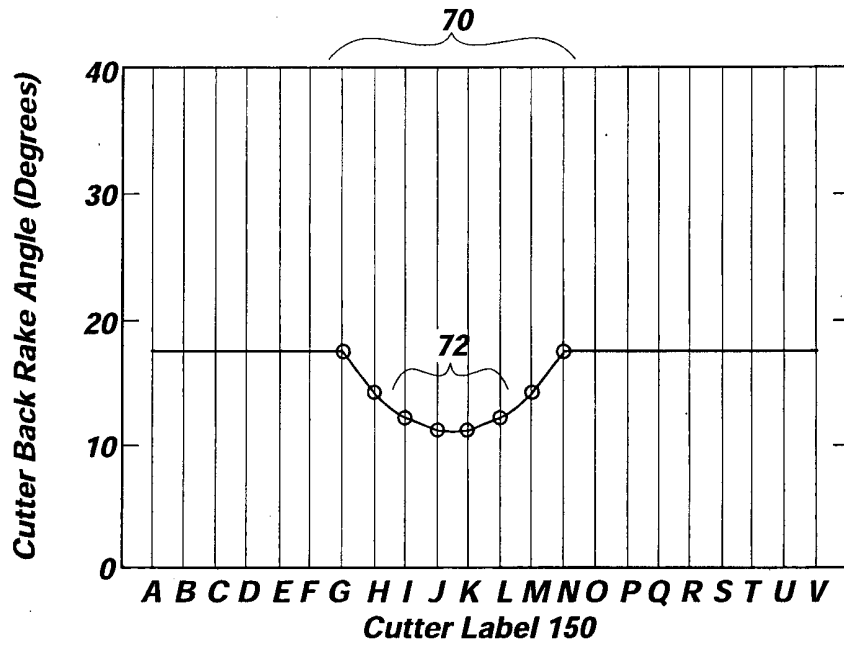


Fig. 4J

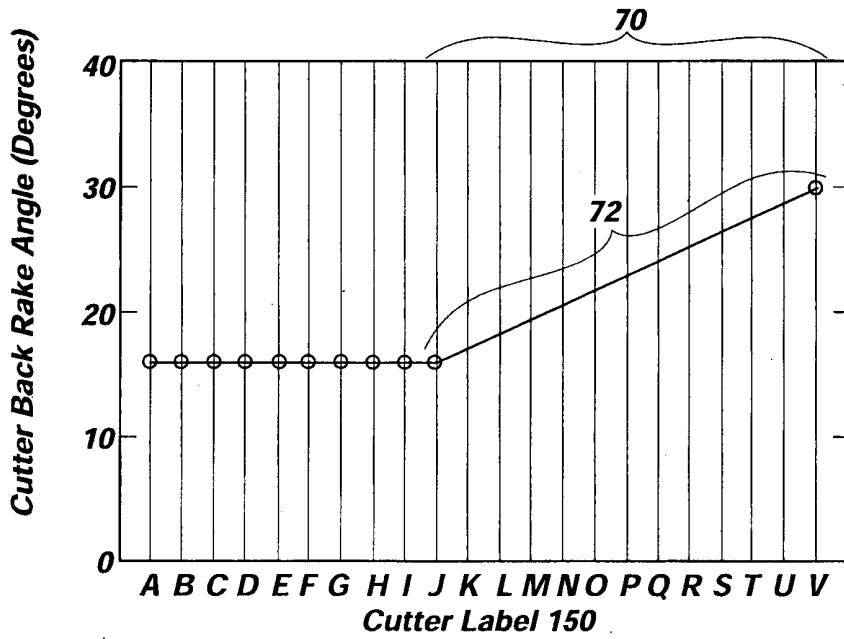


Fig. 4K

-37-

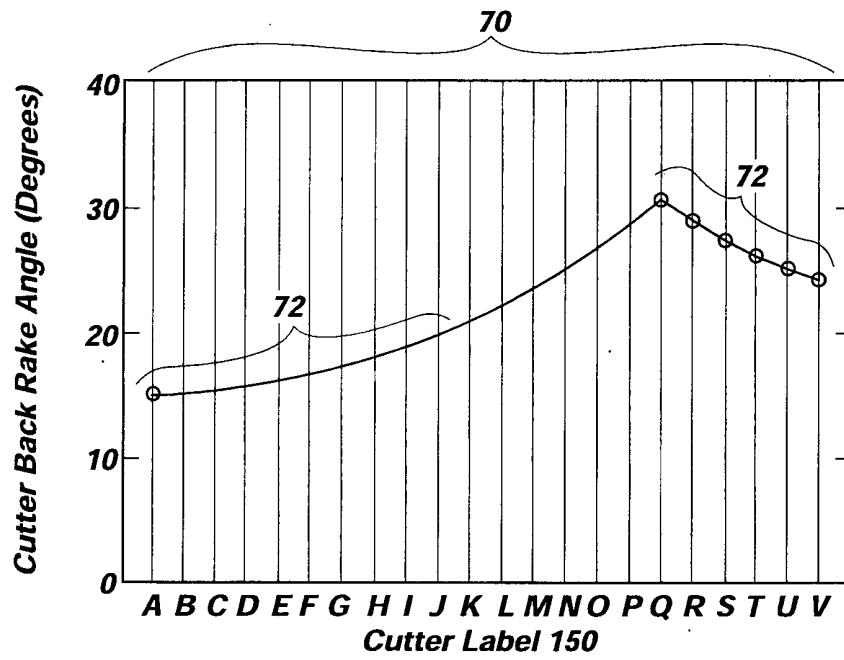


Fig. 4L

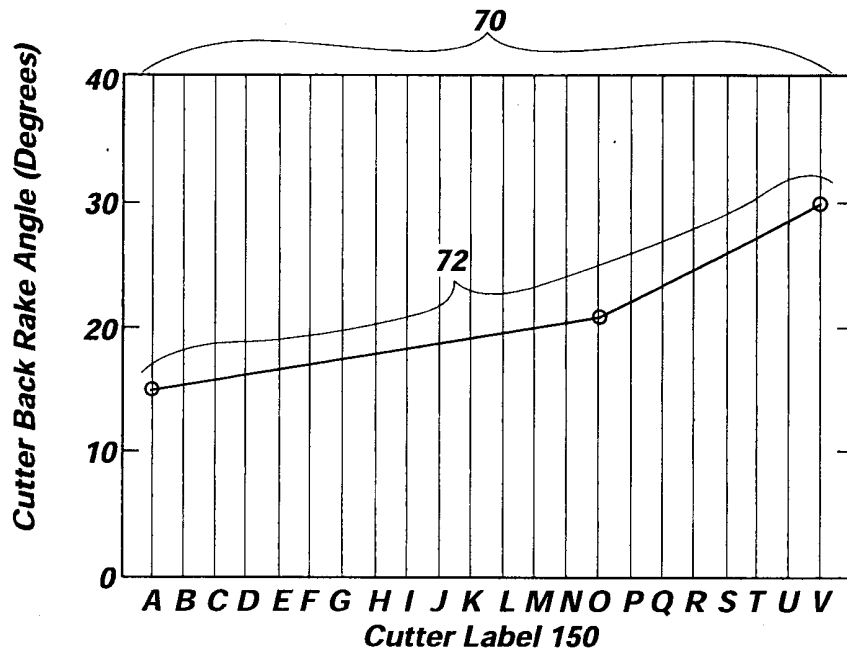


Fig. 4M

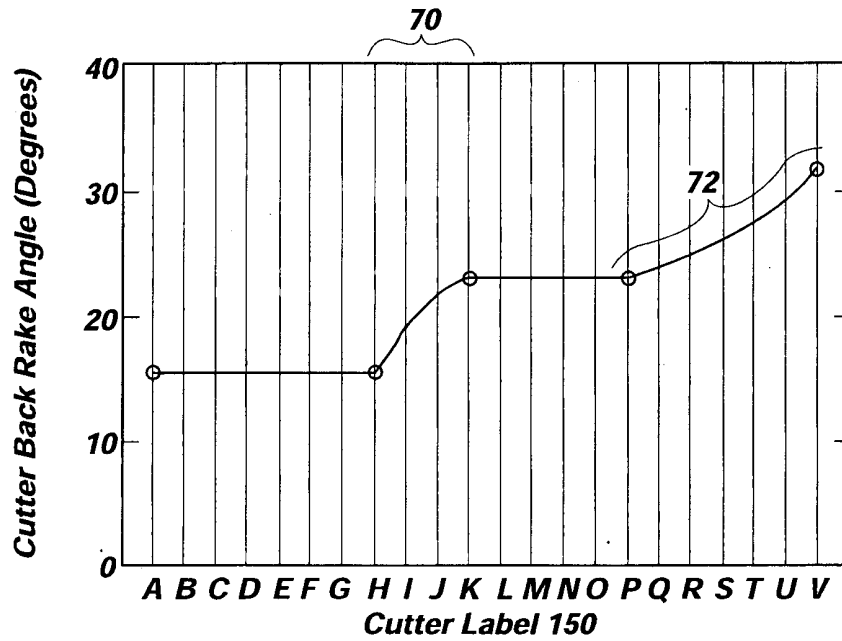


Fig. 4N

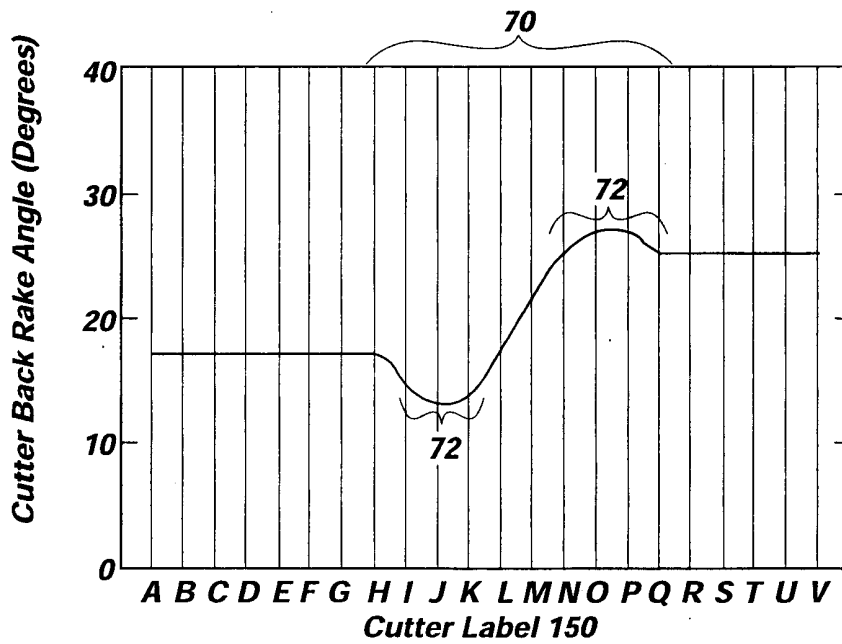


Fig. 4O

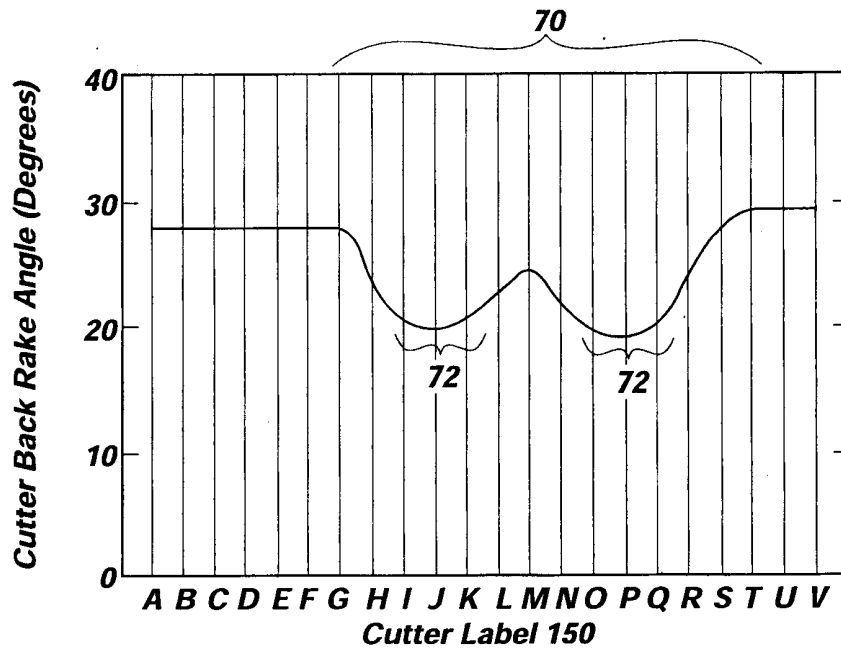


Fig. 4P

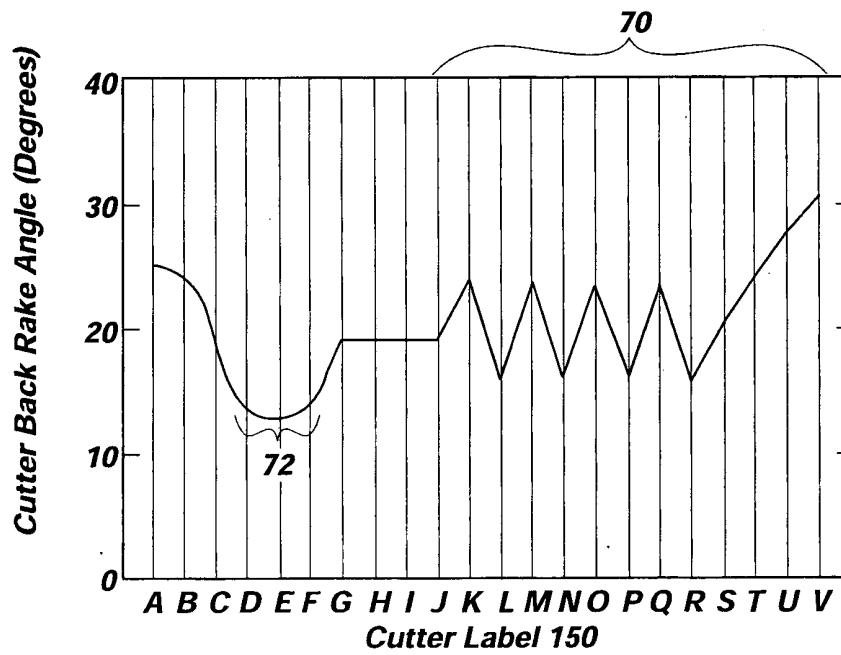


Fig. 4Q

-40-

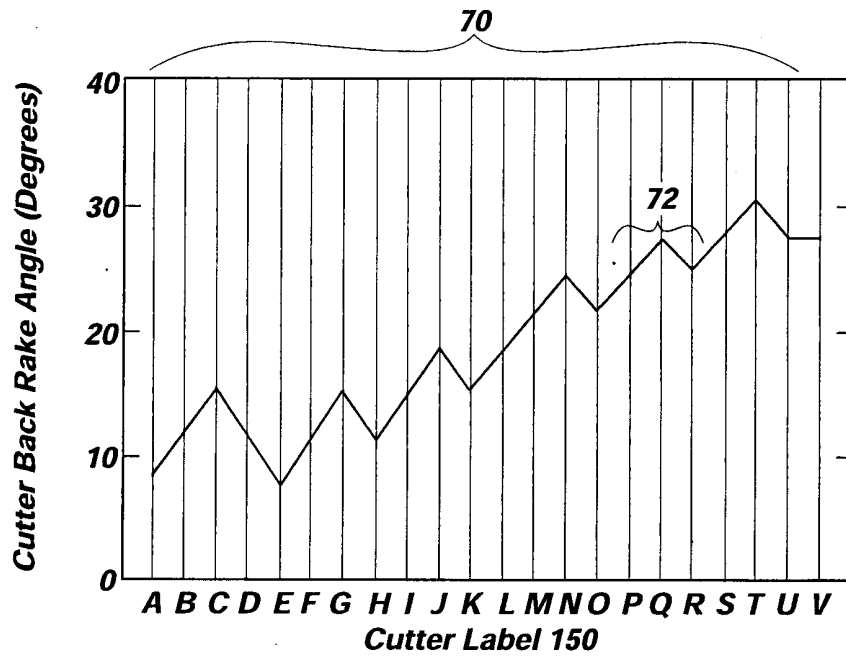


Fig. 4R

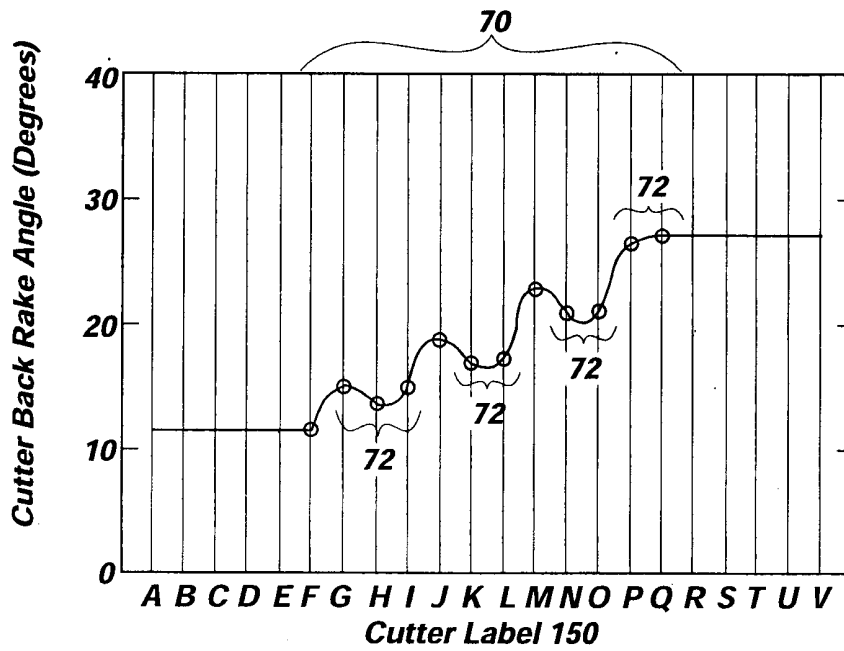


Fig. 4S

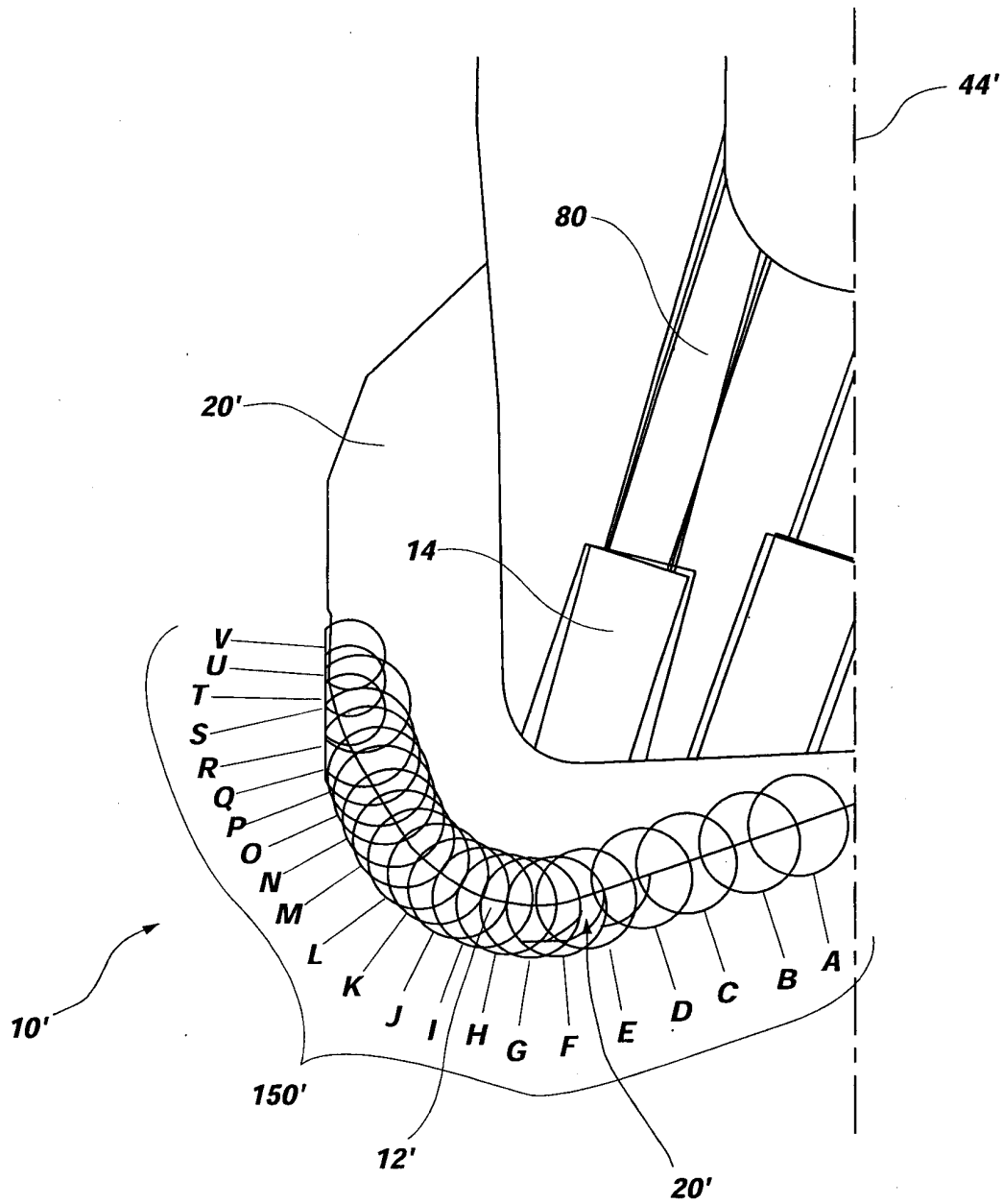


Fig. 5A

-42-

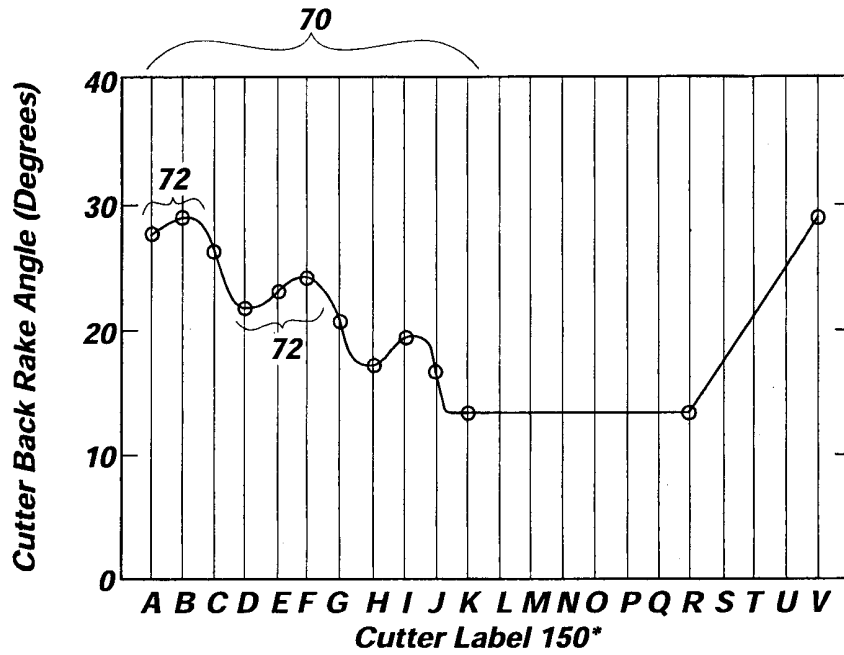


Fig. 4T

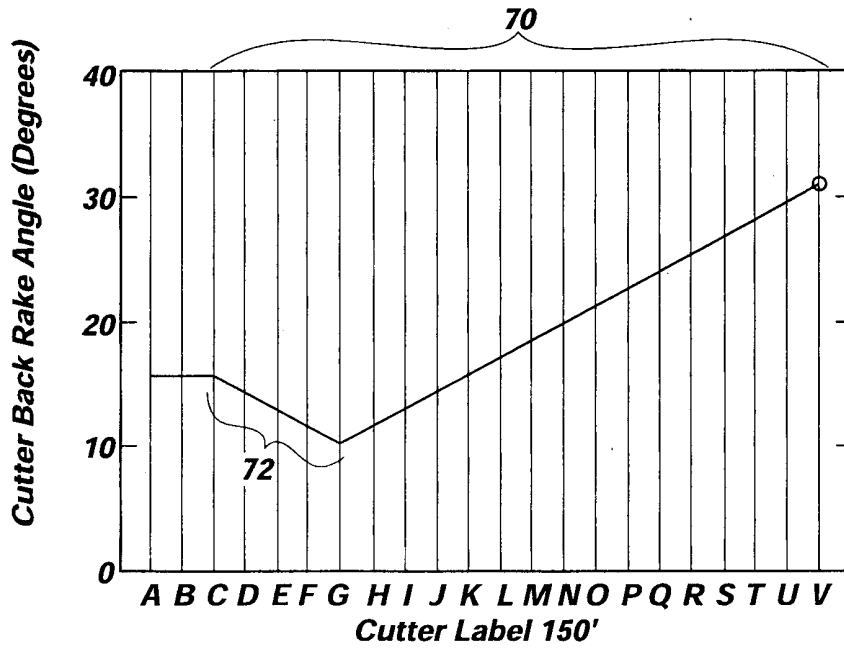


Fig. 5B

-43-

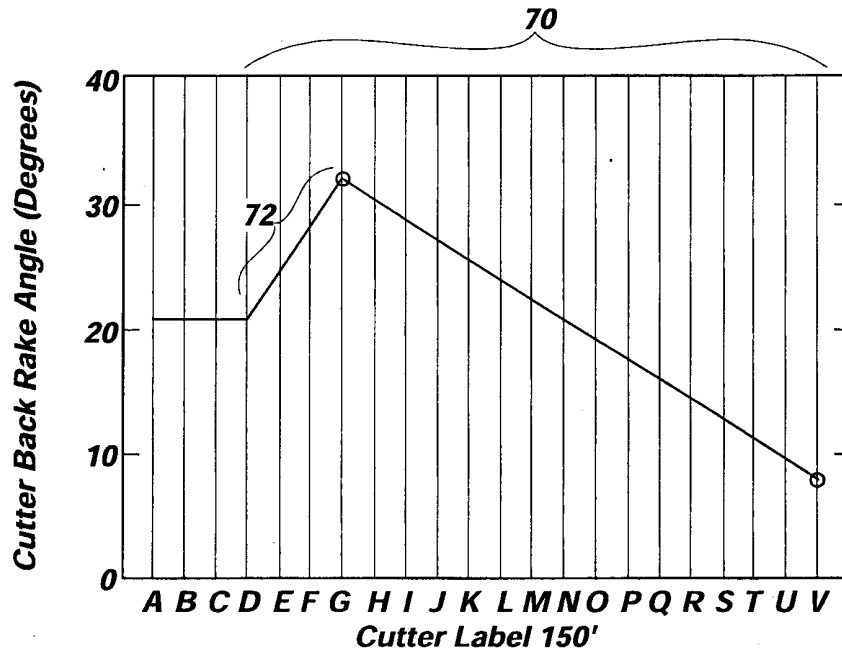


Fig. 5C

-44-

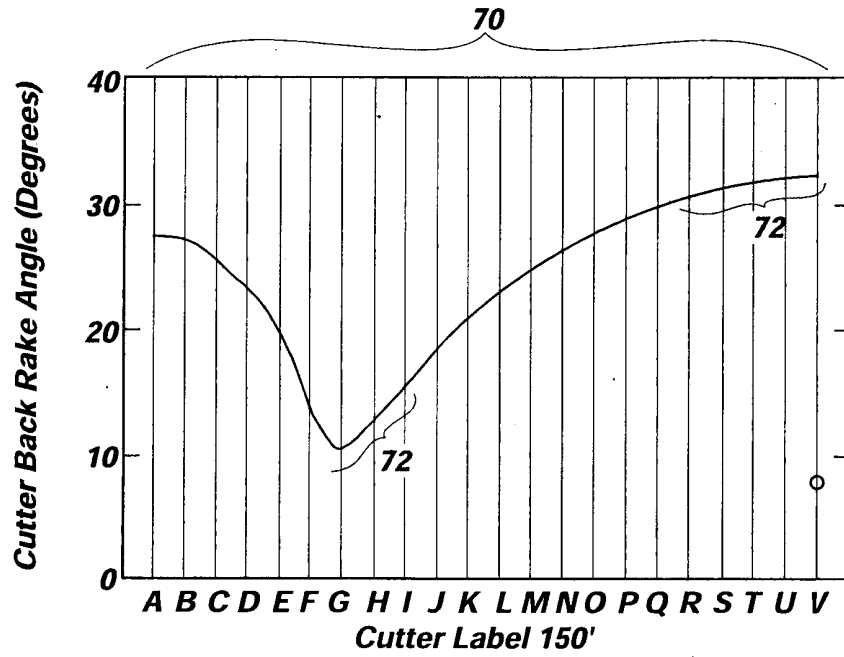


Fig. 5D

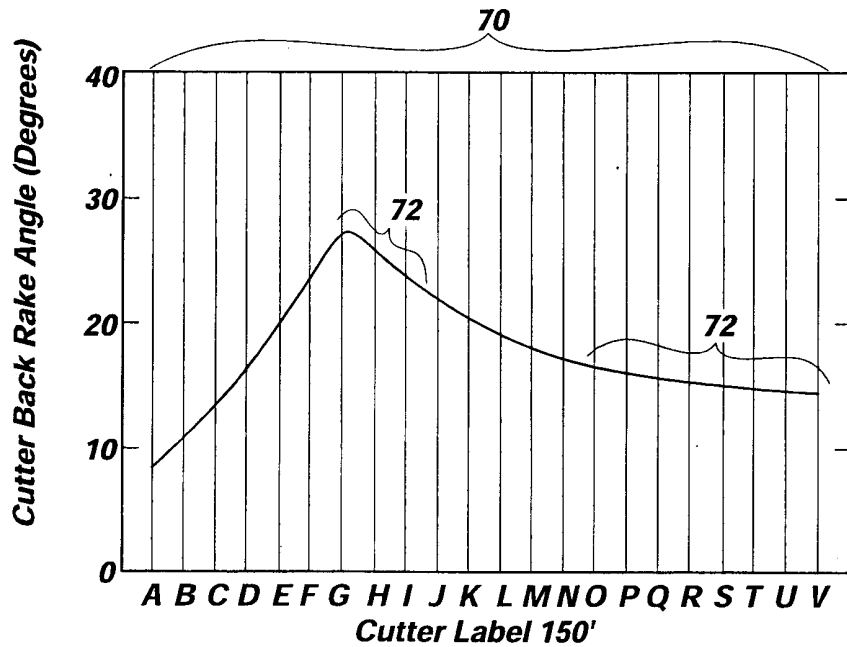


Fig. 5E

-45-

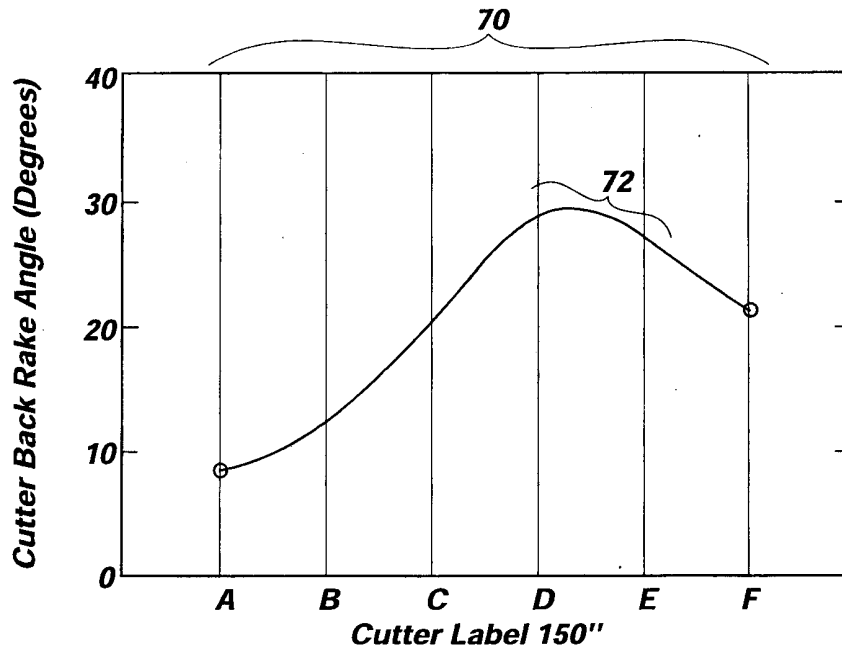


Fig. 6B

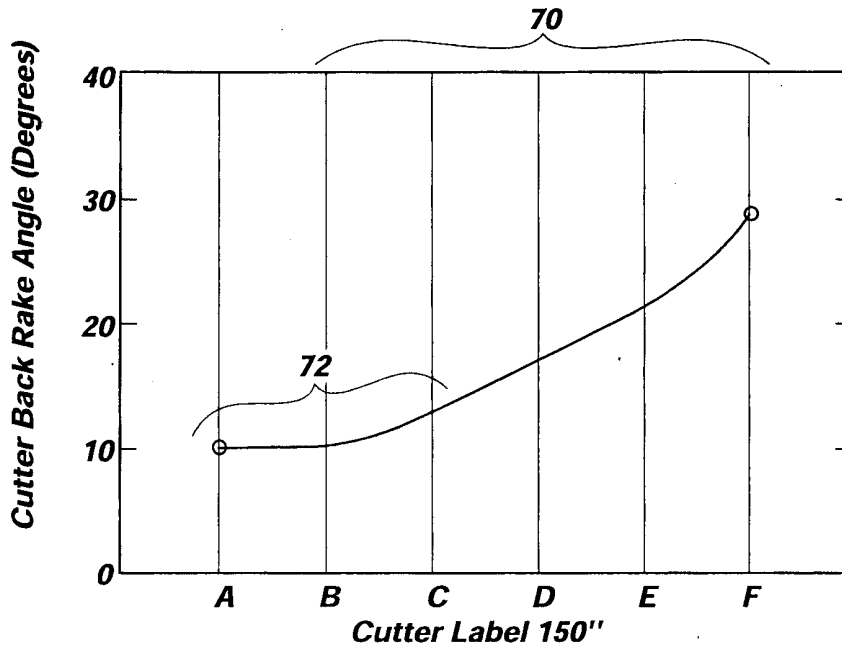


Fig. 6C

-46-

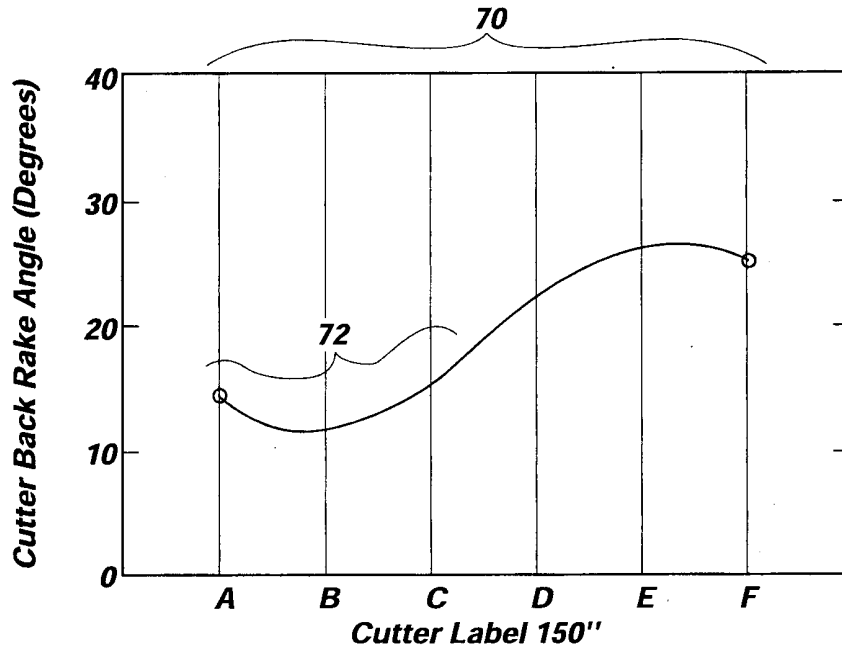


Fig. 6D

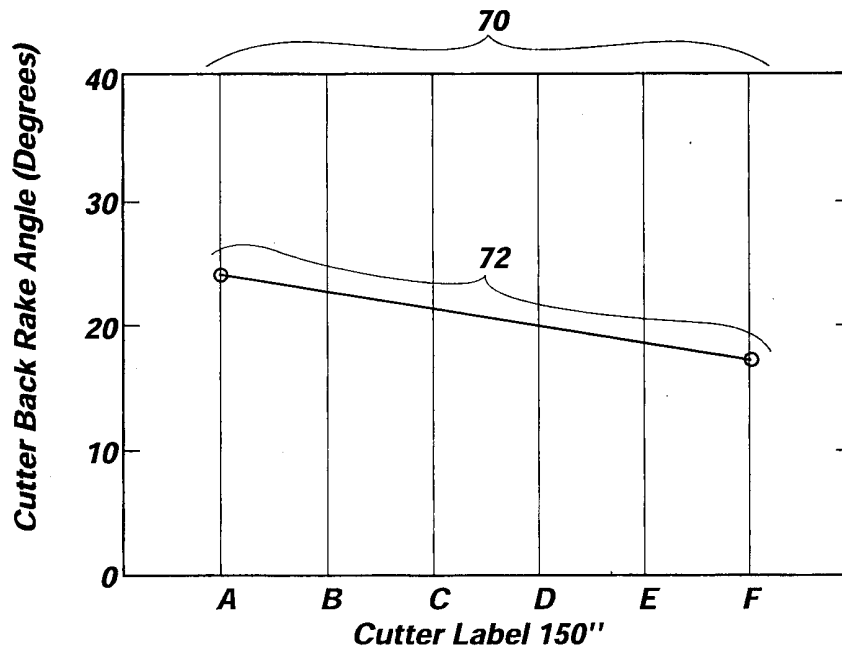


Fig. 6E

-47-

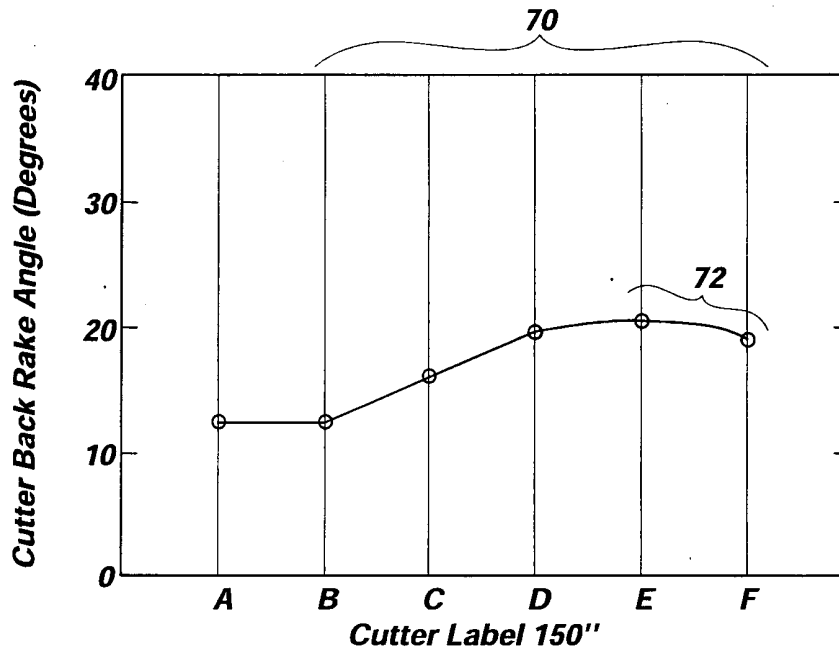


Fig. 6F

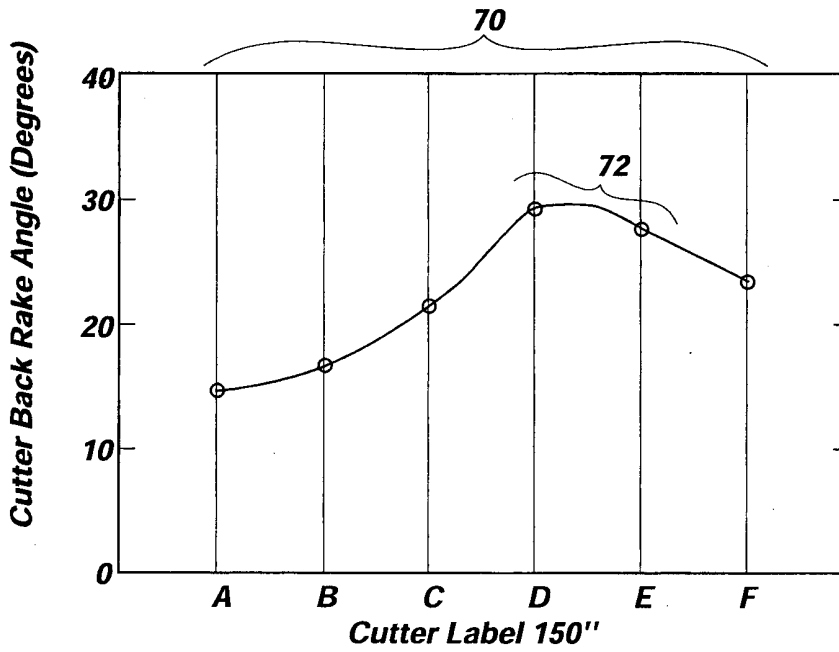
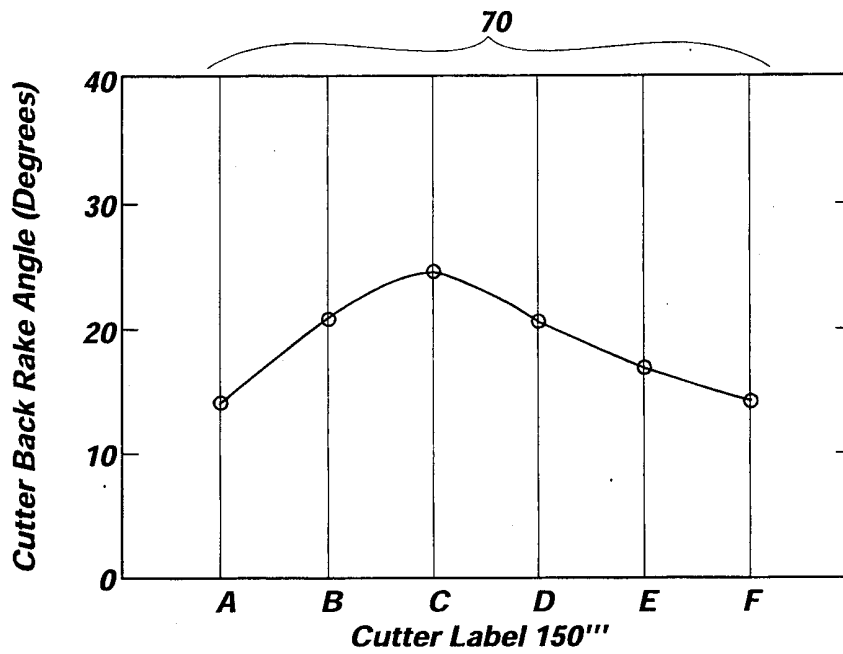
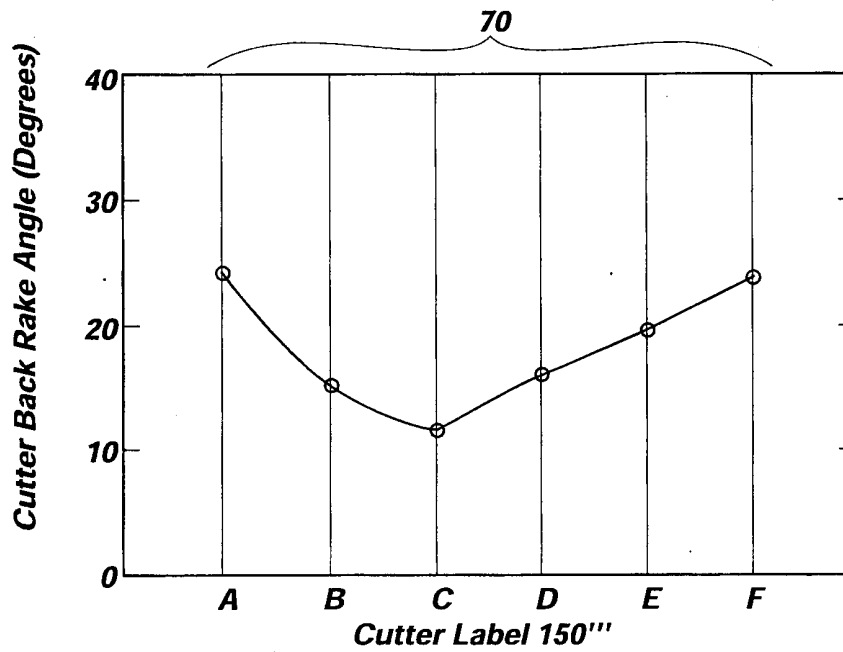


Fig. 6G

-48-

**Fig. 7B****Fig. 7C**

-49-

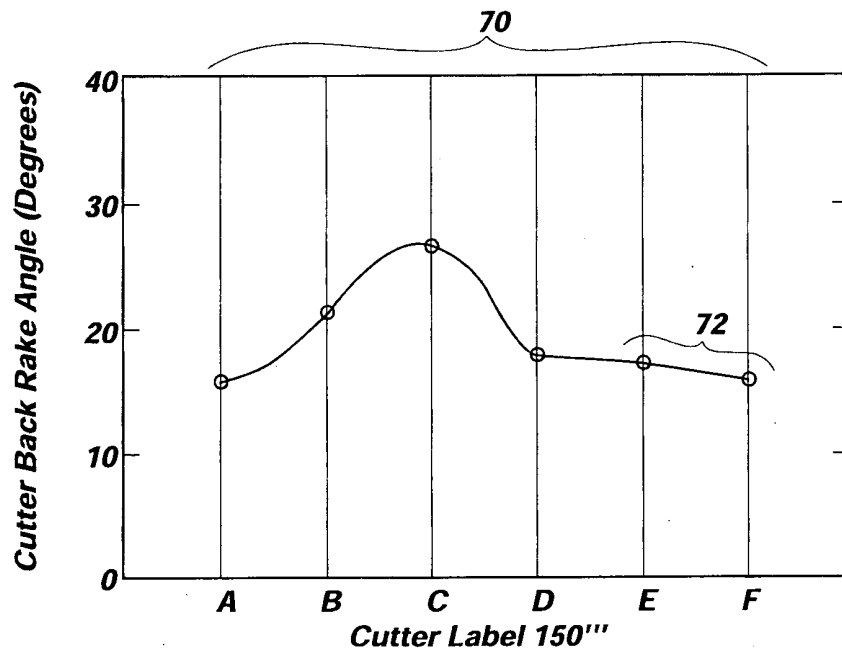


Fig. 7D

-50-

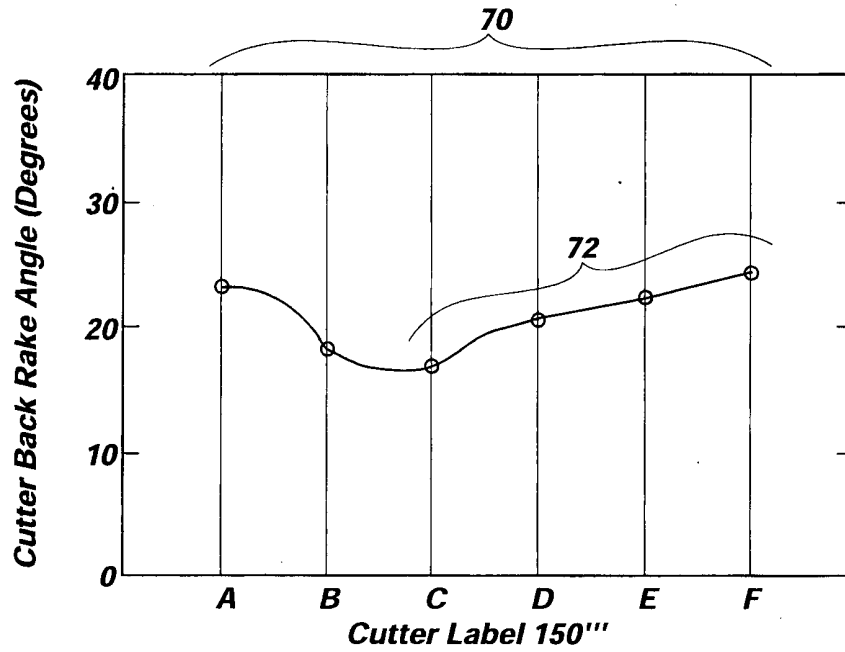


Fig. 7E

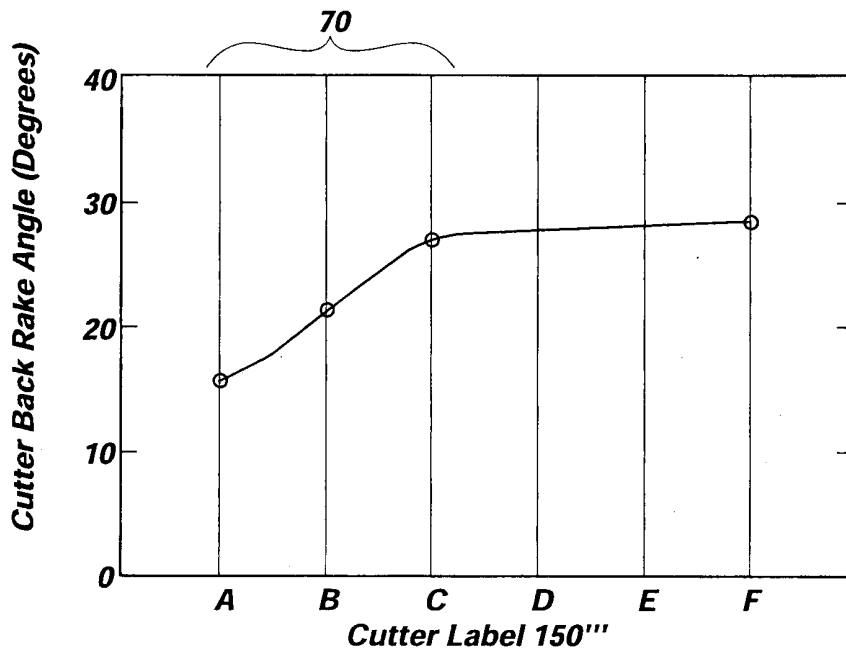


Fig. 7F

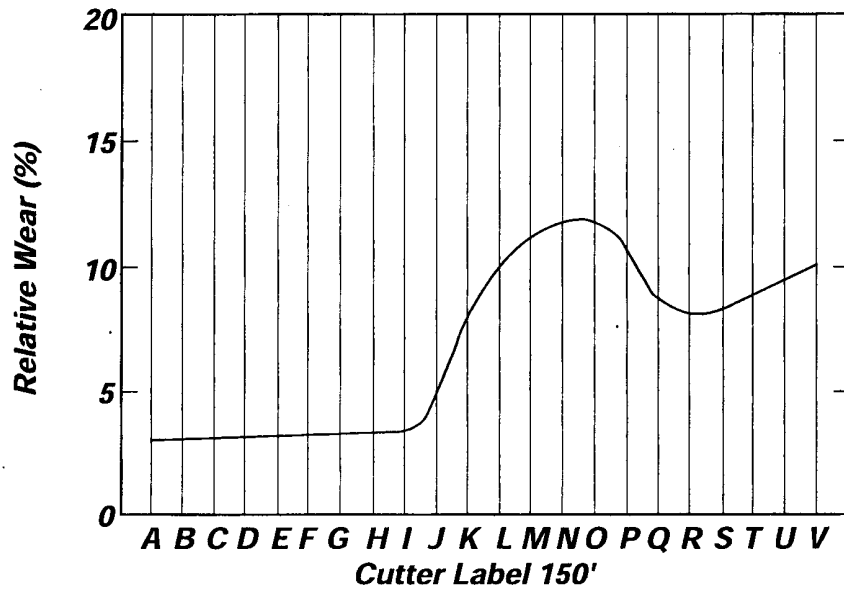


Fig. 8

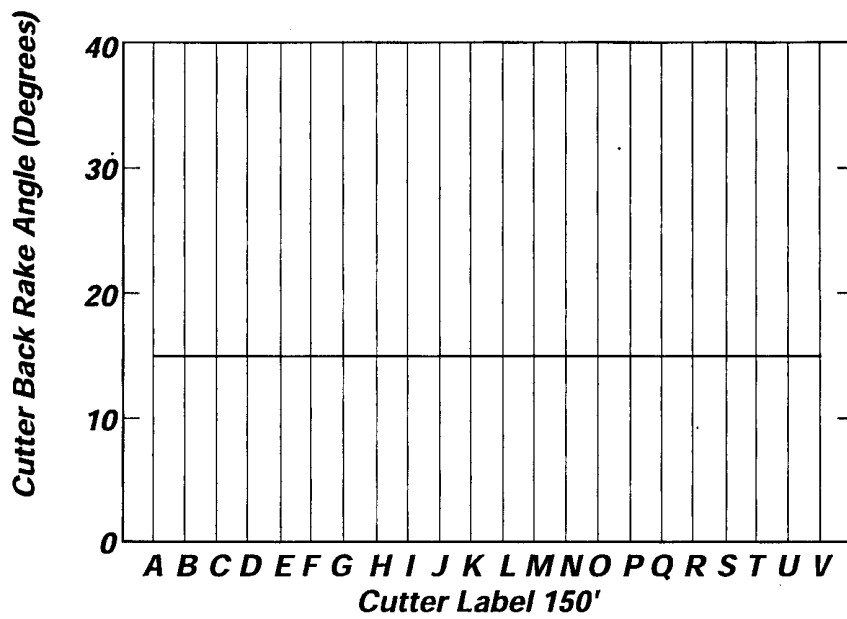


Fig. 9A

-52-

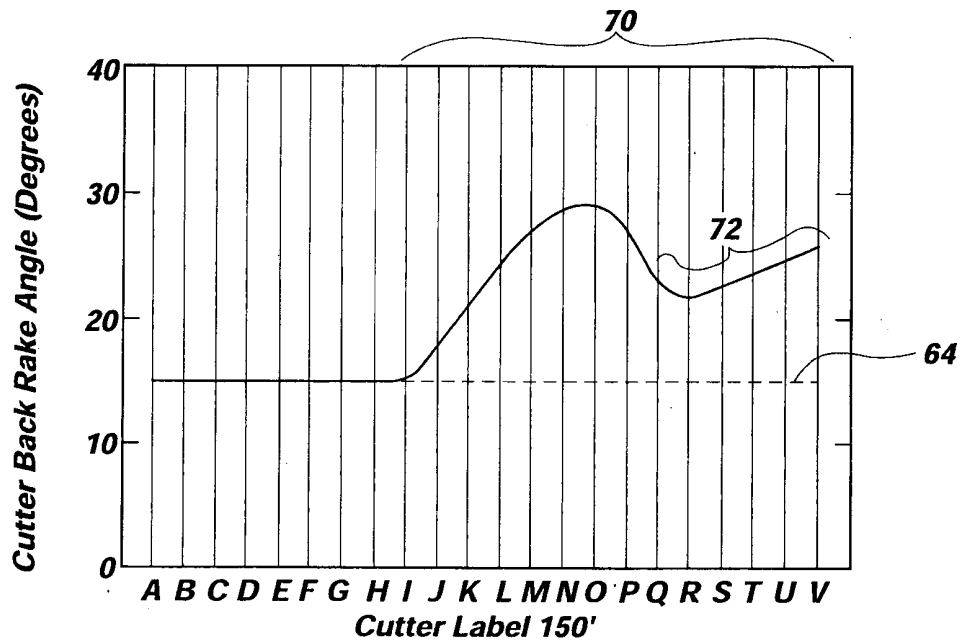


Fig. 9B

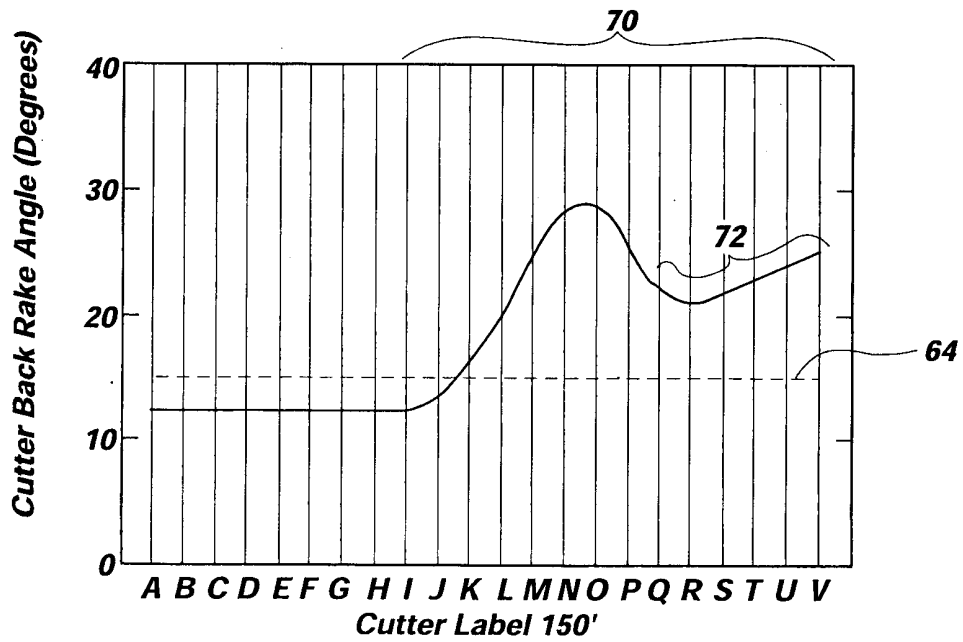


Fig. 9C

-53-

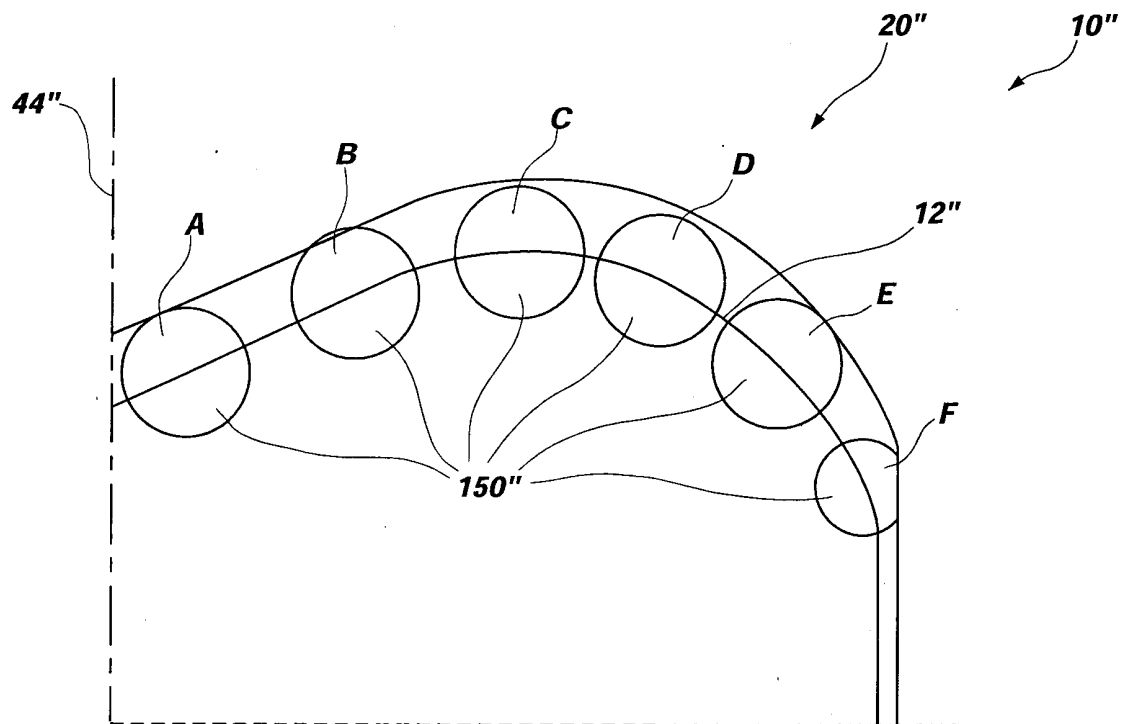


Fig. 6A

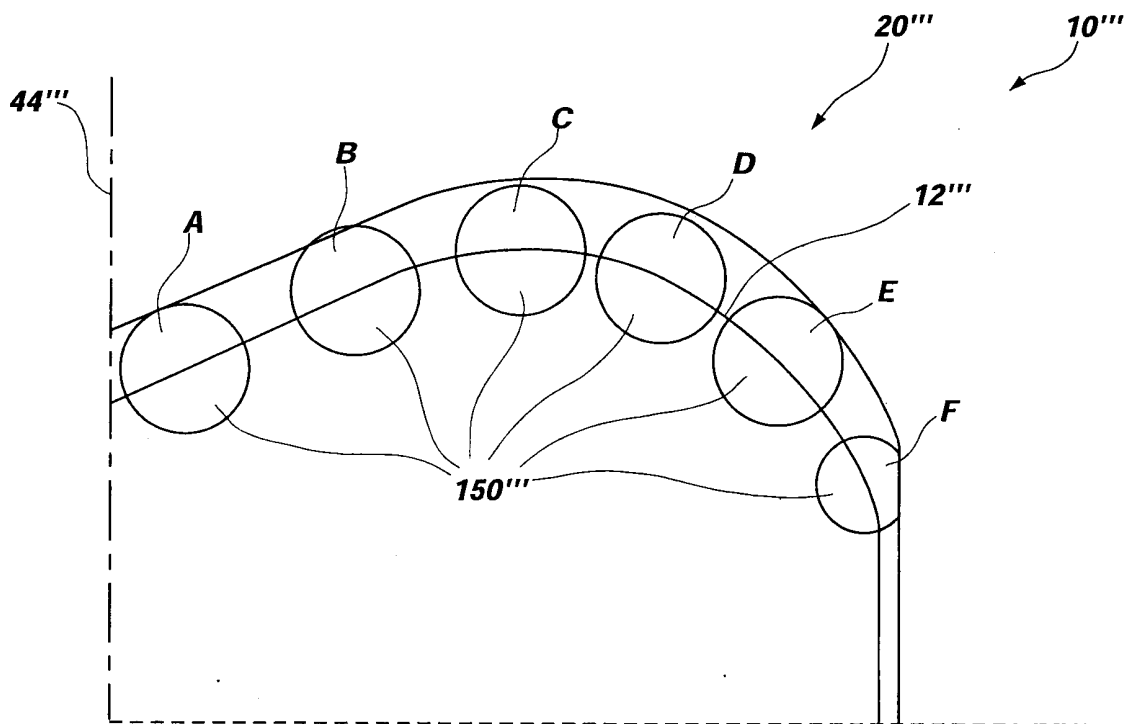


Fig. 7A

ABREGE

"Trépan et son procédé de fabrication"

- Trépan raclant pour du forage de formations souterraines, comprenant un corps de
- 5 trépan comportant un axe longitudinal, un calibre de trépan écarté sensiblement radialement de l'axe longitudinal, et une face positionnée pour précéder le trépan raclant dans la formation souterraine pendant un forage, et une pluralité de couteaux orientés sur le corps de trépan, un angle d'inclinaison de chaque couteau de ladite pluralité de couteaux étant fonction d'au moins l'une parmi une distance radiale dudit
- 10 couteau par rapport à l'axe longitudinal et une position verticale dudit couteau le long de l'axe longitudinal, et procédé de fabrication dudit trépan.



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 8441
BE 200100788

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 0 522 553 A (BAKER-HUGHES INCORPORATED) 13 janvier 1993 (1993-01-13) * abrégé; figure 1 * -----	1-13	E21B10/42 E21B10/54
X	US 5 549 171 A (MENSA-WILMOT ET AL) 27 août 1996 (1996-08-27) * abrégé; figures * -----	1-13	
X	US 5 979 576 A (HANSEN ET AL) 9 novembre 1999 (1999-11-09) * abrégé; figure 1 * -----	1-13	
X	US 5 377 773 A (TIBBITTS ET AL) 3 janvier 1995 (1995-01-03) * colonne 10, ligne 17 - ligne 35; figures * -----	1-3, 5, 7-13	
A	US 5 787 022 A (TIBBITTS ET AL) 28 juillet 1998 (1998-07-28) * abrégé; revendications; figures * -----	14	
A	US 4 815 342 A (BRETT ET AL) 28 mars 1989 (1989-03-28) * abrégé; revendications; figures * -----	14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	US 5 456 141 A (HO ET AL) 10 octobre 1995 (1995-10-10) * abrégé; revendications; figures * -----	14	E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 décembre 2005		Weiland, T	
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	

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

BO 8441
BE 200100788

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.

13-12-2005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0522553	A	13-01-1993	AU 647714 B2	24-03-1994
			AU 1949192 A	14-01-1993
			CA 2073259 A1	12-01-1993
			DE 69222237 D1	23-10-1997
			US 5178222 A	12-01-1993
US 5549171	A	27-08-1996	US 5582261 A	10-12-1996
US 5979576	A	09-11-1999	AUCUN	
US 5377773	A	03-01-1995	AU 3288393 A	19-08-1993
			DE 69311390 D1	17-07-1997
			DE 69311390 T2	23-10-1997
			EP 0556648 A1	25-08-1993
			US 5314033 A	24-05-1994
US 5787022	A	28-07-1998	AUCUN	
US 4815342	A	28-03-1989	AUCUN	
US 5456141	A	10-10-1995	DE 69428452 D1	31-10-2001
			DE 69428452 T2	20-06-2002
			EP 0728050 A1	28-08-1996
			WO 9513152 A1	18-05-1995
			US 5608162 A	04-03-1997