

A2

**DEMANDE
DE CERTIFICAT D'ADDITION**

(21)

N° 82 10424

Se référant : au brevet d'invention n° 8109946 du 19 mai 1981.

(54)

Fraise annulaire à aléser travaillant de face.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). B 23 C 5/10 // B 23 B 51/00.

(22)

Date de dépôt 15 juin 1982.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : US, 21 septembre 1981, n° 303857.

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 12 du 25-3-1983.

(71)

Déposant : HOUGEN Everett Douglas. — US.

(72)

Invention de : Everett Douglas Hougén.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Simonnot,
49, rue de Provence, 75442 Paris Cedex 09.

Certificat(s) d'addition antérieur(s) :

La présente invention concerne une fraise annulaire travaillant de face.

Le brevet redélivré des Etats-Unis d'Amérique N° 28 416 décrit une fraise annulaire comportant plusieurs
5 dents espacées autour de son extrémité inférieure d'attaque. Chaque dent comporte plusieurs arêtes de coupe décalées circonférentiellement. Les arêtes de coupe sont réalisées de manière que chacune d'elles forme son propre copeau. L'arête de coupe radialement la plus interne est disposée radia-
10 lement en travers d'un creux peu profond ménagé dans l'âme entre des dents successives et le bord de coupe le plus externe est disposé radialement en travers d'une rainure externe qui se prolonge hélicoïdalement de bas en haut le long de la fraise entre les dents successives. Dans ce brevet, la rainure
15 a une profondeur radiale qui est égale à la moitié environ de l'épaisseur de la paroi annulaire de la fraise et l'âme a une épaisseur qui est égale à la moitié environ de l'épaisseur de la paroi annulaire. En conséquence, l'arête de coupe radialement la plus interne de chaque dent a une dimension radiale
20 qui est aussi sensiblement égale à la moitié de l'épaisseur de la paroi de la fraise. Ainsi, la rainure a une profondeur radiale qui est suffisante pour que les copeaux enlevés par les deux arêtes de coupe puissent être évacués.

Le brevet précité suggère aussi que, lorsque trois
25 arêtes de coupe décalées circonférentiellement doivent être formées sur chaque dent afin que chaque dent découpe trois copeaux au lieu de deux, la profondeur radiale de la rainure et l'épaisseur de l'âme sont maintenues à la même valeur que dans une fraise à dents présentant deux décalages et la partie
30 de la paroi de la fraise qui correspond à la profondeur de la rainure a deux arêtes de coupe décalées circonférentiellement au lieu d'une seule arête. L'arête de coupe qui est la plus à l'extérieur en direction radiale est délimitée par un creux externe qui a une dimension axiale relativement fai-
35 ble et qui débouche dans la rainure. Cependant, la rainure a encore une dimension radiale sensiblement égale à la moitié de l'épaisseur de la paroi de la fraise, si bien qu'elle permet

un passage facile du copeau enlevé par l'arête de coupe radialement la plus interne. En outre, l'âme de la paroi a encore une seule arête de coupe dont la largeur est égale à la moitié environ de l'épaisseur de la paroi et le copeau enlevé par
5 cette arête doit être déplacé radialement vers l'intérieur de la rainure.

Bien que la fraise décrite dans ce brevet ait une coupe qui est bien supérieure à celle des fraises annulaires utilisées jusqu'à présent, lorsque cette fraise est utilisée
10 pour la découpe de trous en cours de production, les copeaux ont tendance à ne pas sortir librement du creux interne et à pénétrer dans la rainure. Dans ces conditions, la coupe est beaucoup plus lente et le trou formé est conique et surdimensionné, avec une finition grossière. La longévité de l'arête
15 de coupe est en outre fortement réduite. On détermine que le procédé le plus commode en pratique pour la résolution de ce problème de la mauvaise sortie des copeaux du creux et de la rainure dans une fraise annulaire est l'utilisation d'un type de fraise qui forme des copeaux minces et étroits qui peuvent
20 être facilement dirigés vers l'intérieur de la rainure dès qu'ils sont formés.

Normalement, dès qu'un copeau est taillé, il commence à s'enrouler en spirale. Le volume et la rigidité du copeau spiralé sont déterminés par sa largeur et son épaisseur.
25 Le résultat donné par un copeau spiralé de grand volume est qu'une moins grande quantité de matière de copeau peut remonter dans le passage délimité par une rainure, pendant un temps déterminé. Cependant, lorsqu'un copeau est étroit, il se plie facilement lorsqu'il rencontre un obstacle tel que la paroi
30 d'une rainure ou un trou, et il nécessite une profondeur de rainure bien inférieure lorsqu'il remonte dans une rainure. Un copeau étroit peut être plus facilement déplacé vers l'intérieur de la rainure et a moins tendance à boucher celle-ci. Un copeau étroit peut aussi se déformer facilement au-delà de
35 sa limite élastique et donc se rompre facilement en plus petits fragments. En outre, un copeau étroit forme une hélice spiralée élastique compressible radialement qui peut s'entrelacer avec

d'autres lorsqu'elle remonte dans une rainure hélicoïdale. Lorsque de tels copeaux spiralés entrelacés viennent au contact de la paroi du trou formé par la fraise, le frottement résultant a tendance à s'opposer à leur rotation avec la fraise, si bien qu'ils sont repoussés à force vers le haut par effet de came dû à la paroi latérale postérieure de la rainure hélicoïdale, sans bouchage de celle-ci. Ainsi, la section d'un rainure peut être réduite lorsque la largeur du copeau diminue. De même, dans le cas d'une paroi latérale de fraise ayant une épaisseur donnée, lorsque la dimension de la rainure diminue, la résistance mécanique de la fraise augmente puisque l'âme comprise entre les dents successives a une plus grande épaisseur. Une âme plus épaisse donne une plus grande rigidité et permet donc la formation d'un trou plus précis avec une meilleure finition. Comme la résistance mécanique de la fraise est accrue, le copeau découpé peut être plus épais et/ou le nombre de dents peut être plus grand, si bien que la coupe donnée par la fraise peut être plus rapide.

L'invention concerne essentiellement une fraise annulaire qui assure une coupe plus efficace, plus rapide et plus précise, donne une meilleure finition et a une plus grande longévité que les fraises connues.

Elle concerne aussi une fraise annulaire munie de rainures, présentant une résistance à la rupture supérieure à celle d'une fraise connue de dimension équivalente.

Elle concerne aussi une telle fraise annulaire rainurée dans laquelle chaque dent comporte au moins trois arêtes de coupe, chacune ayant de préférence une dimension radiale sensiblement inférieure à la moitié de l'épaisseur de la paroi de la fraise, si bien que la dimension radiale de la rainure peut être aussi faible que le tiers environ de l'épaisseur de la paroi de la fraise et cependant, suffisamment profonde pour qu'elle permette le passage libre du copeau formé par l'arête de coupe la plus large.

L'invention concerne aussi une fraise annulaire à aléser qui est plus efficace que les fraises connues de même dimension. Cette caractéristique est obtenue par formation de

chaque dent de la fraise avec au moins trois arêtes de coupe, chacune étant destinée à couper un copeau séparé et deux des arêtes étant formées sur la partie de la paroi latérale de la fraise qui se trouve radialement vers l'intérieur par rapport à la rainure, c'est-à-dire dans l'âme entre les dents successives.

Elle concerne aussi une fraise annulaire qui convient parfaitement bien à une réalisation en deux parties axialement adjacentes, assemblées par emboîtement de manière que la partie menante de la fraise sur laquelle les dents sont formées puisse être réalisée en un matériau relativement coûteux pour outils de coupe, par exemple de l'acier rapide, et que le corps de la fraise puisse être formé d'un matériau moins coûteux, par exemple un acier assez faiblement allié et traité thermiquement.

Elle concerne aussi une fraise annulaire à aléser permettant la fabrication de fraises de petit diamètre, ayant une tendance réduite à former des fissures telles que des gerçures lorsque les rainures sont usinées ou traitées thermiquement.

Elle concerne aussi une fraise annulaire à aléser qui permet une réduction facile du diamètre d'une fraise de dimension classique lors de la formation d'une fraise de dimension spéciale.

Elle concerne aussi une fraise annulaire convenant parfaitement à la découpe de plusieurs pièces empilées.

Elle concerne aussi une fraise annulaire convenant parfaitement bien à des coupes importantes sans obturation des rainures et des creux.

Un mode de réalisation avantageux de fraise à aléser selon l'invention comporte une paroi annulaire latérale ayant plusieurs dents distantes circonférentiellement autour de son extrémité inférieure et un nombre correspondant de rainures hélicoïdales autour de sa périphérie externe. Chaque dent a plusieurs arêtes de coupe décalées circonférentiellement et de préférence verticalement, deux au moins des arêtes étant formées sur la partie de la dent qui correspond à l'épaisseur de l'âme entre les dents successives, les arêtes restantes

étant formées sur la partie de la dent qui correspond à la dimension radiale de la rainure. Dans un mode de réalisation de fraise selon l'invention, la somme des largeurs des deux arêtes de coupe radialement internes est supérieure à la
5 somme des largeurs des deux arêtes restantes, et dans ce cas, l'épaisseur de l'âme est supérieure à la profondeur de la rainure. De toute manière, la profondeur de la rainure est au moins égale à la largeur de la plus large des deux arêtes internes de coupe. L'épaisseur de la paroi de la fraise peut
10 avoir des dimensions telles qu'il se forme un trajet relativement étroit de coupe, si bien que l'énergie nécessaire à l'avance de la fraise dans une pièce garde une valeur raisonnablement faible.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une perspective d'un mode de réalisation de fraise selon l'invention ;

la figure 2 est une vue partielle agrandie d'une
20 partie de la fraise de la figure 1, repérée par le cercle 2 ;

la figure 3 est une coupe partielle de la fraise de la figure 1 suivant la ligne 3-3 ;

la figure 4 est une coupe, avec un léger effet de perspective, d'une dent de la fraise ;

25 la figure 5 est une perspective d'un autre mode de réalisation de fraise selon l'invention ;

la figure 6 est une élévation agrandie d'une partie de la fraise de la figure 5, entourée par le cercle 6 ;

la figure 7 est une coupe, avec effet de perspective, d'une dent de la fraise de la figure 5 ;
30

la figure 8 est une vue partielle de dessous à grande échelle représentant la fraise par rapport à la pièce dans laquelle elle avance ;

la figure 9 est une perspective partielle d'une autre fraise correspondant à une variante de la fraise des figures
35 5 à 8 ;

la figure 10 est une coupe verticale partielle d'un

autre mode de réalisation de fraise selon l'invention ;

la figure 11 est une perspective partielle de la fraise de la figure 10 ;

la figure 12 est une élévation partielle de la
5 fraise de la figure 10 ;

la figure 13 est une vue partielle de bout de cette même fraise ;

la figure 14 est une coupe verticale partielle d'un autre mode de réalisation de fraise ; et

10 la figure 15 est une coupe verticale partielle montrant comment la fraise de la figure 14 permet une découpe dans des pièces empilées.

Sur les dessins, la fraise annulaire à aléser selon l'invention porte la référence générale 10 et comporte un corps
15 12 et une tige 14. Le corps 12 a la forme d'une cuvette renversée et a une paroi latérale 16 et une paroi supérieure 18. L'extrémité inférieure de la paroi latérale 16 a plusieurs dents 20 de coupe qui sont de préférence régulièrement espacées. Une rainure hélicoïdale 22 remonte autour de la périphérie
20 externe de la fraise près de chaque dent 20. Les rainures successives 22 sont séparées par un cordon 24 à la périphérie externe de la fraise. Dans la fraise représentée, les rainures et les cordons sont disposés sur toute la longueur de la paroi latérale de la fraise. Dans certaines applications, la fraise
25 travaille plus efficacement lorsque les rainures et les cordons ont une dimension nettement inférieure à celle de la paroi latérale. Les parties de la paroi latérale annulaire de la fraise comprises entre les dents successives 20 forment des âmes 26. La face radialement externe 28 de chaque âme 26 forme une paroi radialement interne de chaque rainure 22. Cette
30 dernière a une paroi latérale avant 30 et une paroi latérale arrière 32.

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 1 à 4, chaque dent 20 comporte trois arêtes de coupe
35 34, 36, 38. L'arête 34 se trouve en avant de l'arête 36 dans le sens de rotation et celle-ci se trouve en avant de l'arête 38, dans le sens de rotation. L'arête 34 est placée à l'extré-

mité inférieure de la face postérieure 40 d'un creux interne 42. L'extrémité supérieure du creux 42 est inclinée radialement vers l'extérieur, vers le haut, comme indiqué par la référence 44. L'arête 36 se trouve à l'extrémité inférieure
5 de la face arrière 46 d'un creux secondaire 48 qui est formé dans l'âme 26 juste à côté du creux interne 44. L'extrémité supérieure du creux secondaire 48 est incurvée vers le haut radialement vers l'extérieur, comme indiqué par la référence 50, au-dessus du creux interne 42. Les arêtes 34 et 36 sont
10 séparées par un épaulement circonférentiel 51 à l'extrémité inférieure de la face radialement interne 52 du creux 48. L'arête 38 se trouve à l'extrémité inférieure de la face arrière 32 de la rainure 22 et elle est placée en arrière du bord de coupe 36 dont elle est séparée par un épaulement 54
15 formé à l'extrémité inférieure de la rainure 22.

La face inférieure de chaque dent a deux faces en dépouille ou détalonnées 56 et 58. Dans la position de travail de la fraise, la face détalonnée 56 est inclinée axialement vers le haut et radialement vers l'intérieur alors que la
20 face détalonnée 58 est inclinée axialement vers le haut et radialement vers l'extérieur. En outre, chacune de ces faces détalonnées est inclinée vers le haut à partir de l'arête correspondante de coupe, en direction circonférentielle et d'un angle relativement faible, par exemple de 8 à 10°, afin
25 que les arêtes de coupe aient la dépouille nécessaire. Les deux faces détalonnées 56 et 58 se recoupent en formant une crête 60 qui recoupe l'arête radialement externe 38 de coupe. Bien que les faces détalonnées 56, 58 puissent être rectifiées de manière que la crête 60 recoupe l'une quelconque des arêtes
30 de coupe, il est préférable dans la plupart des cas qu'elle recoupe l'arête la plus externe. Etant donné les inclinaisons des faces détalonnées 56, 58, les arêtes 34, 36, 38 sont inclinées axialement en direction radiale et sont décalées verticalement de même que circonférentiellement.

35 Une caractéristique importante de la fraise selon l'invention est que deux arêtes 34, 36 de coupe sont formées à l'extrémité inférieure de chaque âme 26. Dans le mode de

réalisation de fraise des figures 1 à 9, l'âme a une dimension radiale qui est de préférence supérieure à la profondeur radiale de la rainure adjacente 22. Comme les arêtes 34, 36, 38 de coupe, sont décalées circonférentiellement, comme représenté, lorsque la fraise tourne et pénètre dans une pièce, un copeau séparé est coupé par chacune des arêtes. Les dimensions relatives de la fraise sont telles que la profondeur radiale de la rainure 22 n'est pas notablement inférieure à la plus large des deux arêtes 34, 36 et est de préférence supérieure à ces arêtes. Ainsi, juste après avoir été découpé, le copeau formé par l'arête 34 est dirigé dans le creux 48 puis dans la rainure 22 étant donné l'inclinaison radiale de cette arête et des parties supérieures d'extrémité 44 et 50 des creux 42 et 48. De manière analogue, juste après la découpe, le copeau formé par l'arête 36 est dirigé par l'inclinaison radiale de cette arête et par la paroi courbe 50 du creux 48 à l'intérieur de la rainure adjacente 22. La dimension axiale du creux secondaire 48 est de préférence supérieure à celle du creux 42 afin que l'évacuation du copeau de l'arête 34 dans le creux 48 puis dans la rainure 22 soit facilitée si bien que les copeaux n'ont pas tendance à s'accumuler et à s'entasser dans le creux 42. Bien que l'arête 34, du fait de son inclinaison, ait tendance à diriger le copeau formé vers le haut et vers l'extérieur, c'est-à-dire en direction perpendiculaire à la direction radiale de l'arête 34 et au plan de la face détalonnée 56, la dimension circonférentielle du creux 42 doit être suffisamment faible pour que le copeau formé par l'arête 34 ne puisse pas s'enrouler d'une façon trop importante directement dans ce creux 42. Lorsque le creux 42 a une dimension circonférentielle suffisamment petite, le copeau formé par l'arête 34 a tendance à rester relativement rectiligne et il est dirigé plus facilement vers le haut et vers l'extérieur du creux dans la rainure 22. La largeur circonférentielle du creux interne 42 ne dépasse pas de préférence la moitié environ de l'épaisseur de l'âme 26 et est de l'ordre du tiers environ de l'épaisseur de cette âme. La dimension circonférentielle du creux 42 varie en sens inverse

de l'épaisseur de l'âme 26. Ainsi, juste après leur coupe, les copeaux formés par les arêtes 34 et 36 sont dirigés radialement vers l'extérieur et axialement vers le haut dans la rainure 22. Le copeau formé par l'arête 38 est dirigé de
5 manière analogue vers le haut dans la rainure 22.

Comme tous les copeaux sont relativement étroits et ont tendance à former des spirales axiales plutôt que radiales, ils sont dirigés efficacement en direction radiale vers l'extérieur par les creux. Lorsque les copeaux spiralés
10 provenant de chacune des arêtes se déplacent axialement vers le haut et radialement vers l'extérieur dans la rainure 22, ils ont tendance à s'entrelacer mutuellement. Dès que les copeaux spiralés entrelacés sont au contact de la paroi du trou usiné, le frottement créé a tendance à arrêter la rotation
15 des copeaux avec la fraise. A ce moment, la face arrière 32 de la rainure dans laquelle ils sont disposés vient au contact des copeaux spiralés et les chasse vers le haut, hors de la rainure. Comme les copeaux spiralés sont étroits et surtout lorsqu'ils sont aussi relativement minces, ils peuvent faci-
20 lement être comprimés entre la face interne 28 de la rainure et la paroi du trou formé dans la pièce. Comme la face arrière 32 de chaque rainure 22 forme une hélice continue, les copeaux remontent constamment, régulièrement et sans obstacle dans les rainures. Ainsi, si les creux 42 et 48 ont des di-
25 mensions et une configuration telles qu'ils dirigent les copeaux formés par les arêtes 34, 36 presque immédiatement dans la rainure 22, et comme aucun obstacle n'empêche la remontée des copeaux dans la rainure, les copeaux peuvent remonter librement et sortir de la rainure. Cette circulation
30 libre des petits copeaux qui remontent dans la rainure est assurée plus facilement lorsque la fraise reçoit à l'intérieur un fluide de refroidissement sous pression. En outre, comme les copeaux sont étroits et ont une faible résistance mécanique, ils ont tendance à se casser plus facilement lors de
35 leur sortie du trou et ainsi, ils n'ont pas tendance à s'enrouler autour de la fraise et/ou de l'arbre ou du mandrin lorsqu'ils sortent du trou formé, et ils ne bouchent pas ou

n'empêchent pas la sortie des copeaux formés ultérieurement. En outre, comme indiqué précédemment, si la dimension circonférentielle du creux 42 est faible, la tendance du copeau formé par l'arête 34 à s'enrouler est évitée, si bien que
5 le copeau est dirigé dans la rainure 22 sous une forme plus rectiligne. La probabilité de coincement d'un copeau dans le creux et la rainure et de bouchage de ceux-ci est donc réduite.

Lorsqu'un léger jeu doit être prévu entre la périphérie interne de la paroi 16 et le lingot ou cylindre découpé intérieurement, la périphérie interne de la paroi 16 peut
10 s'incliner vers l'extérieur, avec une inclinaison d'environ 1°, à partir de l'extrémité inférieure et sur une faible distance, par exemple de 12,7 mm, comme indiqué par la référence 62 sur la figure 3. La partie de la périphérie interne de la
15 paroi latérale de la fraise peut être cylindrique au-dessus de cette partie inclinée, comme indiqué par la référence 64. Ainsi, à une faible distance au-dessus des arêtes, la périphérie interne de la fraise est séparée de la surface cylindrique externe du lingot coupé dans la pièce par une distance
20 de 0,2 mm environ. On peut aussi obtenir un jeu entre la périphérie interne de la paroi 16 de la fraise et le lingot cylindrique par formation de la périphérie cylindrique interne sous une forme légèrement concentrique, vers la périphérie externe de la fraise. En outre, comme indiqué sur la figure 3,
25 la profondeur de la rainure 22 peut le cas échéant être agrandie progressivement vers le haut, par rectification de la face interne 28 de la rainure de manière qu'elle soit inclinée radialement vers l'intérieur jusqu'à la partie 62 d'une manière légèrement plus grande vers le haut qu'au-dessus de cette
30 partie 62. De cette manière, un jeu radial est formé pour le passage du copeau de l'arête 38 juste après sa coupe. Ainsi, la rainure dans son ensemble peut avoir une section croissante vers le haut, facilitant l'éjection des copeaux. Chaque rainure peut aussi être inclinée afin qu'elle ait une dimension
35 circonferentielle plus grande à son extrémité supérieure qu'à son extrémité inférieure.

La présence d'une âme épaisse et très robuste, avec

cependant conservation d'une très faible largeur de tous les copeaux, présente aussi l'avantage de permettre l'utilisation d'un creux interne plus profond en direction axiale. Un creux axialement plus profond non seulement facilite la circulation
5 du fluide de refroidissement sur les dents de la fraise, mais permet aussi à ces dents d'être affûtées plus longtemps sans qu'une rectification des creux devienne nécessaire.

Il faut noter que la réduction de la puissance nécessaire à l'avance d'une fraise annulaire dans une pièce,
10 par exemple d'acier, nécessite que la gorge ou le trajet de coupe formé par la fraise soit relativement étroit. Dans le cas d'une fraise destinée à la découpe d'un trou de dimension petite ou moyenne dans de l'acier, par exemple à un diamètre de 25,4 mm, une dimension commode en pratique pour
15 l'épaisseur de la paroi de la fraise annulaire est comprise entre 4,06 et 4,57 mm environ. Dans une telle fraise, lorsque chaque dent a trois arêtes de coupe comme représenté sur les figures 1 à 4 et lorsque la paroi latérale de la fraise a une épaisseur d'environ 4,57 mm, lorsque l'âme doit être épaisse,
20 la dimension radiale de la rainure 22 peut être de l'ordre de 2,03 mm et ainsi, l'épaisseur de l'âme 26 peut être d'environ 2,54 mm. Les deux arêtes internes 34, 36 de coupe peuvent avoir une largeur d'environ une largeur d'environ 1,27 mm ou, le cas échéant, l'arête interne 34 peut avoir une largeur d'en-
25 viron 1,14 mm et l'arête intermédiaire 36 une largeur d'environ 1,40 mm. Ainsi, comme l'âme est relativement épaisse et comme la paroi annulaire est relativement mince, chaque copeau provenant des trois arêtes peut être facilement transmis dans la rainure 22. La dimension circonférentielle de chaque rainure
30 est de préférence égale à plusieurs fois la profondeur radiale de chaque rainure. Cependant, lorsqu'une âme épaisse n'est pas nécessaire, la fraise a des dimensions telles que l'épaisseur de l'âme est inférieure d'environ 0,25 mm à la moitié de l'épaisseur de la paroi de la fraise. Ainsi, lorsque la
35 paroi latérale de la fraise a une épaisseur d'environ 4,57 mm, l'épaisseur de l'âme peut être d'environ 2,03 mm et la rainure peut avoir une profondeur de 2,54 mm. Dans ce cas, les arêtes

de coupe 34 et 36 peuvent avoir chacune une largeur d'environ 1,02 mm. Dans tous les cas, la profondeur de la rainure est supérieure à la largeur des deux arêtes internes de coupe. Lorsque la puissance disponible est limitée, une fraise de grand diamètre peut être formée avec une paroi latérale plus mince, si bien que la puissance nécessaire à l'entraînement en rotation de la fraise peut être réduite. Lorsque la paroi latérale est relativement mince, l'épaisseur de l'âme est de préférence supérieure à la profondeur de la rainure afin que la fraise ait une résistance mécanique accrue.

La fraise des figures 5 à 8 diffère de celle des figures 1 à 4 essentiellement par une caractéristique. Dans la fraise des figures 5 à 8, la partie de chaque dent qui correspond à la profondeur de la rainure 22 a deux arêtes de coupe 70 et 72 au lieu d'une seule repérée par la référence 38 sur les figures 1 à 4. Dans ce cas, chacune de ces arêtes 70 et 72 peut avoir une largeur égale à la moitié environ de la profondeur du creux. Les faces détalonnées 56, 58 de chaque dent sont inclinées de la manière décrite précédemment en référence aux figures 1 à 4 et elles se recoupent de préférence au niveau d'une crête 74 qui elle-même recoupe l'arête 72 placée le plus à l'extérieur à peu près en son centre.

Dans la fraise représentée sur les figures 5 à 8, l'arête de coupe 72 est décalée circonférentiellement par rapport à l'arête 70 d'une faible quantité de manière que les deux arêtes forment un seul copeau ayant un axe central de faiblesse. En pratique, dans une fraise destinée à découper des trous dans de l'acier, l'arête 72 doit être décalée du quart seulement environ du décalage des autres dents, de préférence, d'une dimension ne dépassant pas 0,38 mm environ. Le copeau déformé unique ainsi coupé par les arêtes 70, 72 risque beaucoup de se rompre dès qu'il rencontre un obstacle. Cependant, ce copeau unique et peu résistant est dirigé immédiatement dans la rainure 22 de grande dimension, si bien que des copeaux étroits ne peuvent pas s'entasser dans la partie de la rainure comprise entre l'épaulement 82 (figure 8) et la paroi latérale 76 du trou formé.

Lorsque l'arête 72 est décalée vers l'arrière par rapport à l'arête 70 de manière que chacune de ces arêtes découpe des copeaux séparés, il est préférable que la partie de la rainure 22 qui est associée à l'arête 72 soit formée par un creux 84 (figure 9) dont la dimension verticale est sensiblement égale à la dimension verticale des creux 44, 50. Ainsi, lorsque l'arête 72 est suffisamment décalée pour qu'un copeau séparé soit formé, le copeau ainsi coupé est dirigé par le creux 84 immédiatement dans la rainure 22 de grande dimension et n'a pas tendance à boucher le creux 84.

Lorsque la fraise représentée sur la figure 9 est entraînée en rotation et avance dans une pièce, quatre copeaux séparés sont formés par les arêtes 34, 36 et 70, 72. Dans le cas de la fraise des figures 5 à 8, les arêtes 34 et 36 découpent chacune des copeaux séparés et, comme indiqué précédemment, les arêtes 70, 72 découpent un seul copeau qui se casse plus facilement. Dans tous les cas, le copeau formé par l'arête 34 est dirigé presque immédiatement vers l'extérieur dans la rainure 22 et le copeau formé par l'arête 36 est aussi dirigé presque immédiatement vers le haut et vers l'extérieur dans la rainure 22. De manière analogue, les copeaux séparés ou le copeau unique formé par les arêtes 70, 72 sont dirigés vers le haut dans la rainure 22.

Cependant, presque immédiatement après la découpe des copeaux par les arêtes 34, 36, 70 et leur direction dans la rainure 22, ils viennent en contact avec la paroi latérale 76 du trou formé dans la pièce et présentent un frottement. Comme les copeaux qui ne se sont pas cassés ont normalement une configuration quelque peu hélicoïdale, lorsqu'ils viennent au contact de la paroi latérale, la résistance de frottement créée ainsi a tendance à s'opposer la rotation des copeaux hélicoïdaux avec la fraise. En conséquence, les copeaux sont presque immédiatement mis au contact de la partie 78 de paroi latérale arrière de la rainure 22 (figure 6) et ils ont tendance, comme décrit précédemment, à être déplacés vers le haut par effet de came hors de la rainure, sans obstacle. Ainsi, étant donné la faible dimension circonférentielle de l'épaule-

ment 82, dans la fraise des figures 5 à 8, les copeaux ne viennent pas au contact de la partie 80 de paroi latérale arrière de la rainure 22 et ne sont donc pas coincés par celle-ci. Cette caractéristique est avantageuse puisque la
5 tendance des copeaux à se coincer entre la périphérie externe de la fraise et la paroi latérale 76 du trou formé est notablement réduite. Cette considération s'applique surtout lorsque les copeaux sont minces et se déforment facilement. En outre, comme les copeaux sont étroits, ils ont moins ten-
10 dence à rayer la paroi du trou formé lorsqu'ils remontent dans les rainures. De plus, les copeaux étroits se cassent plus facilement lorsqu'ils sortent du trou formé et ainsi, ils ne peuvent pas s'enrouler autour de la fraise et/ou d'un arbre ou d'un mandrin et ne peuvent donc pas empêcher la
15 circulation libre des copeaux formés ultérieurement.

Un autre avantage de la configuration représentée sur les figures 5 à 8 et 9, dans lesquelles la partie de dent correspondant à la profondeur de la rainure comporte deux arêtes de coupe au lieu d'une, est que, lorsque la fraise doit avoir
20 un diamètre externe inférieur par exemple de 0,5 mm à celui d'une fraise de dimension classique, doit être réalisée, il suffit d'utiliser une fraise terminée de dimension classique et d'enlever 0,25 mm à la périphérie externe par rectification. Ainsi, la profondeur de la rainure 22 n'est réduite que de
25 0,25 mm et est encore suffisamment grande compte tenu de la largeur des copeaux formés par les trois autres arêtes de coupe. Il faut noter que, même dans le cas de la fraise des figures 1 à 4, le diamètre externe de la fraise peut être réduit par rectification afin que la fraise puisse avoir une
30 dimension spéciale, pourvu que la dimension radiale de la rainure résultante soit encore sensiblement égale à la largeur du copeau formé le plus large.

Un autre avantage de la fraise ayant au moins deux arêtes de coupe à la fois dans la lame et dans la partie de dent
35 correspondant à la profondeur de la rainure, est que, lorsqu'un copeau métallique est découpé, il a tendance à présenter une dilatation pouvant atteindre 10 %. Dans le cas des fraises

- telles que représentées sur les figures 5 à 8 et 9, la profondeur de la rainure 22 est supérieure à la largeur de la plus large des arêtes de coupe d'un facteur supérieur à 10 %. Ainsi, la tendance des copeaux qui se dilatent à se
5 coincer dans la rainure 22 ou à boucher celle-ci, est encore réduite. Même lorsque les arêtes 70 et 72 de la fraise des figures 5 à 8 découpent un copeau unique, celui-ci a un axe central de faiblesse et se casse facilement en copeaux plus étroits.
- 10 Un autre avantage de la présence de deux arêtes de coupe sur l'âme de la fraise est qu'une paroi plus épaisse et qu'une gorge plus large peuvent être formées à volonté. Jusqu'à présent, on a rencontré des difficultés lorsque la
15 largeur de l'arête de coupe formée sur l'âme dépassait environ 2,54 mm, car le déplacement d'un copeau large en direction radiale vers l'extérieur dans la rainure était difficile. Selon l'invention, deux copeaux étroits formés par les arêtes de coupe de l'âme de la fraise peuvent se déplacer en direction radiale et axiale à l'intérieur de la rainure externe
20 d'une manière très facile, et on peut facilement obtenir un trajet de coupe ayant une largeur supérieure à 5,08 mm, dans des opérations de production.
- Les fraises représentées sur les figures 10 à 15 sont très semblables à celles des figures 1 à 4 et n'en diffèrent que légèrement. Dans la fraise des figures 1 à 4,
25 la surface détalonnée 56 est inclinée radialement vers l'intérieur et axialement vers le haut, avec une inclinaison d'environ 20 à 25°, si bien que les arêtes de coupe 34 et 36 ont des inclinaisons analogues. Il s'agit d'un "angle d'inclinaison positif vers l'intérieur". Un angle d'inclinaison
30 de cette valeur convient à la découpe de trous lorsque la charge de copeaux sur la fraise n'est pas excessive, par exemple d'environ 0,05 à 0,075 mm par tour. Les minces copeaux formés sont très souples et se déforment très facilement.
35 Comme indiqué précédemment, lorsqu'un copeau est coupé, il est dirigé vers le haut suivant un trajet perpendiculaire au plan de la surface détalonnée et perpendiculaire à l'orien-

tation radiale de l'arête de coupe. En conséquence, lors de l'utilisation d'un angle d'inclinaison positif vers l'intérieur relativement grand, les copeaux sont dirigés par les arêtes 34, 36 en direction radiale vers l'extérieur contre la paroi latérale du trou découpé. Si les copeaux sont minces, ils peuvent facilement se déformer et leur évacuation par le haut dans les rainures de la fraise comme décrit précédemment, présente peu de difficulté.

Si les copeaux sont relativement épais, ils ne se plient pas facilement lorsqu'ils rencontrent la paroi latérale du trou découpé et ils peuvent avoir tendance à boucher les rainures lors de la découpe de nombreux trous au cours d'opérations de production. Pour cette raison, un angle élevé d'inclinaison des arêtes 34, 36 tel que représenté sur les figures 1 à 4 n'est pas souhaitable lorsque la fraise est utilisée pour des opérations de production nécessitant la découpe de nombreux trous avec une vitesse d'avance relativement grande, par exemple pour une charge de copeaux de 0,15 mm. Lorsque la fraise est destinée à être utilisée dans des conditions qui donnent une charge élevée de copeaux, l'inclinaison radiale des deux arêtes de coupe internes doit être notablement inférieure à 25° , de manière que les copeaux soient dirigés en direction plus verticale et moins latérale. Dans le cas des grandes charges de copeaux, l'angle d'inclinaison radiale des deux arêtes internes de coupe doit de préférence être compris entre $+10^\circ$ et -3° .

Dans la fraise représentée sur la figure 10, l'angle a d'inclinaison des arêtes de coupe 34 et 36 est représenté au voisinage de $+10^\circ$ et, dans la fraise des figures 14 et 15, l'angle b d'inclinaison de ces arêtes de coupe est d'environ -3° . Des angles d'inclinaison de cet ordre ont tendance à diriger les copeaux formés par ces arêtes suivant un trajet plus vertical par rapport à une inclinaison de 25° . Dans le cas d'angles d'inclinaison relativement faibles, il est aussi préférable que ces arêtes de coupe aient des angles positifs de dégagement r par rapport à la périphérie interne de la fraise telle que représentée sur la figure 13. Lorsque

l'angle de dégagement radial de ces arêtes est légèrement positif, par exemple jusqu'à 10° , chaque copeau formé par ces arêtes est dirigé en direction légèrement radiale vers l'extérieur et vers le haut. Même lorsque l'angle d'inclinaison est de l'ordre de -3° (figure 14), un angle de dégagement radial légèrement positif (10°) provoque la direction des copeaux légèrement vers l'extérieur radialement et vers le haut verticalement, si bien que le copeau ou bien dégage juste les faces supérieures inclinées 44 et 50 des creux 42 et 48 ou bien vient à leur contact avec un angle très faible, si bien que les copeaux peuvent être déviés vers le haut dans les rainures 22 avec une très faible déformation. Un petit angle d'inclinaison réduit au minimum le fléchissement ou la distorsion nécessaire du copeau par les extrémité supérieures des creux 42, 51 ou par la paroi latérale du trou formé. De petits angles d'inclinaison compris entre environ $+10^\circ$ et -3° réduisent ainsi la tendance des rainures 22 à se boucher sous l'action des copeaux lorsque ceux-ci sont relativement épais

Ces faibles angles d'inclinaison des arêtes internes de coupe présentent plusieurs autres avantages. Il faut noter que la longueur d'une arête de coupe diminue lorsque l'angle d'inclinaison se rapproche de zéro, et que la largeur du copeau formé devient plus étroite. Un copeau étroit peut être plus facilement évacué vers le haut dans la rainure qu'un copeau plus large et pour cette raison, il a aussi tendance à réduire le bouchage des rainures. Si les copeaux s'écoulent librement et régulièrement en remontant dans les rainures, il faut une moindre puissance pour l'entraînement en rotation de la fraise que lorsque les copeaux ont tendance à s'entasser dans les rainures. Si la fraise a un couple plus faible, elle peut avoir une paroi latérale plus mince et, comme elle subit des contraintes plus faibles, on peut prévoir que sa longévité est accrue.

Un autre avantage d'angles relativement petits d'inclinaison interne est que la fraise peut découper des empilements de pièces. Par exemple, comme indiqué sur la figure

15, la fraise forme des trous dans deux plaques empilées verticalement P_1 et P_2 . Comme l'extrémité radialement interne de l'arête 34 constitue l'arête avant de l'outil, dès que l'extrémité interne de l'arête 34 traverse la plaque supérieure P_1 , le cylindre S formé à l'intérieur de la fraise est découpé proprement dans la plaque P_1 et l'arête 34 peut alors facilement pénétrer dans la plaque P_2 qui se trouve au-dessous. Lorsque l'angle d'inclinaison vers l'intérieur est déporté jusqu'à une valeur pouvant atteindre $+10^\circ$, la fraise permet encore une découpe facile d'un empilement de matière. Cette propriété est due au fait que, lorsque la crête 60 (figure 10) traverse la pièce supérieure, le flasque dirigé radialement vers l'extérieur sur le cylindre central est très mince, et, même lorsque le cylindre est libéré, une pression descendante modérée appliquée à la fraise suffit pour que celle-ci pénètre facilement dans la matière placée au-dessous et provoque ainsi un fléchissement et une découpe du mince flasque restant autour du cylindre découpé dans la pièce supérieure. Un angle d'inclinaison vers l'intérieur d'environ $+3^\circ$ donne d'excellents résultats vis-à-vis des charges élevées de copeaux et de la découpe des empilements de matière.

Comme indiqué précédemment en référence aux figures 1 à 4, la crête 60 représente l'intersection des deux surfaces détalonnées 56 et 58 et elle recoupe de préférence l'arête externe 38 de coupe. Cette dernière a de préférence un angle positif de dégagement radial (ne dépassant pas 10° environ) par rapport à la périphérie externe de la fraise. Dans les modes de réalisation des figures 10 à 15, l'arête externe 38 comporte, près de son extrémité externe, une surface détalonnée supplémentaire 86 qui est inclinée vers le haut et radialement vers l'extérieur, avec une inclinaison externe élevée, par exemple de 40 à 45° par rapport à l'horizontale. Cet angle est repéré par la référence c sur la figure 10 et l'angle d'inclinaison externe de la surface détalonnée 58, qui est de préférence compris entre 20 et 25° environ, porte la référence d . L'expérience montre que l'inclinaison de la partie externe de l'arête externe de coupe à un angle plus important, par exemple 40 à 45° , présente plusieurs avantages.

Cet angle élevé d'inclinaison non seulement facilite la direction du copeau formé par l'arête externe vers l'intérieur à distance de la paroi du trou coupé, mais aussi fait apparaître un angle inclus e relativement grand aux extrémités
5 externes des arêtes 38, cet angle correspondant à l'angle compris entre la périphérie externe de la paroi latérale de la fraise et les surfaces détalonnées inférieures. Un angle inclus important dans cette partie périphérique de la fraise réduit l'écaillage des dents et augmente la longévité de
10 l'outil.

Comme l'indique la figure 13, la crête 60 recoupe l'arête 38 à peu près à mi-chemin dans la direction de la profondeur de la rainure 22. La courbe 88 d'intersection de la surface détalonnée 58 et de la surface détalonnée 86 se
15 trouve de préférence au quart de la profondeur de la rainure vers l'intérieur à partir de la périphérie externe de la fraise. La figure 13 indique aussi que l'arête 38 de coupe est reliée à l'épaule 54 par une partie courbe de rayon relativement grand 90. Cet épaulement arrondi 90 dépasse de
20 préférence vers l'avant à moins d'environ 1 mm de l'arête 36. Malgré cette courbure importante entre les deux arêtes, celles-ci découpent deux copeaux séparés pourvu que les deux arêtes soient séparées verticalement par une distance supérieure à la distance d'avance de la fraise par tour. On constate que, tant que les arêtes sont séparées d'environ 0,25 mm,
25 deux copeaux séparés sont formés. L'espacement vertical de ces arêtes est déterminé par la longueur de l'épaulement intermédiaire et par l'angle d'inclinaison des surfaces détalonnées. Comme indiqué précédemment, dès qu'un copeau est formé,
30 il a tendance à se dilater. Un copeau relativement gros a plus tendance à se dilater qu'un copeau mince. L'épaulement arrondi 90 permet la courbure du copeau épais et son expansion facile sans effet de coincement entre la paroi du trou découpé et l'épaulement 54. Le copeau courbé découpé par
35 l'arête 38 remonte donc librement dans la rainure 22.

Lors de l'utilisation d'une fraise selon l'invention, la facilité d'éjection des copeaux et des autres avanta-

ges sont obtenus sans réduction de la résistance mécanique de la fraise. Cette caractéristique est due au fait qu'au moins trois arêtes de coupe et de préférence quatre ou plus sont formées sur chaque dent et au fait que la profondeur de la rainure peut être notablement inférieure à la largeur ou à l'épaisseur de l'âme entre les dents successives. La résistance mécanique d'une fraise annulaire ayant une paroi latérale rainurée est essentiellement déterminée par l'épaisseur de l'âme. Ainsi, si on détermine qu'une fraise particulière doit avoir une âme d'épaisseur minimale prédéterminée, l'épaisseur totale de la paroi de la fraise selon l'invention peut être inférieure à celle d'une fraise connue puisque, selon l'invention, la profondeur de la rainure peut être inférieure à l'épaisseur de l'âme, tout en permettant un passage suffisant du copeau le plus large formé par l'une quelconque des arêtes. Une paroi latérale plus mince est souhaitable au point de vue du coût et de la réduction de la largeur du trajet de coupe. Il faut cependant noter que l'utilisation d'une âme plus épaisse n'est pas primordiale. Comme indiqué précédemment, comme l'âme est formée avec deux arêtes de coupe, les copeaux sont dirigés beaucoup plus facilement et régulièrement dans la rainure externe. Ainsi, la contrainte appliquée à l'âme est notablement plus faible lorsque celle-ci a deux arêtes de coupe au lieu d'une seule. Ainsi, les caractéristiques de résistance mécanique de la fraise sont améliorées, bien que l'épaisseur de l'âme soit inférieure à la profondeur de la rainure.

Un autre avantage d'un mode de réalisation de fraise selon l'invention apparaît sur la figure 3. Comme indiqué précédemment, l'épaisseur de l'âme 26 peut, le cas échéant, être nettement supérieure à la profondeur de la rainure 22 près de chaque dent. Ceci est dû au fait que la partie de la dent correspondant à l'épaisseur de l'âme a au moins deux arêtes de coupe qui ont chacune une largeur qui est de préférence nettement inférieure à la profondeur de la rainure. Ainsi, si la paroi interne 28 de la rainure est inclinée radialement vers l'intérieur en direction ascendante à proximité

immédiate de son extrémité inférieure et assez brusquement jusqu'à la partie portant la référence 62 sur la figure 3, le copeau formé par l'arête 38 présente immédiatement un espace par rapport à la rainure. De manière analogue, lorsque
5 la périphérie interne de la fraise, près de son extrémité inférieure, est inclinée radialement vers l'extérieur et vers le haut, l'âme 26 a son épaisseur minimale près de l'extrémité supérieure de la paroi latérale de la fraise, dans la région portant la référence 86 sur la figure 3. Cette ré-
10 gion 86 devient la région primordiale de la fraise en ce qui concerne sa résistance mécanique. En conséquence, dans le cas d'une fraise classique dans laquelle la profondeur d'une rainure près de la dent est égale à l'épaisseur de l'âme, l'épaisseur totale de paroi de la fraise doit être nettement
15 plus grande lorsque la fraise a une rainure de profondeur accrue vers le haut, avec un jeu autour de sa périphérie interne. En outre, dans une fraise selon l'invention, un espace nettement accru peut être formé autour de la périphérie interne de la fraise sans que l'épaisseur de la paroi de la
20 fraise doive être notablement accrue. Un espace ou jeu plus grand est aussi souhaitable car il permet l'augmentation du débit de fluide de refroidissement transmis aux dents de la fraise.

La formation d'une âme relativement épaisse et d'une
25 rainure relativement peu profonde dans une fraise annulaire est aussi très importante au point de vue de la fabrication. Pour une épaisseur donnée de paroi, lorsqu'une rainure relativement profonde est rectifiée dans la paroi latérale, des petites fissures ou gerçures ont fortement tendance à se for-
30 mer dans l'âme, si bien que la durée d'utilisation de l'outil peut être relativement courte. Les rainures relativement profondes augmentent aussi la tendance à la formation des fissures ou gerçures pendant le traitement thermique. Cependant, si la rainure est relativement peu profonde et si l'âme est
35 relativement épaisse, cette dernière peut absorber une plus grande quantité de chaleur et réduire ainsi notablement la tendance à la formation de telles fissures pendant le traite-

ment thermique et la rectification des rainures. Une rainure peu profonde est aussi souhaitable en ce qui concerne le coût de la fabrication. Elle peut être usinée ou rectifiée en moins de temps et donner une durée de vie proportionnellement plus grande à l'outil.

La plus grande partie des fraises annulaires doivent avoir un pilote ou foret de centrage, bien que cette caractéristique ne soit pas représentée sur les dessins. En pratique, l'alésage 88 de la tige 14 destinée à retenir le pilote ou le foret de centrage doit avoir au moins une dimension prédéterminée. Ainsi, le diamètre interne de la fraise doit être au moins égal au diamètre du pilote ou du foret. Comme la fraise selon l'invention a une âme dont l'épaisseur est supérieure à la profondeur de la rainure, lorsque le trou du pilote a une dimension prédéterminée, le diamètre externe de la fraise selon l'invention peut être inférieur au plus petit diamètre externe utilisable dans le cas d'une fraise réalisée de manière connue.

Un autre avantage dû au fait que la fraise a une âme plus épaisse, par rapport aux fraises connues, est qu'elle peut être réalisée en deux parties, une partie comprenant les dents et une partie formant corps, emboîtée axialement dans l'âme et fixées l'une à l'autre par filetage, soudage, etc. L'âme relativement épaisse permet l'emboîtement sans que la résistance mécanique de la fraise soit affectée. Une fraise en deux parties présente un avantage évident de prix. Seule la partie qui comporte les dents doit être formée d'acier coûteux. En outre, lorsque les dents s'usent, seule la partie ayant les dents doit être remplacée et non l'ensemble de la fraise.

Une âme relativement épaisse permet aussi la formation d'un plus grand nombre de dents à la périphérie de la fraise puisque celle-ci peut supporter un couple plus élevé et une poussée plus grande. Un plus grand nombre de dents provoque une formation d'un plus grand nombre d'arêtes de coupe et donc une coupe plus rapide.

Dans le cas des fraises du type représenté sur les

figures 5 à 8 et sur la figure 9, chaque dent ayant quatre arêtes de coupe, et en l'absence de considérations particulières, il est préférable que les deux arêtes internes de coupe aient à peu près la même largeur et les deux arêtes
5 externes de coupe aient aussi à peu près la même largeur. Cependant, des considérations particulières peuvent imposer une autre caractéristique ; par exemple, lorsqu'une surface très lisse doit être découpée sur le cylindre central enlevé, l'arête 34 qui est la plus à l'intérieur doit être notablement plus petite que l'arête 36 qui la suit en direction
10 radiale. De toute manière, la plus large des deux arêtes ne doit pas avoir une largeur supérieure à la profondeur de la rainure 22. D'autre part, lorsqu'un trou très lisse doit être formé dans une pièce, l'arête 72 qui se trouve la plus
15 à l'extérieur doit être beaucoup plus étroite que l'arête suivante 70 en direction radiale. Lorsqu'un trou à paroi lisse et un cylindre central à paroi latérale lisse doivent être formés, les arêtes qui sont les plus à l'intérieur et à l'extérieur doivent être plus étroites que les arêtes in-
20 termédiaires. De toute manière, lorsque la fraise est destinée à la découpe de trous dans de l'acier et lorsque la fraise a au moins quatre arêtes de coupe, on obtient normalement les meilleurs résultats lorsque le bord de coupe le plus large a une largeur qui ne dépasse pas environ 1,59 mm.
25 Cependant, si la rigidité doit être plus grande, cette largeur des arêtes peut être considérablement accrue, d'un facteur pouvant atteindre 2 ou 3.

De manière analogue, bien qu'il soit avantageux que la crête formée entre les faces détalonnées 56 et 58 soit
30 réalisée afin qu'elle recoupe l'arête de coupe disposée la plus à l'extérieur, les faces détalonnées peuvent être rectifiées dans certaines applications de manière que la crête recoupe l'une des autres arêtes. Par exemple, si la fraise doit être utilisée pour la formation d'un trou dans deux ou plu-
35 sieurs pièces qui sont empilées l'une sur l'autre et si l'arête qui est la plus à l'intérieur a un angle positif d'inclinaison radiale relativement grand, par exemple de 25°, la crête formée

entre les deux faces détalonnées doit être très proche de la périphérie interne de la paroi latérale de la fraise. Dans une telle fraise, lorsque la crête ou le point le plus haut de la fraise est proche de la périphérie interne de la paroi latérale, l'avance de la fraise dans les deux pièces superposées présente peu de difficulté. Cependant, comme indiqué sur les figures 10 à 15, si l'arête placée la plus à l'intérieur a un angle faible ou négatif d'inclinaison, les deux faces détalonnées peuvent se recouper le long de l'arête formée la plus à l'extérieur et la fraise peut encore être utilisée pour la découpe de trous dans des pièces empilées.

Le point haut de la fraise peut être déplacé vers l'arête interne 34 sans changement de l'emplacement de la crête 74. Comme la face détalonnée 56 s'incline vers le haut en direction circonférentielle, lorsque la longueur des épaule-
ments 51, 54 est suffisamment accrue, la crête 74 se trouve au-dessus de l'arête 34 et non au-dessous. Dans ce cas, l'arête 34 commence l'action de découpe et pénètre dans la pièce supérieure avant la crête 74. Ainsi, si l'arête 34 garde
une largeur très faible, la petite lèvre restant sur le cylindre central découpé n'empêche pas sa remontée dans l'alésage de la fraise, si bien que celle-ci peut librement pénétrer dans la pièce qui se trouve au-dessous.

Comme un copeau a tendance à se dilater ou à se déployer légèrement juste après sa découpe, il est souhaitable que la surface 28 de la rainure 22 soit rectifiée d'une manière telle que la profondeur radiale de la rainure soit maximale au raccord des surfaces 28 et 32. La résistance de frottement du copeau découpé par l'arête 38 contre la paroi interne de la rainure est alors réduite au minimum.

REVENDEICATIONS

1. Fraise annulaire à aléser, selon la revendication 1 du brevet principal, du type qui comprend une paroi latérale annulaire de forme générale cylindrique ayant plusieurs dents de coupe (20) espacées circonférentiellement autour de son extrémité inférieure et comprenant un dispositif de montage de la fraise sur un organe rotatif d'entraînement, plusieurs rainures (22) espacées circonférentiellement autour de la paroi latérale et remontant depuis l'extrémité inférieure de la paroi, chaque dent (20) étant raccordée à la dent voisine adjacente par une âme circonférentielle (26) à la périphérie interne de la paroi annulaire, les âmes étant juxtaposées aux rainures en direction radiale, chaque rainure (22) ayant des parois latérales avant et arrière distantes circonférentiellement et disposées en direction générale radiale et une paroi circonférentielle interne, cette paroi interne délimitant le côté radialement externe de l'âme, les dents (20) formant au moins trois arêtes de coupe (34, 36, 38) disposées radialement et comprenant une arête de coupe radialement interne (34), une arête de coupe radialement intermédiaire (36) et au moins une arête de coupe radialement externe (38), les arêtes de coupe interne et intermédiaire étant formées sur les âmes (26) et étant disposées l'une par rapport à l'autre de manière qu'elles découpent chacune un copeau séparé lorsque la fraise tourne et avance dans une pièce, la somme des largeurs des copeaux découpés par les arêtes de coupe interne et intermédiaire (34, 36) étant égale à l'épaisseur des âmes (26) au moins, chacune des arêtes de coupe interne et intermédiaire (34, 36) ayant une dimension radiale inférieure à l'épaisseur des âmes (26), les âmes ayant des creux (42, 48) remontant depuis les arêtes de coupe interne et intermédiaire sur les dents (20) et débouchant radialement vers l'extérieur dans la rainure adjacente radialement, à leur extrémité supérieure, les arêtes de coupe externe (38) délimitant au moins en partie l'extrémité inférieure des parois latérales arrière circonférentiellement des rainures adjacentes, et chaque rainure (22) a une dimension radiale qui n'est pas inférieure aux dimensions radiales

des arêtes de coupe interne et intermédiaire et une dimension circonférentielle sensiblement supérieure à sa dimension radiale, si bien que, lorsque la fraise tourne et avance axialement dans une pièce, les copeaux formés par les arêtes de coupe interne et intermédiaire sur les parties d'âme de la paroi latérale de la fraise sont dirigés vers le haut par l'intermédiaire des creux correspondants et dans la rainure radialement adjacente, la fraise étant caractérisée en ce que chaque arête de coupe interne et intermédiaire (34, 36) est inclinée radialement vers l'extérieur et axialement vers le haut avec un angle qui n'est pas supérieur à 10° environ par rapport à l'horizontale.

2. Fraise selon la revendication 1, caractérisée en ce que chaque arête de coupe interne et intermédiaire (34, 36) est inclinée radialement vers l'extérieur et axialement suivant un angle compris entre $+10^\circ$ et -3° par rapport à l'horizontale.

3. Fraise selon la revendication 2, caractérisée en ce que chaque arête de coupe interne (34) a un angle positif de dégagement (r) par rapport à la périphérie interne de la paroi latérale de la fraise.

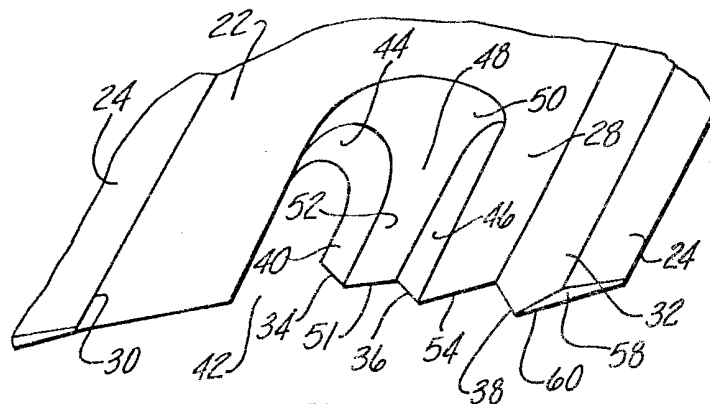
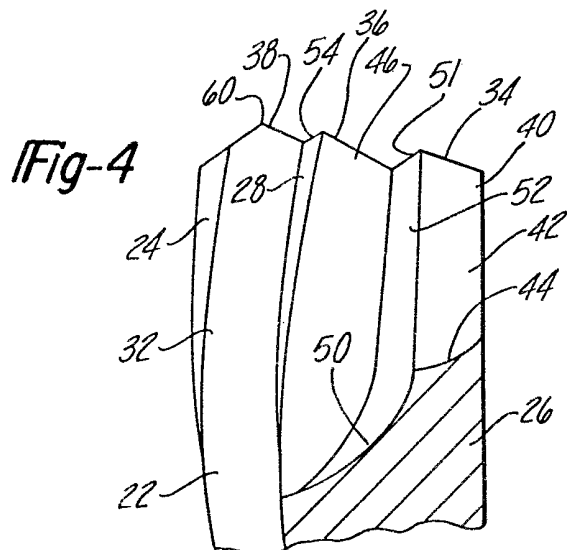
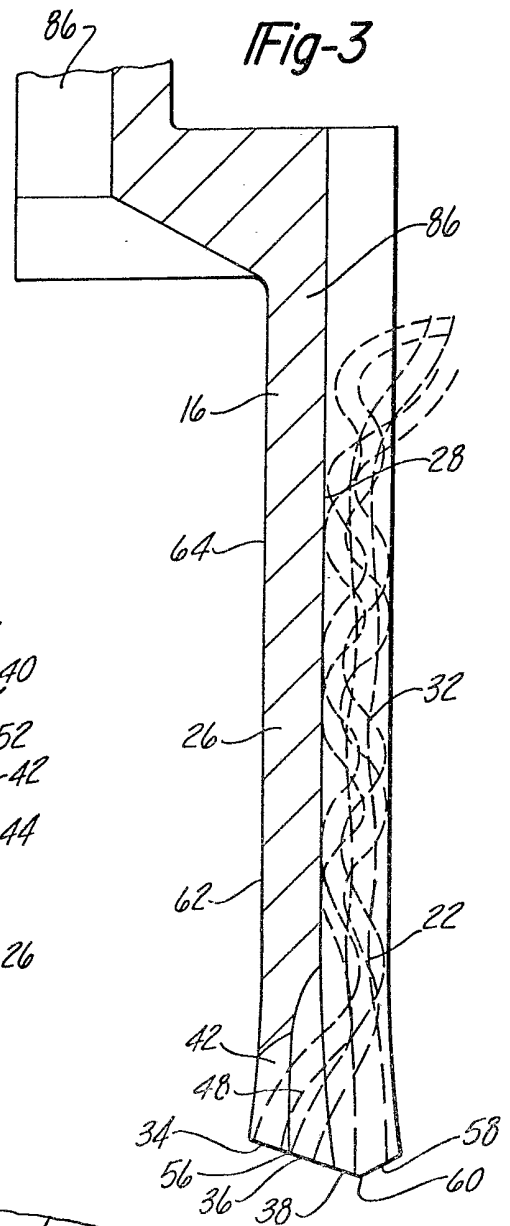
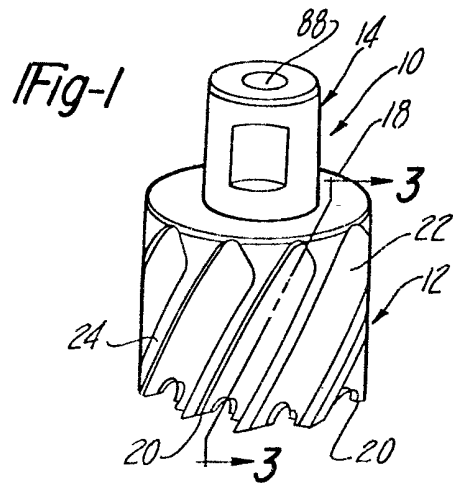
4. Fraise selon la revendication 2, caractérisée en ce que chaque arête de coupe externe (38) a un angle positif de dégagement radial par rapport à la périphérie externe de la paroi latérale de la fraise.

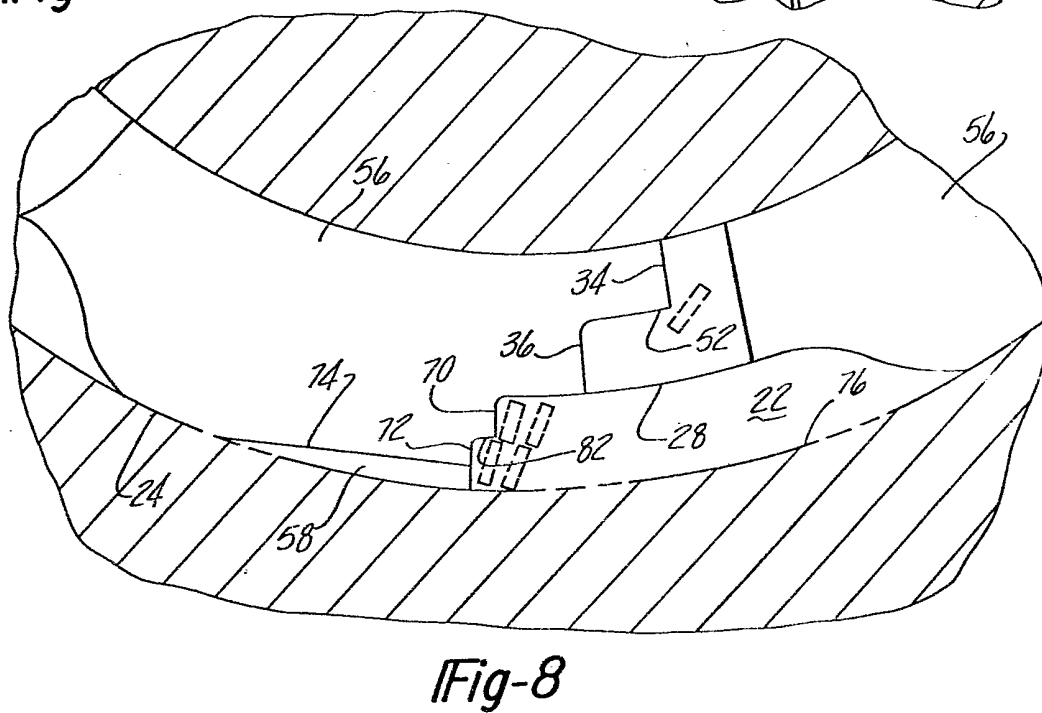
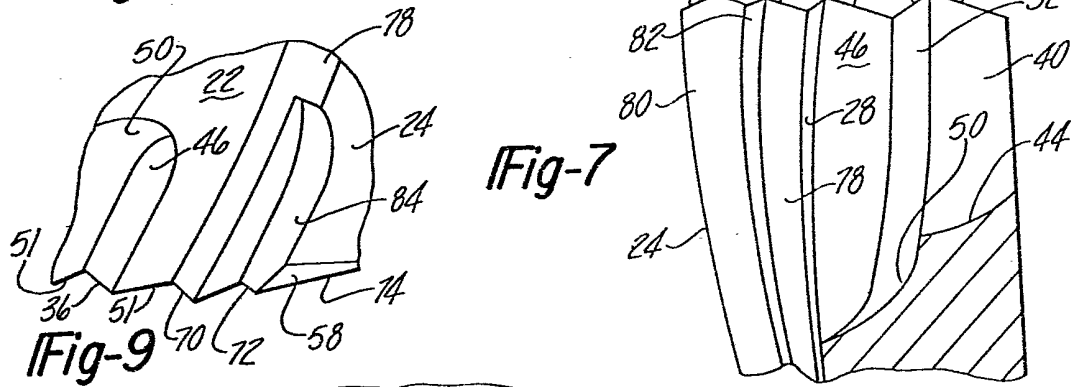
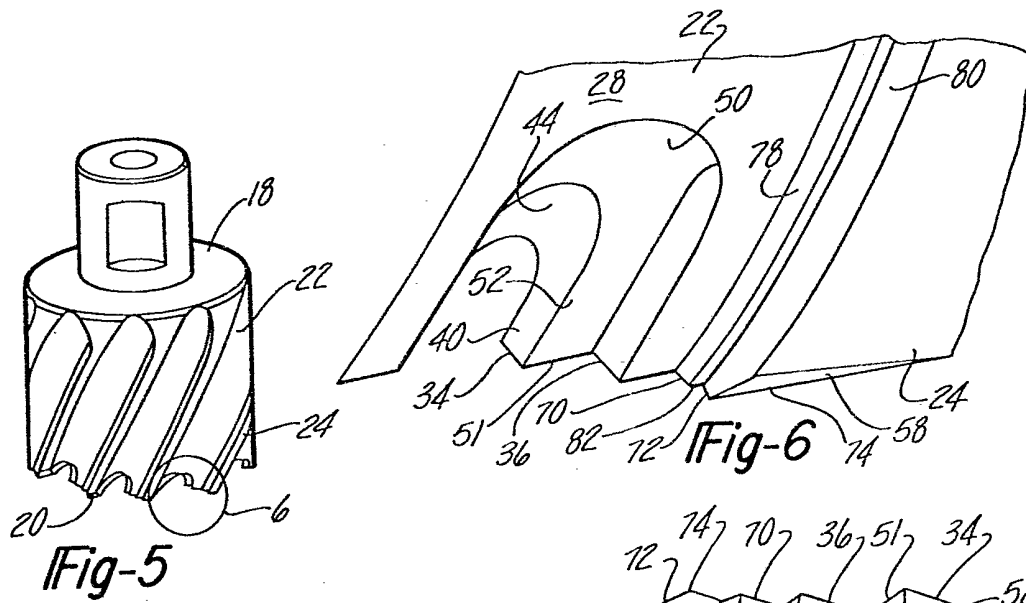
5. Fraise selon la revendication 1, caractérisée en ce que chaque dent (1) a trois arêtes de coupe (34, 36, 38) et a deux faces détalonnées (56, 58) inclinées radialement en sens opposés et qui sont aussi inclinées axialement vers le haut et vers l'arrière en direction circonférentielle à partir de chaque arête de coupe, l'une des faces détalonnées (56) ayant une étendue radiale correspondant au moins à celle des arêtes de coupe interne et intermédiaire (34, 36) et étant inclinée radialement vers l'extérieur et axialement vers le haut suivant un angle qui n'est pas supérieur à 10° avec l'horizontale.

6. Fraise selon la revendication 1, caractérisée en

- ce que chaque dent (20) a trois arêtes de coupe (34, 36, 38) et a deux faces détalonnées (56, 58) inclinées radialement en directions opposées et inclinées aussi axialement vers le haut et vers l'arrière en direction circonférentielle
- 5 à partir de chaque arête de coupe, l'une des faces détalonnées (56) ayant une étendue radiale correspondant au moins à celle des arêtes de coupe interne et intermédiaire (34, 36) et étant inclinée axialement en direction radiale vers l'intérieur suivant un angle compris entre $+10^{\circ}$ et -3° avec
- 10 l'horizontale.
7. Fraise selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'autre face détalonnée (58) est dirigée vers l'arrière depuis l'arête de coupe externe (38) et est inclinée radialement vers l'extérieur et axialement vers le haut suivant un
- 15 angle qui n'est pas supérieur à 25° environ.
8. Fraise selon la revendication 7, caractérisée en ce que l'autre face détalonnée (58) est inclinée radialement vers l'extérieur et axialement vers le haut suivant un angle compris entre environ 20° et 25° .
- 20 9. Fraise selon la revendication 8, caractérisée en ce que chaque dent (20) a une troisième face détalonnée (86) dirigée vers l'arrière depuis l'arête de coupe externe et radialement vers l'intérieur depuis la périphérie externe de la paroi latérale de la fraise, la troisième face détalonnée
- 25 étant inclinée radialement vers l'extérieur et axialement vers le haut suivant un angle d'environ 40° à 45° avec l'horizontale.
10. Fraise selon la revendication 9, caractérisée en ce que la troisième face détalonnée (86) a une dimension
- 30 radiale, au niveau de l'arête de coupe externe, qui est égale au quart environ de la profondeur radiale de la rainure adjacente (22).
11. Fraise selon la revendication 1, caractérisée en ce que chaque dent (20) a trois arêtes de coupe (34, 36, 38)
- 35 et chaque arête de coupe intermédiaire (36) est reliée à l'arête de coupe externe adjacente (38) par un épaulement circonférentiel (90), cet épaulement ayant, au moins en partie

une surface courbe qui aboutit près de l'extrémité externe de l'arête de coupe intermédiaire.





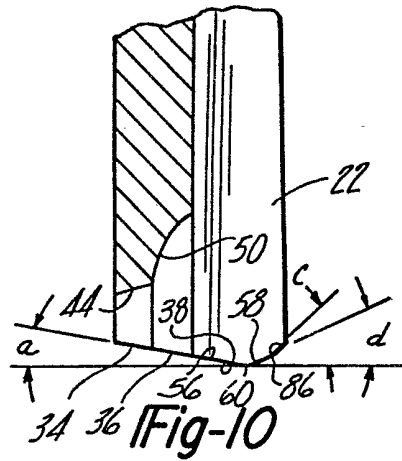


Fig-10

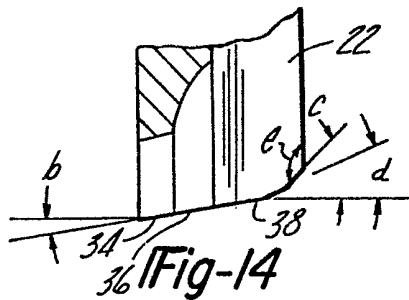


Fig-14

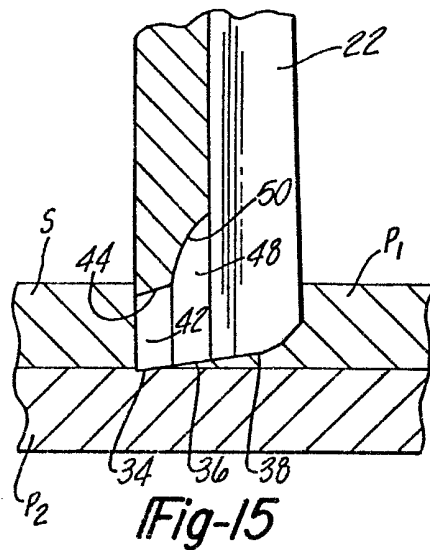


Fig-15

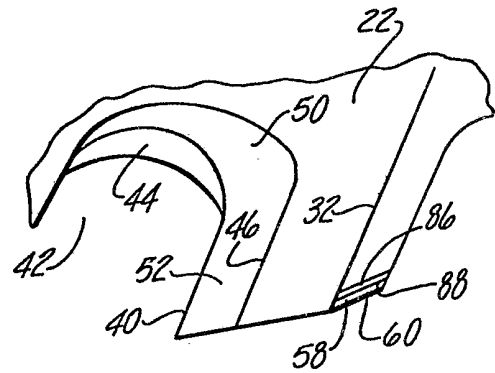
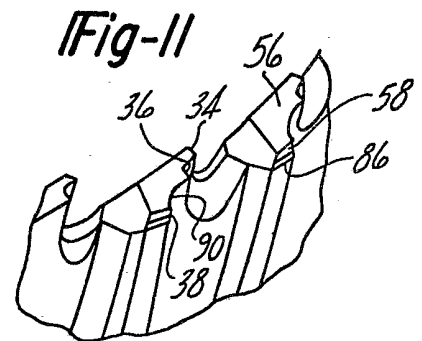


Fig-12

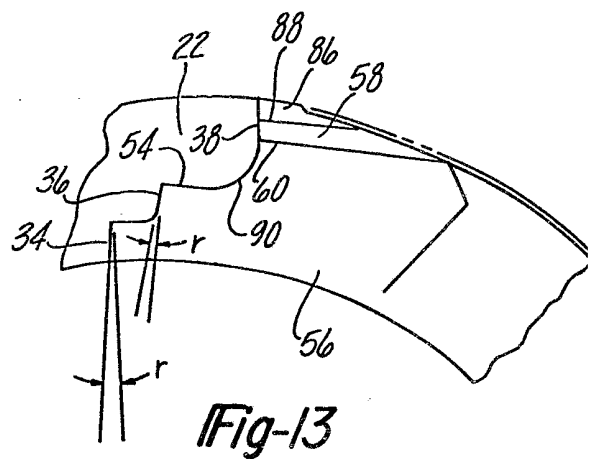


Fig-13