

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 19463

(54) Outil pour l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). B 21 D 41/02.

(22) Date de dépôt..... 27 juillet 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 7 du 13-2-1981.

(71) Déposant : INSTITUT SVERKHTVERDYKH MATERIALOV AKADEMII NAUK UKRAINSKOI SSR,
résidant en URSS.

(72) Invention de : Alexandr Mineevich Rozenberg, Semen Grigorievich Kishin, Oleg Alexandrovich
Rozenberg, Eduard Karpovich Posvyatenko, Jury Fedorovich Busel, Anatoly Dmitrievich
Kritsky et Vladimir Vasilievich Polyakov.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

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

La présente invention concerne le domaine de l'usinage par déformation, en particulier de métaux, et a notamment pour objet un outil pour l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation.

5 L'invention peut trouver des applications avantageuses, notamment dans diverses branches des constructions mécaniques, où on a besoin d'usiner des trous de différentes pièces à parois épaisses, par exemple de cylindres de pompes à pétrole, des axes de piston des moteurs à combustion interne, des douilles des
10 maillons de chenilles, etc. En outre, on utilise ces outils, en particulier dans la métallurgie, pour la production de tuyaux à orifices de précision, ainsi que dans la construction d'appareils de contrôle et de mesure pour l'usinage de trous de petits diamètres, par exemple dans les guides d'ondes ou les gyroscopes.

15 Le domaine d'application de l'invention peut aussi s'étendre à d'autres branches de l'industrie, en particulier celles qui imposent des exigences sévères aux propriétés d'utilisation des pièces usinées.

Par terme "déformation" on entend ici et dans la suite de
20 la présente description le changement de dimensions de l'ouverture dans la pièce sous l'effet d'une pression appliquée de l'intérieur aux parois de l'ouverture et ne s'accompagnant pas d'un changement de la masse de la pièce.

L'usinage de surfaces internes par déformation présente des
25 avantages importants, au point de vue du rendement et de la qualité de finition, par rapport au brochage à outil coupant à dents multiples, qui est largement répandu.

L'usinage par déformation permet d'améliorer la qualité de finition de la surface et la précision de l'usinage, la dureté
30 de la couche superficielle usinée augmente d'une manière considérable (de 1,5 à 3 fois), ce qui élève aussi la résistance à l'usure et la résistance à la fatigue des pièces. On obtient un coefficient plus élevé d'utilisation du métal, car ce genre d'usinage n'est pas accompagné d'un enlèvement de copeaux, aussi
35 évite-t-on tous les inconvénients inhérents à l'enlèvement des copeaux.

En outre, l'application de la déformation rend possible l'usinage de trous de petit diamètre d'une haute qualité de

finition de la surface, ce qu'on ne peut obtenir en utilisant les broches porte-outil, et permet en outre de changer les dimensions tant intérieures qu'extérieures des ébauches creuses.

5 Cependant, le passage de la coupe à la déformation plastique pour l'usinage des surfaces internes pose aux constructeurs le problème de la création d'un outil ayant une grande résistance aux charges radiales, dont la valeur, dans le cas de l'usinage par déformation, est bien plus grande que leur valeur en cas d'usinage par broche porte-outil.

10 On connaît un outil pour l'usinage de surfaces internes par déformation, comportant un mandrin sur la surface cylindrique d'ajustement duquel sont engagés en alternance et avec un certain jeu radial, des éléments de déformation et des éléments d'écartement, qu'un élément de fixation empêche de se
15 déplacer le long de l'axe du mandrin (voir Rozenberg A.M. et al. "Prochnost tverdosplavnykh rabochikh elementov deformirujuschikh protiazhek", Kiev, "Tekhnika", 1977, pp 3-4).

20 La surface extérieure active de chaque élément de déformation forme un cône de travail, un tronçon cylindrique et un cône inverse. Le contact de l'élément de déformation avec la surface à usiner a lieu suivant le cône de travail.

25 Au cours de l'usinage, l'outil pour l'usinage des surfaces internes par déformation, muni d'éléments de déformation de diamètre extérieure croissant, passe à travers l'orifice de la pièce en déformant plastiquement les parois de la pièce en portant le diamètre de l'orifice jusqu'aux dimensions souhaitées.

30 Du fait que l'outil mentionné présente un jeu entre le mandrin et les éléments de déformation, ce sont ces derniers qui subissent la partie essentielle de la charge radiale au cours du brochage par déformation. Il s'ensuit que pendant l'usinage de pièces réalisées en un matériau difficilement déformables, ou de pièces à parois épaisses, ainsi que dans d'autres cas où la pression dans la zone de contact de l'outil avec la pièce dépasse 150-200 Kg/mm², la résistance des éléments de déformation, fabriqués
35 généralement à partir d'alliages durs ou d'aciers trempés, est souvent insuffisante, ce qui aboutit à leur destruction. De plus, le jeu initial entre le mandrin et les éléments de déformation augmente au cours de l'exploitation à cause de l'usure, et il en

résulte une diminution de la résistance des éléments de déformation et de l'ensemble de l'outil. Pour assurer la résistance de l'outil, on fabrique les éléments de déformation soit à partir d'alliages durs à haute teneur en métal liant, soit des aciers à outils. Ces matériaux ont, au cours de la déformation plastique, tendance à une interaction d'adhésion avec le matériau de la pièce usinée, ce qui mène souvent à une baisse considérable de la qualité de finition de la surface. Il faut aussi remarquer que ces matériaux sont moins résistants à l'usure que, par exemple, les alliages durs à faible teneur en métal liant.

Une autre méthode pour l'augmentation de la résistance des éléments de déformation consiste à les rendre plus épais suivant la direction de la charge radiale. Dans ce cas, la consommation d'alliage dur ou d'acier à outils augmente et les forces axiales de traction agissant sur le mandrin lors de l'usinage s'accroissent.

Les tentatives faites pour assurer la résistance de l'outil en augmentant le nombre d'éléments de déformation ont conduit à une consommation élevée de matériaux pour la fabrication de l'outil et à une réduction du rendement de l'usinage.

La présence du jeu entre le mandrin et les éléments de déformation entraîne un autre inconvénient de l'outil: l'apparition de vibrations radiales qui réduisent la qualité de la finition de surface et la précision de l'usinage.

Il est à noter que la réduction de la précision de l'usinage, dans le cas de l'outil de construction décrite, peut-être provoquée par la déformation élastique des parois des éléments de déformation dans les limites du jeu mentionné, sous l'action de la charge radiale qui apparaît au cours de l'usinage.

On s'est donc proposé de mettre au point un outil pour l'usinage des surfaces internes des pièces par déformation, dont la résistance serait augmentée en réduisant les contraintes causées dans les éléments de déformation par la charge radiale.

Ce problème est résolu du fait que l'outil pour l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation, du type comprenant au moins un élément de déformation comportant une surface active extérieure sur laquelle, au cours de l'usinage, se forme la zone de contact de l'outil avec la pièce à usiner, et emmenché par sa surface d'ajustement sur la surface d'ajustement

d'un mandrin, ainsi qu'un élément de fixation destiné à immobiliser axialement l'élément de déformation sur le mandrin, est caractérisé, selon l'invention, en ce que, dans la zone opposée à la zone de contact avec la pièce, les surfaces d'ajustement du mandrin et de l'élément de déformation sont réalisées de façon que les dimensions transversales de la surface d'ajustement du mandrin dépassent les dimensions transversales correspondantes de la surface d'ajustement de l'élément de déformation d'une valeur assurant un ajustement avec serrage.

Grâce à la création du serrage entre l'élément de déformation et le mandrin dans la zone d'action de la charge radiale (qui correspond à la zone de contact de l'élément de déformation avec la pièce), cette charge est supportée non seulement par l'élément de déformation mais aussi par le mandrin; en d'autres termes, l'outil travail fonctionne dans cette zone comme s'il était fabriqué d'une seule pièce et avait une aire de section transversale égale à l'aire totale de section transversale de l'élément de déformation et du mandrin. En conséquence, pour une même charge radiale, les contraintes de flexion dans l'élément de déformation de l'outil de construction décrite sont inférieures à celles de l'outil dans lequel il y a un jeu entre son élément de déformation et le mandrin. On obtient ainsi une résistance accrue de l'outil lors de l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation. Cette réduction des contraintes de flexion donne la possibilité de fabriquer l'outil avec un nombre minimal d'éléments de déformation et de réduire ainsi la consommation de matériau pour la fabrication de l'outil et d'augmenter le rendement de l'usinage. Cela permet en outre de réduire l'épaisseur de la paroi de l'élément de déformation, ce qui rend possible une augmentation correspondante des dimensions transversales du mandrin, qui assurent sa résistance à la traction.

La réduction des contraintes de flexion dans l'élément (ou les éléments) de déformation pour l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation permet de fabriquer ces éléments à partir d'alliages durs à faible teneur en métal liant, qui sont plus résistants à l'usure et n'entrent pas en interaction d'adhésion avec le matériau de la pièce usinée, ce qui assure une élévation de la qualité de finition de surface et une

amélioration des propriétés physiques et mécaniques de la couche superficielle.

Les vibrations et la flexion des parois de l'élément de déformation, qui exercent une influence négative sur la qualité de la finition et la précision de l'usinage, sont éliminées par
5 l'ajustement avec serrage entre l'élément de déformation et le mandrin dans la zone d'action de la charge radiale.

Il est rationnel que la surface d'ajustement du mandrin, dans la zone opposée à la zone de contact avec la pièce à usiner, soit conique. Ceci facilite la création du serrage au cours du
10 montage de l'outil et assure la localisation de l'ajustement avec serrage dans ladite zone, tout en permettant de respecter les dimensions transversales calculées des surfaces d'ajustement.

Il est préférable que la surface d'ajustement de l'élément de déformation dans la zone opposée à la zone de contact avec
15 la pièce soit cylindrique, car dans ce cas, la valeur de l'effort de serrage dans l'outil monté sera variable et augmentera avec l'augmentation de la dimension transversale (diamètre) de la surface conique d'ajustement du mandrin. Cette répartition du serrage dans la zone d'action de la charge radiale correspond à
20 la répartition de cette charge au cours de l'usinage, ce qui assure l'uniformité de la résistance de l'outil dans ladite zone. Si, au cours de l'usinage, le sens de déplacement de l'outil coïncide avec le sens de l'augmentation du diamètre de la surface d'ajustement du mandrin, l'emmanchement sur cette surface de la
25 surface cylindrique d'ajustement de l'élément de déformation réduit le risque de destruction de ce dernier due au déplacement de l'élément de déformation le long de l'axe du mandrin sous l'effet de la force de réaction.

Si la surface d'ajustement de l'élément de déformation est
30 cylindrique, il est rationnel que la conicité de la surface d'ajustement du mandrin dans la zone opposée à la zone de contact avec la pièce varie de 0,001 à 0,15, car cela assure une étendue optimale de la zone dans laquelle s'effectue l'ajstement avec serrage et sa localisation dans la zone d'action de la charge
35 radiale.

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la

description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs avec références aux dessins non limitatifs annexés dans lesquels:

- la figure 1 représente l'outil conforme à l'invention, comportant un seul élément de déformation;

5 - la figure 2 représente la zone d'action de la charge radiale dans l'élément de déformation de l'outil conforme à l'invention;

10 - la figure 3 représente l'outil conforme à l'invention, comprenant plusieurs éléments de déformation séparés par des éléments d'écartement.

L'outil pour l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation comprend un élément de déformation 1 (figure 1), un mandrin 2 et un élément de fixation 3.

15 L'élément de déformation 1 est destiné à effectuer la déformation des surfaces internes des pièces pendant le déplacement en translation de l'élément 1 suivant la surface à usiner, le sens déplacement de travail de l'outil selon l'invention est indiqué sur le dessin par la flèche A.

20 L'élément 1 est exécuté en forme d'anneau. L'élément 1 présente une surface extérieure active 4 et une surface intérieure d'ajustement 5 (la manière dont est exécutée la surface 5 est décrite en détail ci-dessous).

25 Au cours de l'usinage des surfaces internes des pièces, la surface active 4 est en contact avec la pièce par sa zone de contact B (figure 2) délimité par les plans sécants C et D.

L'espace délimité par les plans C et D est la zone d'action de la charge radiale lors du fonctionnement de l'outil.

30 Le mandrin 2 comporte une queue 6 (figure 1), une partie de guidage avant 7, une partie d'ajustement 8 à surface d'ajustement 9, et un bout fileté 10.

L'élément 1 est emmanché par sa surface d'ajustement 5 sur la surface d'ajustement 9 du mandrin 2.

35 Selon une version préférée de l'invention, la surface d'ajustement 9 est réalisée conique, mais il est possible de donner à la surface 9 une autre forme, par exemple cylindrique. Les dimensions transversales (en l'occurrence, le diamètre) de la surface d'ajustement 9 dans la zone E (figure 2) opposée à la

zone de contact B et délimitée par les plans C et D sont, dans tous les modes de réalisation de l'invention, supérieures aux dimensions transversales correspondantes de la surface d'ajustement 5 de l'élément de déformation 1, d'une valeur assurant un ajustement avec serrage. La forme conique de la surface 9 facilite la création du serrage dans la zone d'action de la charge radiale et assure la localisation de l'ajustement avec serrage dans ladite zone, tout en permettant de respecter les dimensions transversales calculées des surfaces d'ajustement 9 et 5.

Suivant un mode préféré de réalisation de l'invention, pour assurer l'ajustement avec serrage de l'élément de déformation 1 dans la zone d'action de la charge radiale, la conicité de la surface d'ajustement 9 du mandrin 2 est sensiblement de 0,001 à 0,15, tandis que la surface d'ajustement 5 de l'élément de déformation 1 est cylindrique.

Quand la surface d'ajustement 5 est cylindrique, la valeur de l'effort de serrage de l'outil monté est variable et augmente dans le sens de l'augmentation du diamètre de la surface d'ajustement conique 9.

Quand le déplacement de travail de l'outil conforme à l'invention est opposé au sens de l'augmentation du diamètre de la surface d'ajustement, la répartition de l'effort de serrage dans la zone de l'action de la charge radiale correspond à la répartition de cette charge au cours de l'usinage. Ceci assure une résistance mécanique uniforme de l'outil dans ladite zone. Si, au cours de l'usinage, le sens du déplacement de l'outil conforme à l'invention coïncide avec le sens de l'augmentation du diamètre de la surface d'ajustement 9 (figure 1), l'emmanchement sur celle-ci de la surface d'ajustement cylindrique 5 de l'élément de déformation 1 diminue le risque d'une destruction de cet élément causée par le déplacement de ce dernier le long de l'axe du mandrin 2 sous l'effet de la force d'écartement de réaction.

Il convient de noter que lorsque la conicité de la surface 9 est inférieure à 0,001 il est difficile de garantir le serrage dans une position donnée dans les limites de la zone d'action de la charge radiale, et que dans le cas d'une conicité supérieure à 0,15, l'emmanchement de la surface cylindrique sur la surface

conique n'assure pas le serrage sur l'étendue nécessaire.

Dans l'autre mode de réalisation des surfaces d'ajustement 9 et 5, par exemple quand ces surfaces sont coniques et présentent une même conicité dans la zone d'action de la charge radiale, il est nécessaire d'assurer une précision accrue des dimensions transversales des surfaces d'ajustement.

Afin d'obtenir la possibilité de centrer l'élément de déformation 1, ainsi que de rendre plus facile les opérations d'assemblage, on a prévu sur la surface d'ajustement 5 une zone 11 conique (cône rentrant.)

La conicité de la zone 11 est bien entendu supérieure à la conicité de la surface d'ajustement 9.

L'élément de fixation 3 (figure 1) est destiné à immobiliser axialement les éléments 1 sur le mandrin 2.

L'élément de fixation 3 est réalisé notamment sous forme d'un écrou borgne, à poignées, à chapeau ou analogue, 12, qui est vissé sur le bout fileté 10 du mandrin 2.

La surface extérieure de l'écrou 12 sert de moyen de guidage arrière de l'outil selon l'invention. A l'extrémité de l'écrou 12 est ménagée une queue 13 destinée à la transmission du mouvement dans le sens opposé à celui qui est indiqué par la flèche A.

Il est à noter que lorsque le sens de mouvement de travail de l'outil est opposé au sens de l'augmentation du diamètre de la surface d'ajustement 9 du mandrin 2, la surface extérieure de l'écrou 12 sert de moyen de guidage avant de l'outil, tandis que le moyen de guidage avant 7 du mandrin 2 sert de moyen de guidage arrière de cet outil.

Au cours de l'usinage des surfaces internes de pièces exigeant des déformations considérables, l'outil conforme à l'invention comprend généralement plusieurs éléments de déformation 1 (figure 3) alternant avec des éléments d'écartement 14. Le nombre d'éléments de déformation 1 est choisi de manière à assurer la précision et la qualité de finition nécessaires de la surface. Les éléments de déformation 1 sont montés sur le mandrin 2 de façon que les dimensions transversales de la surface travaillante 4 des éléments de déformation 1 augmentent successivement dans le sens de déplacement de l'outil.

Les éléments d'écartement 14 se présentent sous forme de

douilles filetées 15 et 16. Une telle réalisation des éléments d'écartement 14 rend plus simple les opérations d'assemblage et de désassemblage de l'outil lors du remplacement des éléments usés.

5 L'assemblage de l'outil conforme à l'invention, montré sur la figure 3, est effectué de la manière suivante. On établit la longueur minimale des éléments d'écartement 14 à l'aide des douilles filetées 15 et 16. Ceci fait, on place alternativement sur la surface d'ajustement 9 du mandrin 2 les éléments d'écar-
10 tement et les éléments de déformation, respectivement 14 et 1. Tous les éléments 14 et 1 étant mis en place, on visse sur le bout fileté 10 du mandrin 2 l'élément de fixation 3, de sorte que le dernier élément de déformation 1 se déplace le long de la surface d'ajustement 9 du mandrin 2 jusqu'à refus, c'est-à-
15 dire jusqu'à ce que le serrage nécessaire avec la pièce usinée soit effectué dans la zone E (figure 2). Le serrage nécessaire pour les autres éléments de déformation 1 est effectué par déplacement des éléments d'écartement 14 (figure 3).

Pour le désassemblage de l'outil conforme à l'invention, 20 auquel on procède, généralement, afin de remplacer les éléments usés, on dépose d'abord l'élément de fixation 3 et, en augmentant la longueur du premier élément d'écartement 14, on enlève tous les éléments d'écartement et éléments de déformation 14 et 1, respectivement.

25 Il est possible d'appliquer un autre mode de réalisation des éléments 14, par exemple en les réalisant sous forme de douilles non-démontables. Toutefois, cela rend plus difficile le désassemblage de l'outil lors du remplacement des éléments usés.

Au cours du brochage de déformation, la surface active 4
30 de l'élément de déformation 1 se trouve en contact avec la surface interne de la pièce à usiner (figure 2). La charge radiale est alors supportée par l'élément de déformation 1. Etant donné que la conception de l'outil conforme à l'invention assure la création d'un serrage entre le mandrin 2 et l'élément de
35 déformation 1 sous la partie la plus chargée de ce dernier, la charge radiale au cours du brochage est supportée par le mandrin 2, ce qui décharge l'élément de déformation 1. Dans cette zone, l'outil fonctionne comme s'il était réalisé d'une seule pièce

ou monolithe et avait une aire de section transversale égale à l'aire totale de section transversale de l'élément de déformation I et du mandrin 2.

Pour fixer les idées, on donne ci-dessous un exemple concret
5 mais non limitatif de réalisation d'un outil conforme à l'invention.

Pour brocher un trou de $45^{+0,34}_{-0,02}$ mm de diamètre et de 200mm de longueur dans une douille fabriquée à partir d'un tube laminé à chaud 65x12 (acier contenant jusqu'à 0,2% de carbone), on a mis
10 au point un outil pour l'usinage de surfaces internes par déformation, doté de quatre éléments de déformation 1 en alliage dur (figure 3) dont les diamètres extérieurs étaient de 42,4; 43,4; 44,4; 45,4mm. La conicité de la surface d'ajustement 9 du mandrin 2 était égale à 0,002, son diamètre au voisinage du guide avant
15 7 était de $25^{+0,20}_{-0,22}$ mm. Les diamètres des surfaces cylindriques d'ajustement des éléments de déformation 1 étaient: le premier, de $25^{+0,20}_{-0,22}$ mm; le deuxième, de $25^{+0,40}_{-0,42}$ mm; le troisième, de $25^{+0,60}_{-0,62}$ mm; et le quatrième, de $25^{+0,80}_{-0,82}$ mm. Le pas des éléments de déformation était de 100mm, la conicité du trançon 9 était de 0,01.
20 La longueur des éléments d'écartement 14 pouvait être réglée jusqu'à 40mm.

Bien que les forces de brochage agissant sur chaque élément de déformation lors de l'usinage du lot desdites douilles fussent au cours des essais, dans les limites de 10 -12t, les éléments
25 de déformation 1 n'ont pas été détruits. Les tensions agissant sur ces quatre éléments de déformation étaient de 45,6; 43,8; 42,4 et 41,2 kg/mm², soit à peu près de 2 fois moins grandes que les tensions dans les éléments de déformation de mêmes dimensions de l'outil connu. Il en résulte que l'outil selon l'invention
30 présente une résistance plus élevée.

En outre, l'outil pour l'usinage des surfaces internes par déformation assure une augmentation de la qualité de finition et une amélioration des propriétés physico-chimiques de la couche
35 superficielle. La construction décrite de l'outil selon l'invention permet d'usiner des trous dont le diamètre peut aller de 5 à 200mm, ainsi que des pièces à parois épaisses, c'est-à-dire des pièces dont le rapport entre l'épaisseur des parois et le diamètre de l'ouverture est de 0,5 à 0,6. Dans ce cas, les

déformations sont de 3 à 20%. L'invention donne la possibilité de fabriquer l'outil en ayant recours à un nombre minimal d'éléments de déformation et, de cette façon, de réduire la consommation de matériaux nécessaires à sa fabrication ainsi que d'élever le rendement de l'usinage.

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 oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

REVENDICATIONS

1. Outil pour l'usinage des surfaces internes de pièces par déformation, du type comprenant au moins un élément de déformation présentant une surface active extérieure sur laquelle, au cours de l'usinage, se forme, la zone de contact avec la pièce
- 5 à usiner et emmanché par sa surface d'ajustement sur la surface d'ajustement du mandrin, ainsi qu'un élément de fixation destiné à immobiliser axialement ledit élément de déformation, caractérisé en ce que, dans la zone opposée à la zone de contact avec la pièce, les surfaces d'ajustement du mandrin et de l'élément
- 10 de déformation sont réalisées de manière que les dimensions transversales de la surface d'ajustement du mandrin dépassent les dimensions transversales correspondantes de la surface d'ajustement de l'élément de déformation, d'une valeur assurant un ajustement avec serrage.
- 15 2. Outil suivant la revendication 1, caractérisé en ce que, dans la zone opposée à la zone de contact avec la pièce à usiner, la surface d'ajustement du mandrin est conique.
3. Outil suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, dans la zone opposée à la zone de contact avec
- 20 la pièce à usiner, la conicité de la surface d'ajustement du mandrin est de 0,001 à 0,15.
4. Outil suivant l'une des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que, dans la zone opposée à la zone de contact avec la pièce à usiner, la surface d'ajustement de l'élément de
- 25 déformation est cylindrique.

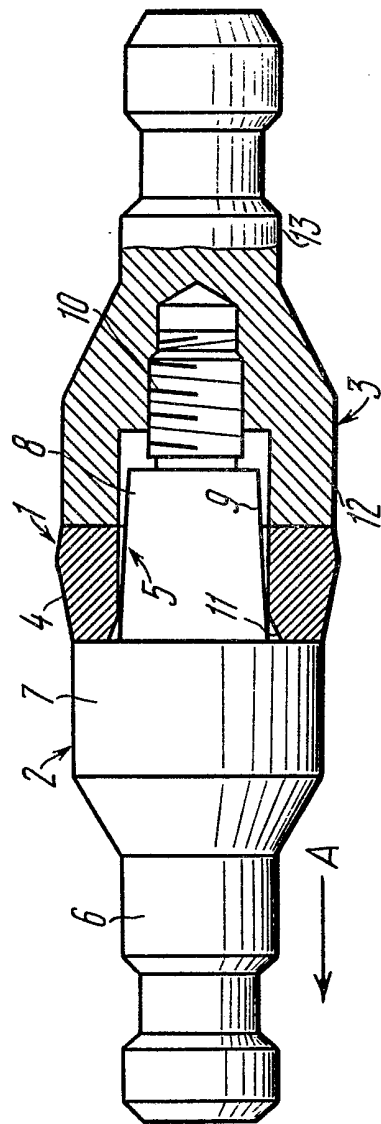


FIG. 1

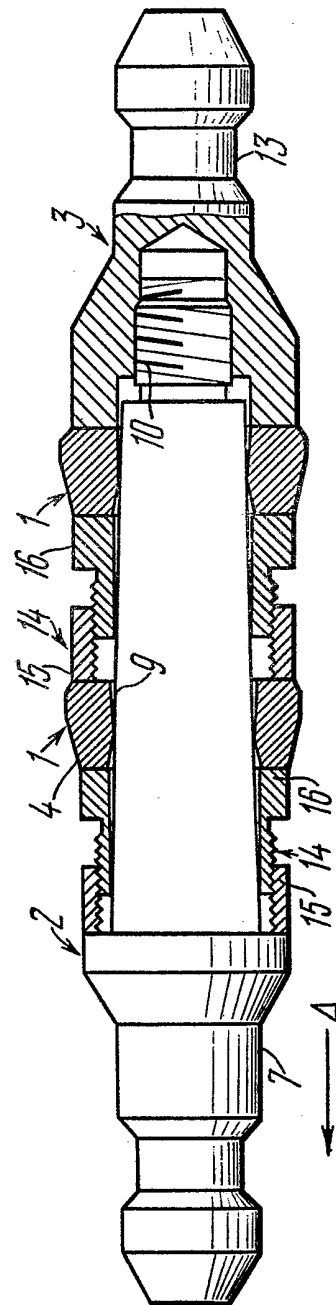


FIG. 3

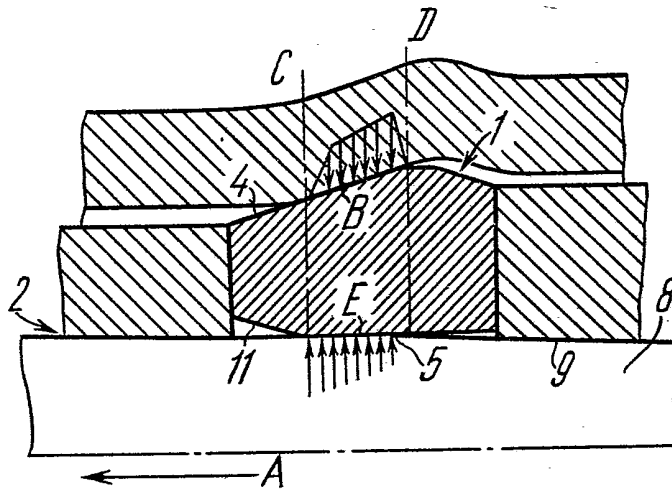


FIG. 2