

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 30.08.90.

⑫③ Priorité : 15.09.89 US 407974.

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 22.03.91 Bulletin 91/12.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : CATERPILLAR INC. (société de droit
américain) — US.

⑦② Inventeur(s) : Caudill M. L.

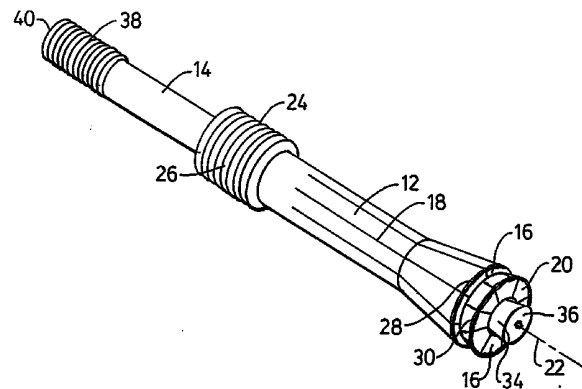
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Cabinet Malemont.

⑤④ Procédé et appareil de dilatation de tubes.

⑤⑦ L'appareil servant à dilater un tube comporte une mul-
tiplicité de segments (16) radialement mobiles, dont cha-
cun est doté d'une paire de surfaces (28,30) de contact
avec la pièce à travailler circonférentiellement décalées et
longitudinalement espacées, disposées sur le segment.

Avantageusement, le procédé et l'appareil permettent de
dilater le tube d'un degré suffisant pour former un joint mé-
canique ferme avec une bride ou un élément de paroi,
quelles que soient les variations nominales du diamètre et
de l'épaisseur de la paroi du tube. En outre, le procédé et
l'appareil permettent de former un fini uniformément lisse
sur la surface interne du tube rendant ainsi inutiles des trai-
tements de post-formage pour éliminer des particules su-
perficielles indésirables.



1
La présente invention se rapporte généralement à un procédé et à un appareil de déformation de métal, et plus particulièrement à un procédé de déformation de métal destiné au refaçonnage d'un tube à l'aide d'un outil interne.

Il est bien connu de former un joint mécanique entre la surface externe d'un tube et un alésage d'une bride ou élément de paroi en faisant dilater le tube; cependant, même les procédés de dilatation de tubes les plus utilisés et qui connaissent le plus grand succès dans le commerce présentent des limitations. En premier lieu, de nombreux procédés ne permettent pas l'obtention d'une surface de paroi de tube interne uniforme et lisse. En raison des opérations répétées de formage à froid, les outils de dilatation du type à rouleau provoquent souvent l'écaillage de la surface interne du tube. Des outils de formage non rotatifs qui sont dilatables et qui se montent sur un mandrin présentent des segments de formage séparés qui laissent typiquement sur la surface interne du tube des arêtes ou bavures en saillie vers l'intérieur. Des traitements de post-formage sont employés pour éliminer ces fragments accrochés peu solidement (c'est-à-dire écailles, rebords, arêtes, etc.) et pour nettoyer les surfaces internes de toute matière susceptible d'endommager le système dans lequel l'assemblage sera installé par la suite.

Le brevet US 2 357 123 délivré à Carl A. Maxwell propose des méthodes destinées à la formation d'un fini uniformément lisse sur la surface interne du tube. Maxwell propose en premier lieu de faire dilater la surface interne du tube à l'aide d'une tête de dilatation à bille fendue comportant une multiplicité de segments radialement déplaçables, les joints situés entre les segments adjacents étant formés suivant un angle qui est de biais par rapport à la direction de déplacement de l'outil au cours du formage. Les outils présentant de tels joints obliques ou ouvertures entre les segments de formage ont tendance à provoquer l'écaillage de minces lamelles de matière du tube parce qu'ils s'enfoncent dans la surface du tube au cours de l'opération de dilatation. Le brevet de Maxwell décrit un outil

comportant une paire d'anneaux fendus dilatables espacés longitudinalement. En raison de cette conception, les anneaux fendus ne peuvent être réalisés en acier à outils trempé ou en une autre matière similaire non flexible relativement dure parce que les surfaces de l'anneau qui entrent en contact avec la pièce à travailler doivent fléchir au cours de l'opération de dilatation. Comme il est nécessaire de former les anneaux fendus à partir d'un matériau mou flexible, la durée de vie des éléments de formage est limitée et la force susceptible d'être transmise aux surfaces du tube lors de l'opération de dilatation est restreinte. De plus, il est nécessaire d'empêcher la rotation des anneaux fendus car, si ces derniers pouvaient tourner librement, leurs ouvertures respectives pourraient venir en alignement au cours de l'opération de formage.

Les outils et procédés de dilatation classiques ne permettent pas de dilater les tubes de manière uniforme d'un assemblage à l'autre. En raison des variations nominales du diamètre des tubes et de l'épaisseur des parois, il n'est pas possible d'obtenir une déformation uniforme des tubes en utilisant des outils dont la dilatation est soumise à des limites prédéterminées sur le plan dimensionnel ou mécanique. Par conséquent, les joints mécaniques entre tubes et alésages formés par la dilatation du tube dans l'alésage sont souvent lâches en raison d'une dilatation insuffisante, ou bien ils sont sujets aux défaillances en raison des efforts excessifs appliqués aux structures de tube ou de paroi. Le brevet Maxwell tente de résoudre ce problème en mesurant la pression requise pour tirer l'outil de formage à travers le tube. Si l'on constate que cette pression est inférieure à une valeur prédéterminée, le brevet Maxwell préconise de régler les butées mécaniques de l'outil de formage et de répéter le procédé de formage. Non seulement cette approche est inefficace, mais elle nécessite également de travailler deux fois la paroi du tube, ce qui peut entraîner la formation de défauts de surface ainsi que l'application de contraintes résiduelles indésirables.

Le brevet US 4 262 518 délivré au nom de Todd D. Creger et al.,

propose une autre méthode destinée à l'obtention d'une surface de paroi de tube interne lisse; cependant, le brevet de Creger et al. présente toujours les inconvénients associés aux outils dont les dimensions à l'état dilaté sont prédéterminées. L'outil de Creger

5 comporte une multiplicité de pièces de formage réparties circonférentiellement autour d'un mandrin conique, et reliées de manière lâche autour de ce dernier, le mandrin comportant à sa plus grande extrémité un support ou butée ferme. Lorsque le mandrin est tiré à travers un tube à dilater, la friction entraîne les pièces de

10 formage vers la butée du mandrin. Lorsque les pièces de formage butent contre la butée, les intervalles qui les séparent sont très faibles et sont disposés de biais par rapport à l'axe longitudinal du tube; la surface de formage crée ainsi peu de déformations sur la paroi interne du tube. Etant donné que l'outil de Creger doit se

15 dilater jusqu'à une taille prédéterminée, il ne peut fournir la force nécessaire à une sur-dilatation du tube pour tenir compte des variations nominales du diamètre et de l'épaisseur du tube ou de la taille de l'alésage dans lequel le tube doit se dilater. Pour essayer d'assurer un traitement correct des joints nécessitant une

20 sous-dilatation, le dispositif de Creger limite la force hydraulique appliquée pour tirer le moyen de dilatation à travers le tube. La réduction de la force hydraulique a pour effet d'empêcher les pièces de formage de buter contre la butée du mandrin et de fermer les intervalles entre les surfaces de formage. En raison de cette

25 fermeture incomplète, il subsiste des rugosités sur la surface interne du tube.

Le brevet US 4 597 282 délivré au nom de Franciscus Hogenhout propose une approche différente visant à créer une surface lisse sur la surface interne d'un orifice formé à froid; cependant, le brevet

30 de Hogenhout présente toujours les inconvénients associés aux outils qui se dilatent jusqu'à une taille prédéterminée. Le brevet Hogenhout concerne un outil servant au formage à froid d'un orifice qui comporte une multiplicité de surfaces de contact avec une pièce à travailler réparties circonférentiellement autour d'un mandrin

plein. Le mandrin étant retiré, l'outil peut être replié et inséré dans un orifice à travailler. Le mandrin est inséré dans l'outil au cours du procédé de formage à froid pour dilater les segments radialement vers l'extérieur jusqu'à l'obtention d'une taille prédéterminée. Les segments présentent une première surface et une seconde surface qui est décalée circonférentiellement par rapport à la première surface. Des intervalles situés entre les premières surfaces de contact avec la pièce à travailler créent dans l'orifice des bavures faisant saillie radialement vers l'intérieur et qui sont raplaties par les secondes surfaces de contact avec la pièce à travailler. L'outil prévoit la création d'une surface de paroi interne lisse; cependant, l'outil présente des limitations très importantes dues au fait qu'il doit se dilater jusqu'à une taille prédéterminée, ce qui conduit aux mêmes limitations que celles qui sont signalées dans la description précédente du dispositif de Creger. De plus, les grands intervalles qui doivent être prévus entre les pièces à travailler pour permettre de replier l'outil peuvent affecter de manière défavorable la forme de la section transversale (circulaire) du tube une fois dilaté.

La présente invention a pour objet de surmonter l'un ou plusieurs des problèmes signalés ci-dessus.

Conformément à l'un des aspects de la présente invention, un procédé servant à raccorder un tube à une ouverture prévue dans un élément de paroi ou une bride comporte les étapes consistant à positionner une extrémité du tube dans une extrémité de l'ouverture s'étendant à travers l'élément de paroi ou bride et à insérer un poinçon dilatable à travers l'extrémité opposée de l'élément de paroi de façon à le faire pénétrer dans l'extrémité du tube. Le poinçon dilatable comporte une multiplicité de surfaces de contact avec la pièce à travailler, espacées circonférentiellement, lesquelles sont déplacées radialement vers l'extérieur pour venir en contact avec la surface interne du tube avec une force contrôlée suffisante pour former une surface externe du tube présentant une configuration prédéterminée par rapport à une surface définissant

l'ouverture de l'élément de paroi ou bride. Le contact à force contrôlée des surfaces de contact avec la pièce à travailler est maintenu sur la surface interne du tube pendant que le poinçon est déplacé longitudinalement vers l'extrémité opposée de l'élément de paroi.

Selon un autre aspect de la présente invention, un appareil servant à dilater un tube à raccorder à un élément de paroi comprend un poinçon présentant une multiplicité de segments mobiles radialement et espacés circonférentiellement. Chacun des segments comporte une première et une seconde surfaces de contact avec la pièce à travailler disposées sur une partie radialement externe de cette dernière, la seconde surface de contact avec la pièce à travailler étant décalée circonférentiellement et espacée longitudinalement par rapport à la première surface. L'appareil comporte également un dispositif servant à déplacer les segments radialement vers l'extérieur et un dispositif servant à déplacer le poinçon le long de son axe longitudinal.

D'autres caractéristiques du procédé de raccordement d'un tube à un élément de paroi comportent les étapes comprenant une mise en contact initiale avec la surface interne et le formage simultané de la surface externe du tube suivant une forme prédéterminée et d'une multiplicité d'arêtes s'étendant radialement vers l'intérieur sur la surface interne du tube entre des surfaces de contact avec la pièce à travailler espacées de façon à être adjacentes les unes aux autres. Les arêtes sont raplaties par la suite en mettant la surface interne du tube en contact avec une seconde multiplicité de surfaces de contact avec la pièce à travailler situées sur le poinçon.

D'autres caractéristiques de l'appareil servant à dilater un tube à raccorder à un élément de paroi comprennent un mandrin disposé coaxialement par rapport à l'axe longitudinal du poinçon. Le mandrin présente une partie de surface tronconique à une extrémité distale et une partie filetée à une extrémité proximale. La partie de surface tronconique est positionnée radialement vers l'intérieur par rapport aux segments espacés circonférentiellement, et

l'extrémité filetée est raccordée à des moyens servant à déplacer le mandrin le long de son axe longitudinal.

La figure 1 est une vue isométrique du poinçon et des composants du mandrin d'un dispositif de dilatation de tubes selon la présente invention.

La figure 2 est une vue en plan du poinçon représenté sur la figure 1.

La figure 3 est une vue en coupe d'un dispositif de dilatation de tubes selon la présente invention, le poinçon étant étendu et positionné dans une extrémité de tube avant la dilatation et le raccordement du tube à l'élément de paroi.

La figure 4 est une vue en coupe du dispositif de dilatation de tubes représenté sur la figure 3, le poinçon étant représenté dans sa position de rétraction après la dilatation du tube et le raccordement du tube à l'élément de paroi.

La figure 5 est un diagramme schématisé du circuit hydraulique du dispositif de dilatation de tubes.

Un appareil servant à la dilatation d'un tube, désigné de manière générale par le numéro de référence 10 sur les figures 3 à 5, comporte un organe allongé annulaire dilatable ou poinçon 12 positionné sur un mandrin plein disposé coaxialement 14. Le poinçon 12 comporte une multiplicité de segments espacés circonférentiellement 16 mobiles radialement ou en porte-à-faux, qui sont séparés par des entailles ou encoches radiales pratiquées dans un outil qui est, à tous autres égards, monolithique et de forme annulaire. Les encoches radiales 18, représentées sur les figures 1 et 2, s'étendent à partir d'une extrémité distale 20 du poinçon 12 sur une longueur importante de l'outil, dans une direction qui est généralement parallèle par rapport à l'axe longitudinal 22 de l'outil. Une multiplicité de filetages externes 24 sont formés à l'extrémité opposée, ou proximale, 26 du poinçon. Le poinçon dilatable est avantageusement réalisé en un acier à outils trempé et comporte un revêtement dur, résistant à l'usure, tel que le nitrure de titane.

Une paire de surfaces 28,30 de contact avec la pièce à travailler est formée sur une partie radialement externe de chacun des segments 16. La première surface 28 de contact avec la pièce à travailler est espacée longitudinalement et décalée

5 circonférentiellement par rapport à la seconde surface 30 de contact avec la pièce à travailler. La disposition relative à décalage circonférentiel des première et seconde surfaces respectives de contact avec la pièce à travailler d'un segment est obtenue en décalant circonférentiellement les encoches longitudinales 18

10 définissant les segments. Avantageusement, les encoches radiales peuvent être formées par usinage à décharge électrique (EDM) ou découpage par laser, ce qui permet d'obtenir des encoches 18 aussi étroites que possible. Un procédé EDM à fil mobile convient particulièrement bien à l'obtention des entailles radiales. Après la

15 réalisation de l'entaille longitudinale initiale à proximité de la seconde surface de contact avec la pièce à travailler à l'extrémité distale du poinçon, le poinçon est entraîné en rotation d'environ 10 degrés, l'opération de coupe étant poursuivie pendant ce temps, ce qui conduit à la formation d'une entaille latérale, ou

20 circonférentielle. Une fois réalisée l'entaille latérale, l'opération de coupe le long de l'axe longitudinal est reprise pour former ainsi l'encoche à proximité de la première surface de contact avec la pièce à travailler. L'encoche longitudinale est étendue vers l'extrémité proximale du poinçon pour permettre la déflexion radiale

25 des segments 16.

Chacune des surfaces 28,30 de contact avec la pièce à travailler situées sur les segments 16 est de forme arrondie, comme on le voit en coupe, cette forme étant typique des contours de nez de poinçon utilisés couramment dans les applications d'extrusion et de formage

30 à froid des métaux. Il est particulièrement avantageux que le diamètre externe des surfaces 28,30 de contact avec la pièce à travailler soient égaux lorsque le poinçon 12 se trouve dans sa position radialement dilatée. Une surface interne 32 de chacun des segments 16 s'évase radialement vers l'extérieur à proximité de

l'extrémité distale 20 du poinçon dilatable. L'angle de conicité des surfaces des segments internes, désigné par la lettre sur la figure 2, est avantageusement d'environ 5°.

Le mandrin plein 14 disposé coaxialement est également réalisé
5 avantageusement en un acier à outils trempé. Le poinçon présente une partie tronconique 34 à une extrémité distale 36, ainsi qu'une partie filetée 38 formée sur une extrémité proximale 40. La partie tronconique 34 présente sensiblement le même angle de conicité que celui des surfaces internes 32 des segments 16 et s'adapte aux
10 surfaces internes au cours du déplacement longitudinal du mandrin par rapport au poinçon pour déplacer les segments radialement vers l'extérieur.

Des moyens 42 servant à déplacer les segments 16 vers l'extérieur dans une direction radiale comportent le mandrin 14, un
15 premier cylindre hydraulique 44 muni d'un piston creux 46 disposé centralement dans sa partie intérieure, ainsi qu'une tige de traction 48 reliant le mandrin 14 au piston 46. Comme représenté sur les figures 3 et 4, le premier cylindre hydraulique 44 est un cylindre à traction à simple effet rappelé par ressort, ayant une
20 chambre à pression interne unique 50. La tige de traction 48 est dotée de filetages internes 52 formés à une première extrémité fixée à la partie filetée 38 du mandrin 14, ainsi que de filetages externes 54 disposés entre la première extrémité et une poignée moletée 56 située à l'extrémité opposée de la tige. La position
25 sélectionnée pour le mandrin 14 par rapport au poinçon 12 peut être ajustée en faisant tourner la poignée moletée 56 tout en maintenant immobile l'appareil 10 de dilatation de tubes, ce qui a pour effet de modifier l'engagement relatif des parties filetées de la tige de traction 48 et du piston 46.

30 Le déplacement vers la gauche du mandrin 14 par rapport au poinçon dilatable 12, comme représenté sur les figures 3 et 4, conduit à l'engagement de la partie tronconique 34 du mandrin 14 avec les surfaces internes évasées 32 des segments 16, ce qui a pour effet de solliciter les segments radialement vers l'extérieur. Le

degré de déplacement radial vers l'extérieur des segments est déterminé par la position longitudinale du mandrin par rapport au poinçon.

Des moyens 58 servant à déplacer le poinçon 12 dans une direction parallèle à l'axe longitudinal 22 du poinçon comportent un second cylindre hydraulique 60 ayant un piston creux 62 disposé centralement ainsi qu'un élément adaptateur 64 reliant le poinçon au piston. L'élément adaptateur 64 présente une multiplicité de filetages internes à une de ses extrémités pour recevoir le poinçon 12, ainsi qu'une partie à filetage externe formée à l'extrémité opposée pour recevoir une extrémité à filetage interne du piston creux 62. Le second cylindre hydraulique 60 est avantageusement constitué par un cylindre à double effet ayant une chambre à pression 66,68 disposée de part et d'autre du piston creux. La mise sous pression de la chambre 66 a pour effet de déplacer le piston 62 vers la gauche, tel que vu sur les figures 3 et 4, tandis que la mise sous pression de la chambre 68 a pour effet de déplacer le piston vers la droite, relativement au cylindre. Le premier cylindre hydraulique 44 est monté sur l'élément adaptateur 64 du second cylindre hydraulique 60 à l'aide d'une multiplicité de vis 70 s'étendant à travers l'élément adaptateur 64 pour pénétrer dans un second élément adaptateur 71 dans lequel le corps du premier cylindre 44 est monté par vissage. Le déplacement du piston 62 conduit, par conséquent, à un déplacement correspondant du premier cylindrique hydraulique 44.

Un élément d'écartement 72, de longueur prédéterminée, est fixé à l'extrémité corps du second cylindre hydraulique 60. Une extrémité distale 74 de l'élément d'écartement (c'est-à-dire l'extrémité opposée au point de fixation sur le cylindre) est adaptée de façon à se conformer à la surface d'une bride ou élément de paroi 76 présentant une ouverture 78 qui y est ménagée pour recevoir un tube 80. La longueur de l'élément d'écartement 72 détermine la distance qui sépare le second cylindre hydraulique de l'élément de paroi et, par conséquent, la position d'extension longitudinale du poinçon

dilatable 12 par rapport au tube prépositionné 80 dans l'ouverture 78.

L'ouverture 78 peut présenter un alésage lisse ou bien, plus typiquement, elle peut comporter une multiplicité de rainures radiales 82 formées dans cet alésage. Il est souhaitable de dilater le tube radialement d'un degré suffisant pour établir un contact de pression prédéterminée entre la surface externe du tube et l'ouverture. Si l'alésage de l'ouverture est lisse, l'intégrité du joint entre le tube et l'élément de paroi est déterminée en premier lieu par la force de contact entre les éléments. Dans le cas d'ouvertures à rainures radiales, il est indispensable que le tube soit suffisamment dilaté pour qu'une partie de la paroi du tube soit extrudée de manière à pénétrer dans les rainures de l'élément de paroi. Il convient donc de contrôler soigneusement la quantité de matière de tube extrudée dans les rainures pour assurer l'obtention d'un joint mécanique robuste sans remplir excessivement les rainures ni appliquer des efforts excessifs au poinçon. En raison des variations de diamètre interne et des dimensions de parois de tubes réalisés commercialement, il s'est avéré difficile jusqu'à présent de former régulièrement un joint mécanique robuste entre de tels tubes et des raccords à bride ou parois. Il arrive souvent que des poinçons de diamètre prédéterminé ne parviennent pas à dilater suffisamment des tubes sur-dimensionnés pour assurer une liaison mécanique, ou qu'ils se cassent lorsqu'on tente de dilater des tubes sous-dimensionnés.

Le fonctionnement de l'appareil 10, ainsi que la dilatation du tube dans l'ouverture de paroi, vont maintenant être décrits en référence au circuit hydraulique schématique représenté sur la figure 5. Un procédé destiné à raccorder le tube 80 à un raccord à bride ou à un élément de paroi, tel que la paroi d'un boîtier de transmission, comporte, en tant que première étape, le positionnement du tube à l'intérieur de l'ouverture 78 prévue dans l'élément de paroi 76. Après le positionnement de l'extrémité du tube dans l'ouverture de l'élément de paroi 76, l'appareil 10 de

dilatation de tubes est aligné avec l'axe de l'ouverture, et l'extrémité distale 74 de l'élément d'écartement 72 est placée contre la paroi ou la surface de la bride. A cet instant, une vanne hydraulique 84 à commande par solénoïde à quatre voies et à deux positions est déplacée vers la droite et maintenue dans cette position par le mécanisme de détente de la vanne. Lors de la mise sous tension d'un circuit électrique, non représenté, un premier interrupteur de fin de course 86 détecte la position rétractée du poinçon 12 et envoie un signal servant à commander le déplacement vers la droite d'une vanne hydraulique normalement fermée 88 à commande par solénoïde à quatre voies et à trois positions. Du fluide sous pression en provenance d'une pompe commandée par moteur 90 est envoyé à travers les vannes 84,88 à un conduit 92 communiquant avec la chambre 68 du second cylindre hydraulique, ce qui a pour effet de déplacer le poinçon 12 et le mandrin 14 jusqu'à une position d'extension à l'intérieur du tube prépositionné, comme représenté sur la figure 3. La chambre 50 du premier cylindre hydraulique n'est pas sous pression et le piston 46 se trouve dans sa position avant normale. L'extrémité tronconique 34 du mandrin 14 est donc étendue sans être au contact de la surface interne 32 des segments 16.

Un second interrupteur de fin de course 94 détecte la position d'extension du poinçon et du mandrin et coupe le courant électrique envoyé à la vanne à trois positions 88. Ceci permet à la vanne de retourner à sa position centrale pour diriger le flux de fluide sous pression de la pompe vers un réservoir 96. En même temps, un signal est envoyé à la vanne à deux positions 84; ce signal déplace la vanne vers la gauche pour mettre la chambre du cylindre 68 en communication avec le réservoir 96, ce qui permet de relâcher la pression régnant dans la chambre du cylindre.

Une fois les deux vannes déplacées, la vanne à trois positions 88 est déplacée de nouveau vers la droite et le fluide sous pression est dirigé à travers les vannes 84,88 vers un conduit 98 qui est en communication avec la chambre interne 50 du premier cylindre

hydraulique 44. La mise sous pression de la chambre 50 entraîne l'éloignement du piston creux 46 du second cylindre hydraulique 60 et le déplacement du mandrin 14 vers l'arrière, ou vers la gauche comme vu sur les figures 3 et 4. Cette action a pour effet d'amener la partie tronconique 34 du mandrin en contact par pression avec les surfaces internes 32 des segments 16 et de déplacer les surfaces 28,30 de contact avec la pièce à travailler espacées circonférentiellement de manière à les amener en contact avec la surface interne du tube.

Un manostat réglable 100, en communication avec le conduit 98, détecte la pression présente dans le circuit et, après avoir atteint une pression prédéterminée, envoie à la vanne à trois positions 88 un signal électrique qui provoque le déplacement vers la gauche de cette vanne si bien que sa chambre la plus à droite se trouve en communication avec le circuit. Un clapet de retenue 102, qui est en communication avec le conduit 98 par l'intermédiaire de la vanne à deux positions 84, empêche le fluide de s'écouler du circuit en communication avec la chambre 50, maintenant ainsi la pression de la chambre à la valeur prédéterminée.

La pression à laquelle l'interrupteur de fin de course commande l'action décrite ci-dessus est réglée à une valeur suffisante pour assurer le formage de la surface externe du tube 80 suivant une forme prédéterminée par rapport à la surface définissant l'ouverture 78 située dans l'élément de paroi 76. Les segments 16 sont donc dilatés jusqu'à l'obtention d'un contact de pression prédéterminée avec le tube, et non pas jusqu'à une dimension ou diamètre prédéterminé. A titre illustratif, il a été constaté qu'une pression d'environ 8274 kPa suffisait à dilater un tube en acier d'un diamètre nominal de 2,5 cm ayant une épaisseur de paroi d'environ 1,5 mm, de manière à ce qu'une rainure radiale de 0,5 mm de l'alésage de l'ouverture 78 soit remplie à environ 75% de matière en provenance du tube 80. Des variations nominales des diamètres internes ou externes ou de l'épaisseur du tube ne vont pas affecter le contact par pression de la surface externe du tube contre la

surface de l'ouverture. Dans le cas d'un raccord de paroi à rainures, la quantité de matière du tube pénétrant dans les rainures par extrusion sera sensiblement la même, quelles que soient les variations nominales du diamètre du tube et de l'épaisseur de la paroi, assurant ainsi la formation uniforme et régulière de joints mécaniques de grande résistance. En outre, comme la pression prédéterminée est maintenue dans le circuit pendant toute la durée de l'étape suivante de déplacement longitudinal du poinçon, la force de contact contrôlée souhaitée de la surface externe du tube appliquée à la surface interne de l'ouverture de la paroi est maintenue sensiblement en même temps que le déplacement longitudinal du poinçon.

Lors du déplacement vers la gauche de la vanne 88 à trois positions, comme décrit ci-dessus, en réponse à la détection par le manostat de la pression prédéterminée, du fluide sous pression en provenance de la pompe 90 est dirigé à travers un conduit 104 communiquant avec la chambre 66 du second cylindre hydraulique 60. La pression régnant dans la chambre 66 déplace le piston 62 vers la gauche, tel que vu sur la figure 4, déplaçant ainsi le poinçon et le mandrin dans une direction longitudinale vers l'extrémité de l'ouverture en regard de la position initiale de formage tout en maintenant simultanément la force de contact contrôlée appliquée à la surface interne du tube 80.

Au cours du déplacement longitudinal du poinçon à travers le tube, les premières surfaces 28 de contact avec la pièce à travailler dilatent initialement le tube en fonction de la pression maintenue sur la surface interne des segments 16 par la position du mandrin 14. Cependant, comme les segments se trouvent en position radialement dilatée au cours de l'opération de formage, une partie de la surface interne du tube sera extrudée de manière à pénétrer dans les fentes longitudinales situées entre les segments formant une multiplicité d'arêtes s'étendant vers l'intérieur sur la surface interne du tube. Cependant, ces arêtes sont aplaties, ou aplanies, en raison du contact subséquent de la surface interne par

les secondes surfaces 30 de contact avec la pièce à travailler
circonférentiellement décalées qui suivent les premières surfaces de
contact. Comme les secondes surfaces de contact avec la pièce à
travailler suivent les premières surfaces de contact au cours de
5 l'opération de formage, les arêtes s'étendant vers l'intérieur sont
éliminées, et une paroi lisse est formée en conséquence sur la
surface interne du tube.

Après le déplacement du poinçon 12 et du mandrin 14 vers
l'extrémité externe de l'ouverture 78, le premier interrupteur de
10 fin de course 86 détecte l'achèvement de l'opération de formage et
envoie à la vanne 84 à deux positions un signal électrique
commandant le déplacement de la vanne vers la droite et la décharge
du contenu de la chambre 50 du premier cylindre hydraulique dans le
réservoir 96. La pression régnant dans le circuit étant relâchée, le
15 piston sollicité par ressort 46 se déplace vers la droite, comme vu
sur les figures 3 et 4, ce qui conduit à l'extension du mandrin 14.
Cette action permet aux segments 16 du poinçon dilatable, et donc
aux surfaces 28,30 de contact avec la pièce à travailler définies
sur ledit poinçon, de se déplacer radialement vers l'intérieur vers
20 une position de rétraction pour laquelle les surfaces de contact
avec la pièce à travailler sont espacées par rapport à la surface
interne du tube 80.

Une fois achevée la rétraction des surfaces de contact avec la
pièce à travailler, l'opération de dilatation du tube est terminée,
25 et l'appareil 10 de dilatation de tubes est éloigné de l'assemblage
du tube et de l'élément de paroi.

L'appareil 10 servant à dilater un tube, ainsi que le procédé
susmentionné de raccordement d'un tube à un élément de paroi, sont
particulièrement utiles lorsqu'il s'agit d'assembler des tubes à des
30 brides préformées en vue d'applications à hautes pressions ou bien à
des parois de logements d'éléments de machines, tels que des
boîtiers de transmission aux roues, dans le cas d'applications à
pressions plus faibles. L'appareil et le procédé conviennent au
raccordement à de tels éléments de tubes présentant toute une

variété de dimensions, aussi bien sur le plan du diamètre que sur celui de l'épaisseur de la paroi.

L'appareil et le procédé incorporant la présente invention permettent également d'éliminer les problèmes associés à

5 l'écrouissage et à l'écaillage des surfaces internes qui se produisent couramment dans le cas des techniques de dilatation de tubes classiques. En outre, l'outil et le procédé peuvent servir dans des applications in situ comportant des systèmes hydrauliques portatifs ou manuels. De plus, les entailles décalées des segments

10 éliminent les opérations à passes multiples requises dans le cas des configurations de poinçons déjà connues et couramment utilisées.

REVENDICATIONS

1. Procédé servant à raccorder une surface externe d'un tube (80) à un autre élément (76) présentant une ouverture (78) qui le traverse, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à:

5 positionner une extrémité du tube (80) dans l'ouverture (78) de l'élément (76);

insérer un outil dilatable (12) présentant des première et seconde multiplicités de surfaces (28,30) de contact avec une pièce à travailler, circonférentiellement espacées, dans ladite extrémité dudit tube (80);

déplacer lesdites surfaces (28,30) de contact avec une pièce à travailler, circonférentiellement espacées, radialement vers l'extérieur pour les faire entrer en contact avec une surface interne dudit tube (80);

15 maintenir sur les surfaces de contact avec une pièce à travailler déplacées une force contrôlée suffisante pour que ladite surface externe se conforme à l'ouverture (78) tout en déplaçant longitudinalement ledit outil (12) dilaté vers ladite extrémité du tube (80) et en formant une multiplicité d'arêtes s'étendant

20 radialement vers l'intérieur, sur la surface interne du tube (80) entre la première multiplicité de surfaces (28) de contact avec la pièce à travailler, lesdites arêtes s'étendant vers l'intérieur étant formées en même temps que la conformation de la surface externe du tube (80) à ladite ouverture, la surface interne dudit

25 tube (80) étant ensuite amenée en contact avec la seconde multiplicité de surfaces (30) de contact avec la pièce à travailler pour aplatir les arêtes s'étendant vers l'intérieur et pour former une paroi lisse sur la surface interne du tube (80);

déplacer lesdites surfaces (28,30) de contact avec la pièce à

30 travailler espacées circonférentiellement radialement vers l'intérieur; et

retirer ledit outil (12) de ladite extrémité du tube (80).

2. Appareil (10) servant à dilater un tube (80) ayant une surface interne, caractérisé en ce que ledit appareil (10) comprend:

un poinçon (12) présentant une multiplicité de segments (16) circonférentiellement espacés, lesdits segments (16) ayant une surface (32) radialement interne et étant mobiles dans une direction radiale par rapport à un axe longitudinal (22) dudit poinçon (12);

5 une première surface (28) de contact avec la pièce à travailler disposée sur une partie radialement externe de chacun desdits segments (16) du poinçon (12);

 une seconde surface (30) de contact avec la pièce à travailler disposée sur une partie radialement externe de chacun desdits
10 segments (16) du poinçon (12), ladite surface (30) de contact avec la pièce à travailler étant décalée circonférentiellement et espacée longitudinalement par rapport à ladite première surface (28) de contact avec la pièce à travailler;

 des premiers moyens (42) servant à déplacer lesdits segments
15 (16) vers l'extérieur dans ladite direction radiale, lesdits moyens (42) étant dotés d'un mandrin (14), ledit mandrin étant disposé coaxialement par rapport à l'axe longitudinal (22) dudit poinçon (12) et présentant une partie tronconique (34) à une extrémité distale (36) et une partie de raccordement (38) à une extrémité
20 proximale (40) dudit mandrin (14), ladite partie tronconique (34) étant positionnée radialement vers l'intérieur de ladite surface interne radiale (32) des segments (16), et des seconds moyens (44) servant à déplacer le mandrin (14) le long dudit axe longitudinal (22), lesdits seconds moyens (44) étant reliés à ladite partie de
25 raccordement (38) du mandrin (14);

 les troisièmes moyens (58) servant à déplacer ledit poinçon (12) et lesdits premiers moyens (42) simultanément dans une direction parallèle à l'axe longitudinal (22) dudit poinçon (12); et

 des quatrièmes moyens servant à commander les premiers (42) et
30 troisièmes (58) moyens; lesdits troisièmes moyens servant à maintenir une pression variable sur lesdits premiers moyens (42) pour faire maintenir par lesdits premiers moyens (42) une force sensiblement constante des première et seconde surfaces (28,30) de contact avec la pièce à travailler contre la surface interne du tube

(80) pendant sa dilatation dans l'ouverture (78).

3. Appareil (10) servant à dilater un tube (80) selon la revendication 2, caractérisé en ce que les seconds moyens sont constitués par un premier cylindre hydraulique (44), ledit cylindre
5 (44) ayant un piston (46) relié à une tige de traction (48) s'étendant à partir du piston (46) jusqu'audit mandrin (14).

4. Appareil (10) servant à dilater un tube (80) selon la revendication 3, caractérisé en ce que les troisièmes moyens comportent un second cylindre hydraulique (60) qui comprend un
10 piston creux (62) disposé centralement, ledit premier cylindre hydraulique (44) étant monté sur le piston creux (62) dudit second cylindre (60), le piston creux (62) comprenant un élément adaptateur (64) s'étendant entre le piston creux (62) et le poinçon (12), ledit premier cylindre hydraulique (44) et le poinçon (12) étant déplacés
15 en même temps que le piston creux (62) du second cylindre (60).

5. Appareil (10) servant à dilater un tube (80) selon la revendication 4, caractérisé en ce que les quatrième moyens comprennent un dispositif de commande destiné à acheminer du fluide hydraulique jusqu'auxdits premier et second cylindres hydrauliques
20 (44,60), ledit dispositif de commande présentant une multiplicité de régulateurs de pression pour régler la pression envoyée au premier cylindre (44) afin de maintenir une force constante entre les surfaces (28,30) de contact avec la pièce à travailler et la paroi interne du tube (80) lorsque le poinçon (12) est tiré à travers le
25 tube (80).

6. Appareil de dilatation de tubes (10) caractérisé en ce qu'il comprend:

un organe allongé (12) ayant un axe longitudinal (22) et une multiplicité de segments (16) circonférentiellement espacés à son
30 extrémité distale (20), chaque segment (16) ayant une surface interne (32) et étant en porte-à-faux à partir d'un point espacé longitudinalement par rapport à ladite extrémité distale (20), l'extrémité distale de chaque segment (16) étant mobile vers l'extérieur dans une direction radiale par rapport à l'axe

longitudinal (22) depuis une première position de repos jusqu'à une seconde position, chaque segment (16) ayant des première et seconde surfaces externes arquées (28,30) à l'extrémité distale destinées à entrer en contact avec l'intérieur d'un tube (80), les surfaces

5 arquées (28,30) étant espacées longitudinalement et décalées circonférentiellement l'une par rapport à l'autre, chaque segment (16) présentant des côtés longitudinaux s'étendant radialement dont chacun est parallèle au côté du segment adjacent (16) dans la position de repos, les côtés se trouvant très rapprochés l'un de

10 l'autre;

un mandrin (14) coaxial avec l'axe longitudinal (22), le mandrin (14) présentant une partie tronconique (34) à son extrémité distale (36) destinée à entrer en contact avec lesdites surfaces internes (32) des segments (16); et

15 des moyens (44) servant à déplacer le mandrin (14) le long dudit axe (22) vers l'extrémité distale des segments (16) pour les déplacer vers l'extérieur dans ladite direction radiale à partir de la première position de repos jusqu'à la seconde position, lesdits moyens (44) pouvant être éloignés de l'extrémité distale des

20 segments (16) pour permettre leur retour à la position de repos.

7. Procédé servant à raccorder un tube (80) à une surface d'alésage définissant une ouverture (78), caractérisé en ce qu'il comporte les étapes consistant à:

positionner une extrémité dudit tube (80) de manière à la faire

25 pénétrer dans une extrémité de l'ouverture (78);

insérer un poinçon dilatable (12) présentant une multiplicité de surfaces (28,30) de contact avec la pièce à usiner, circonférentiellement espacées, dans l'extrémité dudit tube (80) positionnée dans ladite ouverture (78), à partir d'une extrémité de

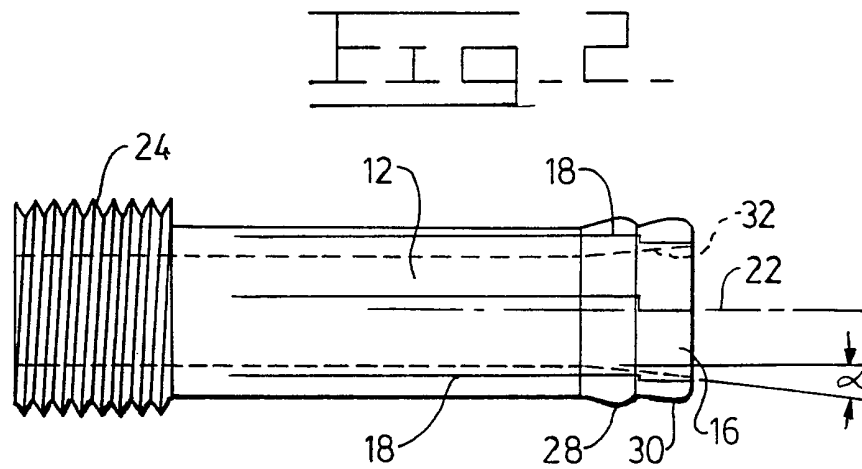
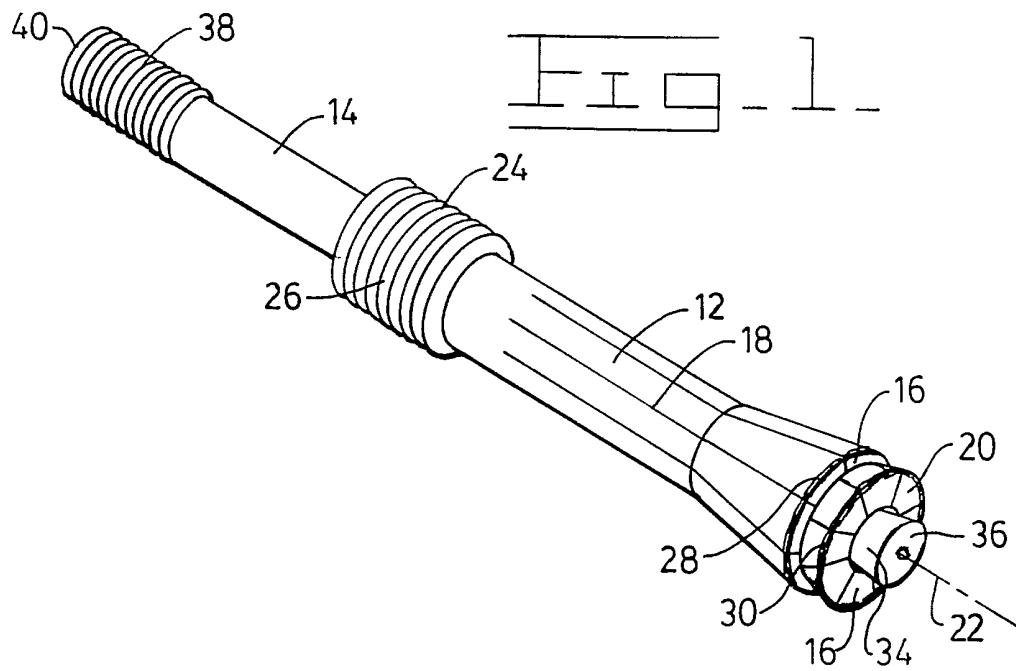
30 l'ouverture (78) en regard de ladite extrémité;

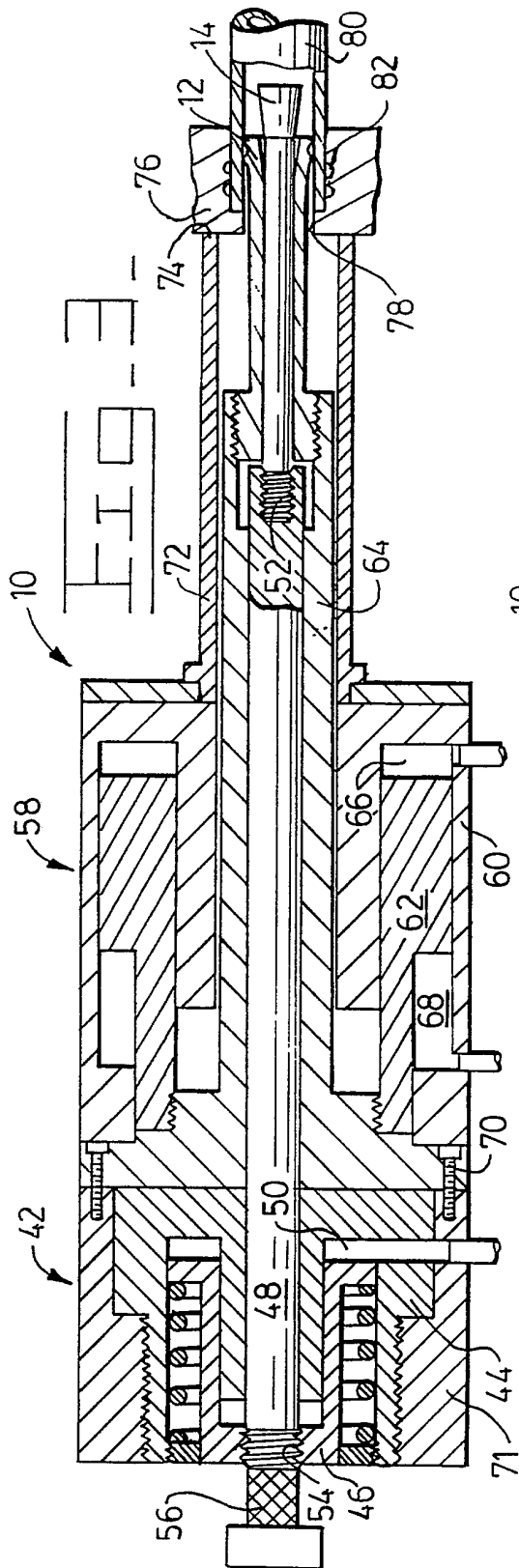
déplacer lesdites surfaces (28,30) de contact avec la pièce à travailler espacées circonférentiellement radialement vers l'extérieur et les faire entrer en contact avec une surface interne dudit tube (80) avec une force contrôlée suffisante pour former une

surface externe du tube de manière à obtenir une forme prédéterminée par rapport à une surface définissant l'ouverture (78);

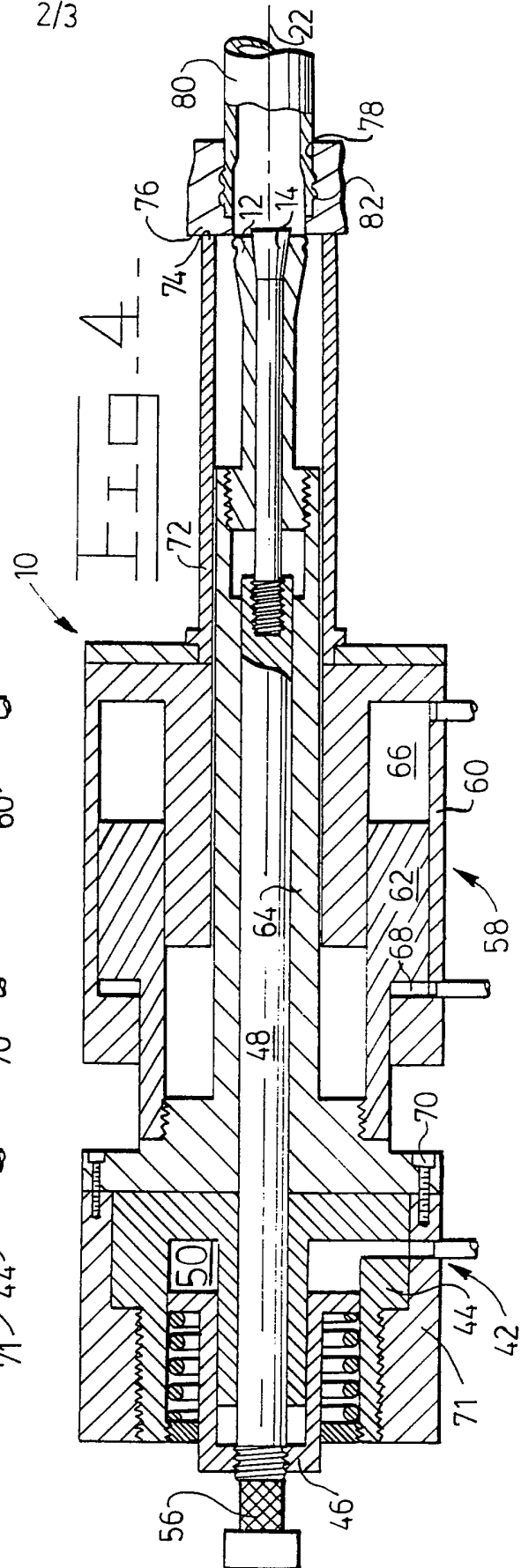
- déplacer longitudinalement ledit poinçon (12) vers l'extrémité opposée de l'ouverture (78), mettre en contact initialement la
- 5 surface interne dudit tube avec une première multiplicité de surfaces (28) de contact avec la pièce à travailler
- circonférentiellement espacées sur ledit poinçon et former une multiplicité d'arêtes s'étendant radialement vers l'intérieur sur la
- surface interne du tube (80) entre des surfaces (28) adjacentes de
- 10 contact avec la pièce à travailler, lesdites arêtes s'étendant vers l'intérieur étant formées en même temps que la surface externe du tube (80) suivant ladite forme prédéterminée, mettre ensuite la
- surface interne dudit tube (80) en contact avec une seconde multiplicité de surfaces (30) de contact avec la pièce à travailler
- 15 dudit poinçon (12) pour aplatir les arêtes s'étendant vers l'intérieur et former une paroi lisse sur la surface interne dudit tube (80), et maintenir simultanément une force de contact sensiblement constante sur la surface interne dudit tube (80);
- déplacer radialement vers l'intérieur lesdites surfaces (28,30)
- 20 de contact avec la pièce à travailler circonférentiellement espacées; et
- retirer ledit poinçon dilatable (12) de l'ouverture (78) dudit élément de paroi (76).

1/3





2/3



3/3

Fig. 5.