

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 80 19271

⑤4

Outil de coupe rotatif.

⑤1

Classification internationale (Int. Cl. ³). B 23 C 5/08.

②2

Date de dépôt..... 5 septembre 1980.

③3 ③2 ③1

Priorité revendiquée :

④1

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 10 du 12-3-1982.

⑦1

Déposant : VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT PO STROITELSTVU MAGISTRALNYKH TRUBOPROVODOV, résidant en URSS.

⑦2

Invention de : Evgeny Ivanovich Beznosjuk, Leonid Borisovich Doktorov, Vyacheslav Egorovich Musyakin et Sergei Valentinovich Kolomeets.

⑦3

Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4

Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne les outils de coupe pour l'usinage des métaux et a notamment pour objet un outil de coupe rotatif tel que par exemple une fraise en aiguille.

5 L'invention peut être appliquée avec succès notamment en métallurgie, dans les usines de production de constructions métalliques et d'autres structures constituées en particulier par des cornières laminées qu'on doit, avant usage, décalaminer, dérouiller et décrasser et puis
10 peindre pour les protéger contre la corrosion.

On connaît un outil de coupe rotatif (fraise en aiguille) comportant au moins deux jeux d'éléments coupants sous forme de tronçons de fil. Les extrémités de ces
15 éléments sont réunies entre elles et forment une surface intérieure non travaillante ou inactive, alors que leurs autres extrémités, ou extrémités libres, forment une surface travaillante ou active sous forme d'un corps de révolution.

Cet outil est utilisé pour le nettoyage des laminés ronds et des pans de profilés carrés, ainsi que des surfaces
20 extérieures de cornières laminées.

Ces fraises en aiguilles ne conviennent pas pour le décapage ou nettoyage analogue de la surface intérieure de pièces telles que les cornières laminées.

Il existe aussi un outil de coupe rotatif (fraise
25 en aiguille) dont la surface active se présente sous forme d'un corps de révolution cylindrique. Pour usiner la surface intérieure des cornières laminées à l'aide de cet outil, il faut faire appel à deux fraises en aiguille pour nettoyer les ailes de la cornière séparément, ainsi qu'à une
30 troisième réalisée suivant un profil approprié permettant le nettoyage suivant le rayon du laminé. Mais, dans ce cas, l'équipement est très compliqué, en particulier la machine-outil sur laquelle sont montés ces outils, car il faut
35 prévoir trois organes autonomes munis de commandes pour ces outils. La longueur de cette machine-outil est grande et son utilisation est compliquée. Il convient de noter que chaun des trois outils nettoie un laminé d'une manière différente et, de ce fait, la qualité n'est pas élevée.

Les tentatives visant à nettoyer la surface intérieure des cornières laminées au moyen d'un tel outil par usinage préalable (rectification) de la surface active de l'outil, n'ont pas été couronnées de succès, du fait que les éléments
 5 coupants de l'outil (fraise en aiguille) connus sont de différentes longueurs et, pour cette raison, leur flexibilité et capacité de coupe sont différentes elles-aussi. La tenue de cet outil est faible. Il convient de noter qu'il est pratiquement impossible d'utiliser cet outil
 10 pour le nettoyage de cornières laminées dont les ailes sont supérieures à 50 mm, car pour une longueur optimale des éléments coupants médians égale à 70 mm, la longueur de ses éléments coupants extrêmes (latéraux) est voisine de zéro.

15 On s'est donc proposé de mettre au point un outil de coupe qui assurerait le nettoyage de toute la surface intérieure de la cornière laminée et une qualité identique.

Ce problème est résolu à l'aide d'un outil de coupe rotatif comportant au moins deux jeux d'éléments coupants
 20 sous forme de tronçons de fil fixés entre eux à l'une de leurs extrémités et formant une surface intérieure non travaillante ou inactive, alors que leurs autres extrémités, ou extrémités libres, forment une surface travaillante ou active sous forme d'un corps de révolution, caractérisé,
 25 suivant l'invention, en ce que la surface active formée par les extrémités libres des éléments coupants se présente sous forme d'un disque dont les pans latéraux sont disposés sous un angle égal sensiblement à 90°, le diamètre de chaque élément coupant et sa longueur moyenne
 30 dans le jeu étant dans des rapports égaux entre eux, tels que :

$$35 \quad \frac{d_1^4}{l_{s_1}^2} = \frac{d_2^4}{l_{s_2}^2} = \dots = \frac{d_n^4}{l_{s_n}^2}$$

où $d_1, d_2 \dots d_n$ sont les diamètres coupants dans les jeux ;
 $l_{s_1}, l_{s_2}, l_{s_n}$, sont les longueurs moyennes des éléments

coupants dans les jeux ;

1,2..., n est le numéro du jeu.

L'adoption d'une telle construction de l'outil de coupe, tel que par exemple une fraise en aiguille, s'explique par la nécessité de son inscription précise, par exemple, dans la surface intérieure d'une cornière laminée dont les ailes sont disposées, sous un angle de 90° ; le sommet de la fraise en aiguille a une surface arrondie dont le rayon est égal au rayon du laminé.

La nécessité du rapport constant précité se justifie par ce qui suit.

Pour que tous les éléments (tiges) coupants de l'outil puissent supporter une charge identique et posséder une rigidité identique, donc une capacité de coupe identique de chacun des éléments coupants, cette charge maximale (force critique) doit être constante, c'est-à-dire :

$$P_K = \frac{\pi^2 E I_{\min}}{4l^2} = \text{const.} \quad (1)$$

où P_K est la force critique,

E , le module d'élasticité du matériau de l'élément coupant;

$I_{\min}$, le moment d'inertie ;

l , la longueur de l'élément coupant.

$\pi = 3,14$.

Moment d'inertie pour les éléments coupants ronds :

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (2)$$

En substituant l'équation (2) dans l'équation (1) on obtient :

$$P_K = \frac{\pi^2 E \cdot \pi d^4}{4 l^2 \cdot 64} = \frac{\pi^3 E}{256} \cdot \frac{d^4}{l^2} = \text{const} \quad (3)$$

L'expression $\frac{\pi^3 E}{256}$ pour un même matériau de l'élément coupant étant constante, il faut, pour que l'outil puisse supporter une même charge critique, que le rapport d^4/l^2 soit constant pour tous les jeux d'éléments coupants.

L'outil réalisé, conformément à l'invention, sous forme d'un disque dont l'angle entre les pans latéraux est égal à 90° et dans lequel le rapport d^4/l^2 est constant, est doué d'une capacité de coupe identique suivant tout son profil et assure une bonne qualité du décapage ou du nettoyage analogue.

Le problème exposé plus haut peut être résolu à l'aide de différentes conceptions de l'outil conforme à l'invention. Selon l'une de celles-ci, les éléments coupants de chaque jeu ont une longueur et un diamètre identiques. Bien entendu le rapport d^4/l^2 pour chaque jeu est constant. Lors de l'étude d'un tel outil, on impose la largeur de chaque jeu à la surface travaillante de l'outil et, selon la longueur des éléments coupants, on détermine la largeur des jeux à la surface intérieure non travaillante.

Dans le cas considéré, il est possible d'assembler des fraises en aiguille ayant une surface travaillante de n'importe quelle largeur requise, mais la fabrication de chaque jeu doit se faire avec une précision suffisante pour assurer leur jonction précise.

Selon une autre variante de la réalisation de l'outil, les éléments coupants constituant lesdits jeux peuvent être de différentes longueurs et de différents diamètres, tout en respectant le rapport constant:

25

$$\frac{d_1^4}{l_{s_1}^2} = \frac{d_2^4}{l_{s_2}^2} = \frac{d_3^4}{l_{s_3}^2}$$

Dans ce cas, il est avantageux d'utiliser les fraises en aiguille pour le nettoyage de cornières à aile de 50 mm au maximum.

Selon encore une variante de réalisation de l'outil, les éléments coupants de chaque jeu peuvent être d'un diamètre identique et d'une longueur variable diminuant uniformément dans le sens allant de l'axe perpendiculaire à l'axe de rotation de l'outil vers sa périphérie, leur longueur moyenne restant constante.

35

Les longueurs des éléments coupants varient au

voisinage de leur valeur moyenne, qui est constante dans tous les jeux.

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la
5 lumière de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, avec référence au dessin unique non limitatif annexé dans lequel :

- la figure 1 représente une vue d'ensemble d'un
10 outil coupant rotatif conforme à l'invention constitué par quatre jeux d'éléments coupants de longueur et de diamètre identiques dans chaque jeu (vue en coupe longitudinale suivant l'axe de symétrie) ;

- la figure 2 est une vue d'ensemble de l'outil de
15 coupe rotatif conforme à l'invention, constitué par trois jeux d'éléments coupants dont la longueur et le diamètre sont différents dans un même jeu (vue en coupe longitudinale suivant l'axe de symétrie) ;

- la figure 3 est une vue d'ensemble de l'outil de
20 coupe rotatif conforme à l'invention, constitué par trois jeux d'éléments coupants de longueur différente et de même diamètre dans un même jeu (vue en coupe longitudinale suivant l'axe de symétrie).

L'outil de coupe revendiqué (tel que par exemple
25 une fraise en aiguille) représenté sur la figure 1 est constitué par plusieurs jeux 1, 2, 3, 4 d'éléments coupants 5 étroitement appliqués l'un contre l'autre. Les éléments coupants 5 sont exécutés sous forme de tronçons de fil (tiges) dont les extrémités correspondantes sont fixées
30 entre elles, par exemple par soudage, de manière à former la surface intérieure non travaillante A de la fraise en aiguille.

Cette surface A est une surface de révolution à génératrices brisées.

35 Les jeux 1, 2, 3, 4 sont, à leur tour, rigidement fixés l'un à l'autre.

Les extrémités libres des éléments coupants 5 forment la surface travaillante "B" de la fraise en aiguille, sous

forme d'une surface de révolution à axe de rotation 0-0.

Selon l'invention, la surface travaillante "B" de l'outil est celle d'un disque dont les pans latéraux sont disposés sous un angle α égal sensiblement à 90° . Le
 5 sommet de l'outil est rectifié suivant un rayon égal au rayon de la cornière laminée à nettoyer. Les éléments coupants 5 de tous les jeux 1, 2, 3, 4 sont égaux aussi bien en longueur qu'en diamètre. Il s'ensuit que leur flexibilité (élasticité), dépendant (pour une densité
 10 identique de remplissage par les éléments coupants 5 dans chaque jeu) du rapport $\frac{d^4}{l_s^2}$, où d est le diamètre des éléments coupants, l_s est l_s la longueur moyenne des éléments, constante.

Des brides 6 et 7 sont fixées aux jeux extrêmes 1 et
 15 4, respectivement, des éléments coupants 5. Dans ces brides il y a un orifice 8 où est engagé l'arbre de commande (non représenté) de l'outil.

Selon un autre mode de réalisation, les fraises en
 20 aiguille peuvent être constituées par deux jeux d'éléments coupants pour des cornières laminées dont l'aile est inférieure à 50 mm. Pour les cornières laminées dont l'aile est de 50 à 100 mm, il est avantageux de faire appel aux fraises en aiguille constituées par quatre jeux et, dans
 25 le cas de cornières à aile supérieure à 100 mm, par six jeux d'éléments coupants.

Exemple de calcul.

On veut créer un outil pour le nettoyage d'une cornière laminée à largeur d'aile $\delta = 60$ mm et de diamètre maximal $D_{\max} = 400$ mm. La longueur des éléments
 30 coupants $l = 60$ mm. On partage l'outil en quatre jeux annulaires à surface travaillante $\delta/2 = 30$ mm chacun. L'outil est symétrique, le jeu 1 est identique au jeu 4, le jeu 2 est identique au jeu 3. Le problème consiste à calculer les paramètres géométriques des jeux 1 et 2.

35 On commence le calcul par le jeu 2 (figure 1, coupe abcd) :

- 1) pour le point "a" $D_{\max} = 400$ mm ;
- 2) pour le point "d" $D_{\max} - 2l = 400 - 2.60 = 280$ mm

3) pour le point "b" $D_{\max} - 2 \cdot \frac{\delta}{2} \cos 45^\circ = 400 - 2 \cdot 30 \cdot 0,7 = 358 \text{ mm}.$

4) pour trouver le point "c", il faut déterminer le tronçon cd.

5 A cet effet, on détermine les diamètres moyens du jeu 2 suivant la surface travaillante B et suivant la surface non travaillante A de l'outil :

$$D_B = \frac{400 + 358}{2} = 379 \text{ mm} ;$$

10 D_B est le diamètre moyen du jeu 2 suivant la surface travaillante B.

$$D_A = D_B - 21 = 379 - 2 \cdot 60 = 259 \text{ mm} ;$$

D_A est le diamètre moyen du jeu 2 suivant la surface non travaillante A.

15 Les superficies du jeu 2 suivant les surfaces travaillantes B et non travaillante A sont inversement proportionnelles aux coefficients de remplissage φ_B et φ_A de ces surfaces.

20 Comme coefficient de remplissage de la surface travaillante B on adopte $\varphi_B = 0,75$, et comme coefficient de remplissage de la surface non travaillante A, $\varphi_A = 0,9$.

$$\frac{S_B}{S_A} = \frac{\varphi_A}{\varphi_B} \quad \text{ou} \quad \frac{\pi D_B \cdot ab}{\pi D_A \cdot cd} = \frac{\varphi_A}{\varphi_B}$$

25 d'où la longueur du tronçon cd = $\frac{D_B \cdot ab \cdot \varphi_B}{D_A \cdot \varphi_A} =$
 $= \frac{379 \cdot 30 \cdot 0,75}{259 \cdot 0,9} = 36,5 \text{ mm}.$

30 Connaissant la longueur des tronçons bc=60 mm et cd=36,5 mm, on détermine graphiquement la coordonnée de leur intersection. Le point d'intersection "c" se trouve sur le diamètre de 243 mm.

Ainsi, toutes les coordonnées du jeu 2 et du jeu 3 analogue sont déterminées.

35 En utilisant le même principe, on détermine les coordonnées du jeu 1.

L'outil de coupe rotatif représenté sur la figure 2 est constitué par des jeux 9, 10, 11, fixés entre eux,

d'éléments coupants 12, 13, 14 qui forment une surface intérieure non travaillante cylindrique C et une surface extérieure travaillante E. L'outil est assemblé au préalable suivant le contour indiqué sur le dessin en traits interrompus. Dans cet outil (ébauche) les diamètres et les longueurs des éléments coupants de différents jeux sont différents, mais ils sont constants dans chaque jeu considéré séparément. Les jeux extrêmes 13 et 14 sont fixés aux brides 15 dans lesquelles sont prévus des orifices 16 pour le passage de l'arbre de commande (non représenté).

L'ébauche de l'outil est rectifiée suivant sa surface extérieure E pour former un profil sous forme de disque dont l'angle α au sommet est de 90° . Les longueurs des éléments coupants 12, 13, 14 de chaque jeu 9, 10, 11 vont en diminuant depuis l'axe perpendiculaire à l'axe de rotation O-O vers la périphérie. Les longueurs moyennes $l_{s_{12}}$, $l_{s_{13}}$, $l_{s_{14}}$ des éléments coupants 12, 13, 14 diffèrent elles aussi et sont liées à leur diamètre d_{12} , d_{13} , d_{14} par la relation :

$$\frac{d_{12}^4}{l_{s_{12}}^2} = \frac{d_{13}^4}{l_{s_{13}}^2} = \frac{d_{14}^4}{l_{s_{14}}^2} = \text{const.}$$

La conception envisagée de l'outil est de fabrication simple, mais elle ne convient que pour le nettoyage de cornières laminées à aile de 50 mm au maximum. La capacité de coupe de cet outil varie quelque peu dans chaque jeu autour d'une valeur moyenne qui reste invariable. Pour cette raison, pour supprimer l'influence sur la qualité du nettoyage, l'outil peut être avantageusement constitué par des jeux de faible largeur dans lesquels la longueur des éléments de coupe ne diffère que de $\pm 10\%$ au maximum de la valeur moyenne.

Exemple de calcul.

On désire calculer un outil pour le nettoyage de cornières laminées dont l'aile a une largeur $d = 40$ mm. La largeur des jeux est choisie de manière que les jeux

extrêmes usinent des secteurs d'aile du laminé à raison de $\delta/2 = 20$ mm, et que les jeux centraux usinent deux côtés de $\delta/2 = 20$ mm à partir du sommet. On adopte une longueur maximale $l_{13}^{\max}$ des éléments coupants 13 du jeu central 10 égale à 68 mm, et un diamètre d_{13} desdits éléments égal à 0,5 mm.

On détermine géométriquement les longueurs moyennes $l_{S_{12}}$ et $l_{S_{14}}$ des éléments coupants 12 et 14 :

$$l_{S_{12}} = l_{S_{14}} = 50 \text{ mm}, l_{S_{13}} = 62 \text{ mm}.$$

On détermine $d_{12} = d_{14}$

$$\frac{d_{12}^4}{50^2} = \frac{0,5^4}{62^2} \quad \text{ou} \quad d_{12}^4 = 0,5^4 \cdot \left(\frac{50}{62}\right)^2$$

alors $d_{12} = 0,5 \cdot \sqrt{0,8} = 0,45$ mm

L'ébauche de cet outil est fabriquée à partir d'éléments coupants 12 et 14 d'une valeur maximale pour chaque jeu :

$$l_{12}^{\max} = l_{14}^{\max} = 56 \text{ mm}, l_{13}^{\max} = 68 \text{ mm}$$

L'outil de coupe rotatif représenté sur la figure 3 est constitué par trois jeux 17, 18, 19 d'éléments coupants 20, 21, 22, respectivement, appliqués étroitement l'un contre l'autre. Les jeux 17, 18, 19 disposés en gradins forment la surface non travaillante composée de surfaces cylindriques F, G, H dont le cylindre central formé par la surface G est de plus grand diamètre que les cylindres latéraux. La surface travaillante est désignée par la lettre K. L'ébauche de cet outil est assemblée à partir de jeux dont le contour est représenté sur le dessin en traits interrompus. Les jeux latéraux 17 et 19 des éléments coupants 20 et 22 comportent des brides respectives 23 et 24 fixées auxdits jeux. Par l'intermédiaire des brides 24, le jeu 18 est fixé rigidement, par exemple soudé, aux jeux 17 et 19 de manière à former avec eux une seule pièce. Dans les brides 23 et 24, sont pratiqués des orifices 25 de diamètre identique pour

permettre l'engagement de l'outil sur l'arbre de commande (non représenté).

La longueur et le diamètre des éléments coupants 20, 21, 22 d'une même ébauche sont identiques. Il est
 5 avantageux que la largeur des ébauches du jeu central 18 soit supérieure de deux fois à celle des ébauches des jeux latéraux 18 et 20. Dans l'outil prêt à l'utilisation, la longueur des éléments coupants 20, 21, 22 va en diminuant progressivement depuis l'axe perpendiculaire à l'axe de
 10 rotation 0-0 vers la périphérie, de façon que leur longueur moyenne reste constante. Il s'ensuit que le rapport $\frac{d^4}{l^3}$ est lui aussi constant pour tous les jeux. Pour que la variation de la capacité de coupe n'exerce pas une influence sensible sur la qualité du nettoyage, il est
 15 avantageux d'éviter que l'écart de la longueur maximale ou de celle minimale par rapport à la longueur moyenne dépasse 10%. Un outil de ce type est facile à assembler. En choisissant le nombre requis de jeux, il est possible de créer un outil pour l'usinage de cornières laminées
 20 de n'importe quelle largeur.

Exemple de calcul.

On veut effectuer le calcul d'un outil de diamètre extérieur maximal $D_{\max} = 300$ mm pour le nettoyage d'ailes de laminé dont la largeur δ est de 40 mm. Le diamètre des
 25 éléments coupants 20, 21, 22 est constant $d = 0,5$ mm alors que leur longueur est maximale (dans l'ébauche) $l^{\max} = 60$ mm. On adopte comme largeur de la surface travaillante de l'ébauche du jeu central 24 mm, et celle des jeux latéraux, 12 mm.

30 On commence le calcul par celui du jeu central 18, en déterminant sa largeur suivant la surface non travaillante G, comme dans le cas d'un outil de coupe rotatif classique. Cette largeur est égale à 36 mm. En construisant graphiquement le jeu 18 et en trouvant les points de son
 35 intersection avec les plans tracés à partir du sommet sous un angle $\frac{\alpha}{2} = 45^\circ$, on trouve le diamètre des jeux latéraux 17 et 19 de l'ébauche de l'outil, qui est égal à 270 mm. D'après ce diamètre et la largeur de 12 mm

de chaque surface travaillante des jeux latéraux 17 et 19, on détermine la largeur de chaque surface non travaillante F et H des jeux latéraux 17 et 19. Elle est égale à 20 mm. Ce faisant, on tient compte du fait que les angles intérieurs d'inclinaison des jeux latéraux doivent coïncider avec les angles d'inclinaison des éléments coupants extrêmes du jeu central.

Dans tous les jeux, la longueur moyenne des éléments coupants est égale à 54 mm ; il en résulte que le rapport $\frac{d}{l_s}$ est constant.

L'outil de coupe rotatif (fraise en aiguille) fonctionne de la manière suivante.

On monte la fraise en aiguille sur l'arbre de commande de la machine-outil, on la bloque et on la met en rotation. Ensuite on fait avancer progressivement une cornière laminée sous la fraise en aiguille, en faisant coïncider sa surface intérieure avec la surface travaillante de la fraise en aiguille, et on exerce sur celle-ci une pression avec un effort prédéterminé ou avec un serrage donné. Au moment où la fraise en aiguille entre en contact avec la surface à nettoyer, il se crée entre elles des forces de frottement qui ont pour effet de courber les éléments coupants élastiques dans le sens opposé à la rotation de l'outil. Pendant ce processus, un nombre croissant d'éléments coupants entrent en action, en augmentant ainsi la force de recul élastique des éléments coupants se trouvant en contact avec la surface à nettoyer du laminé.

Lorsque l'élasticité de tous les éléments entrés en action devient supérieure aux forces nécessaires au cisaillement des particules du matériau du laminé, ces particules sont cisailées devant les éléments coupants se trouvant, au moment considéré, en contact avec le matériau à usiner. Ensuite les éléments coupants ayant coupé les particules du laminé se redressent et projettent en avant les particules coupées, et les éléments coupants qui suivent la rangée d'éléments coupants qui vient d'entrer en contact répètent cette opération en un nouvel endroit

du laminé. Ces opérations se répètent jusqu'au nettoyage total de la surface intérieure du laminé avançant le long de la fraise en aiguille.

5 Grâce à la flexibilité et à la capacité de coupe égales des éléments coupants de la fraise en aiguille conforme à l'invention, on obtient un accroissement considérable de leur efficacité, de leur durée de vie, ainsi qu'une amélioration de la qualité du nettoyage.

10 Bien entendu l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en œuvre dans
15 le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Outil de coupe rotatif tel que par exemple, fraise en aiguille, du type comportant au moins deux jeux d'éléments coupants sous forme de tronçons de fil fixés les uns aux autres à l'une de leurs extrémités de façon à ce que
 5 celles-ci forment la surface intérieure non travaillante de l'outil, les autres extrémités, ou extrémités libres, desdits éléments formant la surface travaillante sous forme d'une surface de révolution dudit outil, caractérisé en ce que la surface travaillante, formée par lesdites
 10 extrémités libres des éléments coupants se présente sous forme d'une surface de disque dont les pans latéraux sont disposés sous un angle égal sensiblement à 90°, le rapport du diamètre à la longueur moyenne de chaque élément coupant dans chaque jeu d'éléments étant identique :

$$15 \quad \frac{d_1^4}{l_s^2} = \frac{d_2^4}{l_{s_2}^2} = \dots = \frac{d_n^4}{l_{s_n}^2} ;$$

où $d_1, d_2, \dots, d_n$ sont les diamètres des éléments coupants dans les jeux ;

20 $l_s, l_{s_2}, \dots, l_{s_n}$ sont les longueurs moyennes des éléments coupants dans les jeux ;

$1, 2, \dots, n$ sont les numéros des jeux.

2. Outil de coupe rotatif conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments coupants dans
 25 chaque jeu ont une longueur moyenne et un diamètre identiques.

3. Outil de coupe rotatif conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments de coupe de chaque jeu ont une longueur moyenne différente et un diamètre
 30 différent.

4. Outil de coupe rotatif conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments coupants de chaque jeu ont un diamètre identique et une longueur variable diminuant progressivement dans le sens allant de l'axe
 35 perpendiculaire à l'axe de rotation de l'outil vers sa périphérie, leur longueur moyenne restant constante.

