

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 458 328**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 12462**

(54) Procédé pour fabriquer des coudes de tuyauterie en acier inoxydable moulé.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). B 21 C 37/28.

(22) Date de dépôt ..... 4 juin 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 5 juin 1979, n° 54-70843.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 1 du 2-1-1981.

(71) Déposant : Société dite : KUBOTA LTD., résidant au Japon.

(72) Invention de : Shinichi Murakami, Hisakatsu Nishihara, Arata Yoshimitsu et Sueyoshi Noji.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : D. A. Casalonga,  
8, av. Percier, 75008 Paris.

"Procédé pour fabriquer des coudes de tuyauterie en acier inoxydable moulé".

La présente invention concerne un procédé de fabrication de coudes de tuyauterie en acier inoxydable moulé, par exemple un coude muni à ses extrémités de parties tubulaires droites, en vue d'une utilisation dans des applications de tuyauterie impliquant des températures et des pressions élevées ainsi qu'une corrosion sévère, et elle a trait à un procédé pour affiner la structure des parties tubulaires droites se trouvant aux extrémités du coude.

Pour fabriquer des coudes de tuyauterie destinés à être utilisés à des températures et à des pressions élevées dans des conditions de forte corrosion, comme par exemple dans les centrales atomiques ou les usines pétrochimiques, etc., par exemple, on utilise maintenant fréquemment des aciers inoxydables austénitiques, tels que les aciers inoxydables de la série 18-8. De tels coudes peuvent être fabriqués soit par moulage, soit par forgeage.

Parmi ces deux procédés, l'utilisation du moulage est avantageuse par le fait que les ajustements dans la composition de l'alliage pour répondre aux exigences des applications se trouvent simplifiés et que l'on peut obtenir des formes arbitraires pour les tuyauteries. C'est pourquoi ce procédé connaît une très grande voie mais de tels aciers inoxydables moulés présentent l'inconvénient que leurs grains grossissent, ce qui se traduit par une faible réponse aux essais de détection de défauts par ultrasons (essais que l'on désignera ci-après par l'abréviation EU). Il en résulte actuellement une situation déplorable si on considère, par exemple, l'importance croissante de la vérification des installations réelles pendant qu'elles sont en service (vérification que l'on désignera ci-après par l'abréviation VES). Cette faible réponse aux EU gêne les vérifications adéquates pour détecter les défauts tels que les fissures, etc., ceci entraînant une incertitude dans la sécurité. A titre de remède, on a essayé un affinement des grains cristallins à l'aide d'un moulage en coquille ou moulage sous pression, etc. Toutefois, on ne peut vraiment pas constater l'inefficacité de ces solutions par rapport à l'utilisation du forgeage.

Par contre, dans le cas du forgeage, en raison de l'affinement du grain cristallin, la réponse aux EU au cours des VES se trouve améliorée, mais le recours à ce forgeage soulève une grande diversité de problèmes. D'une façon générale, 5 les aciers inoxydables austénitiques (par exemple AISI 304 ou 607) présentant des structures monophasées d'austénite, ont une propension à une corrosion inter-granulaire (corrosion que l'on désignera ci-après par l'abréviation CIG) ou à un fissurage par corrosion sous tension (fissurage que l'on 10 désignera ci-après par l'abréviation FCT) à l'endroit où ils sont exposés à la chaleur du soudage. En réalité, leur utilisation n'est pas abandonnée mais elle est considérablement limitée. Quand on a recours au forgeage, les procédés utilisés 15 communément dans la fabrication des coudes sont le procédé au mandrin ou le procédé d'assemblage par soudage après cintrage d'une plaque. Dans ce procédé on courbe le coude 1 d'une extrémité à l'autre; on ne peut pas obtenir un coude tel que le coude 1 représenté sur la figure 2, lequel comporte une partie tubulaire droite 2 à ses deux extrémités. Cette partie tubulaire droite 2 située à l'extrémité du coude, quand on la soude en 4 au tuyau droit 3, constitue la partie indispensable dans l'obtention de la précision au cours de la VES à l'aide des EU. Par conséquent, un forgeage, procurant une réponse élevée aux EU, ne satisfait pas les exigences des applications 20 si le coude obtenu ne comporte pas de parties tubulaires droites 2 à ses extrémités.

Comme on l'a décrit dans ce qui précède, la situation présente en ce qui concerne les coudes de tuyauterie pour des utilisations impliquant des températures et des pressions très 30 élevées ainsi qu'une forte corrosion est caractérisée par le fait que les moulages et les forgeages classiques, lesquels présentent à la fois des avantages et des inconvénients, n'ont pas donné l'assurance d'une sécurité appropriée (potentialité de prévention contre les accidents et une réponse élevée aux EU au cours des VES) dans des conditions de service rigoureuses.

L'objet de la présente invention est de procurer un procédé de fabrication de coudes en aciers inoxydables pour des utilisations impliquant des températures et des pressions

élevées et une forte corrosion, ce procédé étant un procédé nouveau qui présente les avantages à la fois du moulage et du forgeage et qui assure une sécurité.

La présente invention est caractérisée par le fait que l'on obtient un tube formé grossièrement aux dimensions spécifiées, avec ses extrémités déformées de façon plastique, en soumettant à une déformation plastique par contraction ou dilatation, à l'endroit des parties de tubes droites situées aux extrémités précitées, un tube semi-ouvré moulé ou tube de départ en acier inoxydable austénitique dont la composition chimique est ajustée de manière que la phase ferritique y soit mélangée dans la proportion de 5-40% et dont les parties tubulaires droites situées aux extrémités du tube ont un diamètre plus grand ou plus petit que la dimension spécifiée; ensuite, ledit tube avec ses extrémités déformées de façon plastique est soumis à un traitement thermique de chauffage de 1000 - 1200°C suivi par un refroidissement brusque ou trempe, ce qui a pour effet d'affiner la structure des parties tubulaires droites situées aux extrémités du coude en acier inoxydable.

On va maintenant décrire la présente invention en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

la figure 1 représente une vue de face illustrant le raccordement entre le coude tubulaire courbé et le tuyau droit;

la figure 2 est une vue de face illustrant le raccordement entre le tuyau droit et le coude comportant des parties tubulaires droites à ses deux extrémités;

la figure 3 est une vue en coupe d'un coude à 90° muni de parties tubulaires droites à ses deux extrémités;

la figure 4 est une vue en coupe de ce coude à 90° montrant la forme du tube de départ devant être soumis à un formage ou mise en forme par contraction;

les figures 5 (a, b et c) et les figures 6 (a, b et c) sont des vues servant à l'explication du formage par contraction du tube de départ, la figure 5c et la figure 6c étant respectivement des vues en coupe par A-A de la figure 5b et B-B de la figure 6b;

la figure 7 est une vue en coupe montrant la forme

du tube de départ à partir duquel on forme par dilatation le coude à 90°;

la figure 8 est une vue en coupe montrant la façon selon laquelle on met en forme par dilatation le tube de départ;

la figure 9 est une vue en coupe agrandie de la partie tubulaire droite du tube de départ;

la figure 10 est une semi-coupe du coude formé par le tube de départ moulé, cette coupe montrant dans une section la structure cristalline;

la figure 11 est une semi-coupe du coude après que celui-ci a été mis en forme, cette coupe montrant la structure cristalline;

la figure 12 est une vue en coupe montrant la forme d'un tube de départ moulé pour un tuyau en T correspondant à un autre mode de réalisation de la présente invention; et

la figure 13 est une vue en coupe montrant la forme d'un tuyau en T après que celui-ci a été formé.

Dans la fabrication de coudes en acier inoxydable par le procédé de la présente invention, procédé que l'on va décrire en détail par la suite, utilisant comme matière de départ des aciers inoxydables austénitiques ne présentant pas une phase unique d'austénite mais ajustés de manière à contenir dans leur structure la phase ferritique dans la proportion de 5-40%, on forme tout d'abord un tube de départ moulé comportant à ses extrémités des parties tubulaires droites, lesdites parties tubulaires droites ayant un diamètre plus grand ou plus petit que la dimension spécifiée; ensuite, on soumet les parties tubulaires droites se trouvant aux extrémités du tube semi-ouvré à une déformation plastique par contraction ou dilatation, grâce à quoi on obtient un tube dont les extrémités ont été déformées de façon plastique et dont la partie autre que les parties tubulaires droites présentes auxdites extrémités et que la partie conique reste dans l'état du moulage initial tandis que les parties tubulaires droites présentes auxdites extrémités sont mises en forme grossièrement aux dimensions spécifiées par la déformation plastique; ensuite, on soumet ce tube à un traitement par une solution,

traitement que l'on double d'un traitement thermique de re-cristallisation par un chauffage à 1000-1200°C suivi par un refroidissement brusque ou trempe, grâce à quoi on affine le grain cristallin des parties tubulaires droites présentes aux extrémités du coude.

On va maintenant décrire un mode de réalisation préféré de la présente invention que l'on obtient par fabrication d'un coude à 90° comportant à ses deux extrémités des parties tubulaires droites 10 d'une longueur appropriée, 10 comme on peut le voir sur la figure 3. Dans le tube de départ moulé qui est formé par moulage ou par usinage conformément à un procédé préférable, on voit sur la figure 4 que la partie tubulaire courbée 7 du tube de départ moulé 5a est formée aux dimensions et à la forme spécifiées du coude tandis que les 15 parties tubulaires droites 6a présentes à ses deux extrémités sont formées de manière à présenter un diamètre plus grand que la dimension spécifiée du coude et une longueur un peu plus courte que celle spécifiée. Lorsque chaque partie tubulaire droite 6a présente un diamètre plus grand, il est souhaitable 20 lors du formage d'un tel tube de départ de former des parties coniques 8 qui se raccordent d'une façon continue aux surfaces intérieure et extérieure de la partie tubulaire droite 6a et de la partie tubulaire courbée 7 dans la région limite entre ces parties, grâce à quoi les parties tubulaires droites 6a et 25 la partie tubulaire courbée 7 se raccordent de façon uniforme et continue en empêchant ainsi l'apparition de défauts tels que des fractures etc. quand le tube de départ est soumis à la déformation plastique par contraction que l'on va décrire ci-après.

30 Chaque partie tubulaire droite 6a et chaque partie conique 8 du tube de départ moulé 5a dont chacune des parties tubulaires droites 6a qu'il comporte à ses extrémités a un plus grand diamètre est donc soumise à une déformation plastique au moyen d'une contraction, grâce à quoi on obtient un 35 tube dont les parties d'extrémité ont été déformées de façon plastique, les parties tubulaires droites 6a et les parties coniques 8 ayant presque les dimensions et la forme spécifiées pour le coude. La partie tubulaire droite 6a à l'extrémité du

tube semi-ouvré 5a est donc tout d'abord soumis sur deux côtés à une pression au moyen d'organes presseurs 9,9 comme représenté sur la figure 5a; la partie 6a comprimée est aplatie jusqu'à ce que la surface comprimée se trouve presque de niveau avec la partie tubulaire coudée 7, ce qui a pour effet de déformer la partie tubulaire droite 6a et la partie conique 8 en leur donnant une forme elliptique. Ensuite, la partie tubulaire droite 6a et la partie conique 8 déformées elliptiquement sont soumises à une pression dans la direction du grand diamètre au moyen d'une paire de demi-matrice 10, 10 comportant chacune une surface de compression semi-circulaire correspondant grossièrement à l'alésage ou passage central du coude, la compression étant appliquée jusqu'à ce que les matrices se rencontrent mutuellement. De ce fait, la partie tubulaire droite 6a et la partie conique 8 du tube de départ 5a se trouvent déformées de façon plastique sensiblement aux dimensions et à la forme spécifiées, leur longueur dans la direction axiale et leur épaisseur se trouvant quelque peu accrues.

Dans ce qui précède, on a décrit un procédé pour obtenir un coude dont les extrémités sont déformées de façon plastique et dans lequel on utilise un tube de départ 5a comportant à ses extrémités des parties tubulaires droites 6a formées à un diamètre plus grand que la dimension spécifiée, puis ledit tube est mis en forme par contraction. Dans un autre procédé pour obtenir un coude dont les extrémités sont déformées de façon plastique, on utilise un tube 5b formant un coude semi-ouvré moulé ou coude de départ dont les extrémités ont un diamètre plus petit que la dimension spécifiée des parties tubulaires droites 6b. Il est souhaitable, lors du formage d'un tel tube d'obtenir des parties conique 8b au voisinage de la partie tubulaire coudée 7. Dans le présent cas, on peut avoir recours à une opération consistant à dilater jusqu'aux dimensions et à la forme spécifiées les parties tubulaires droites 6b présentes aux extrémités ainsi que les parties coniques 8b en poussant dans le tube un tampon 11, par exemple.

La première phase dans la fabrication d'un coude 5 comportant des parties tubulaires droites 6 à ses deux extré-

mités, comme représenté sur la figure 3, à l'aide du procédé selon la présente invention, consiste en une opération dans laquelle on utilise des tubes de départ moulés 5a, 5b dont la partie courbée 7 a été formée aux dimensions et à la forme spécifiées mais dont les parties tubulaires droites présentes aux extrémités 6a, 6b ont été formées à une dimension plus grande ou plus petite que la dimension spécifiée et on soumet chacune des parties tubulaires droites 6a, 6b et des parties coniques 8a, 8b à une déformation plastique, grâce à quoi on façonne le coude de telle manière que ses extrémités sont déformées de façon plastique sensiblement aux dimensions et à la forme spécifiées du coude.

Quel que soit le procédé utilisé, le degré de déformation plastique auquel on soumet les parties tubulaires droites 6a, 6b et les parties coniques 8, 8b des tubes de départ moulés 5a, 5b doit de préférence être de l'ordre de 10-50%. Si le degré de déformation est inférieur à 10%, on ne peut pas obtenir un affinement adéquat du grain cristallin par le traitement thermique que l'on va décrire par la suite et il en résulte que l'on ne peut pas obtenir d'une façon sûre une réponse appropriée aux EU. Lorsque l'on augmente le degré de déformation au-dessus de 10%, on peut obtenir un effet d'affinement des grains cristallins d'autant plus grand que le degré augmente. Toutefois, conformément au procédé selon la présente invention, la limite supérieure doit être établie à environ 50% car les parties tubulaires droites 6a, 6b se trouvant aux extrémités du tube sont soumises à une déformation plastique à la fois pour conserver la qualité aux extrémités et pour le formage des parties coniques 8, 8b entre la partie tubulaire coudée 7, laquelle se trouve dans son état tel qu'elle a été moulée, et les parties tubulaires droites 6a, 6b.

Comme on l'a décrit dans ce qui précède, le coude dont les extrémités ont été déformées de façon plastique et qui a été façonné grossomodo à la forme et aux dimensions spécifiées au cours de la première phase est soumis, au cours de la seconde phase, à un traitement par une solution doublé par un traitement thermique de recristallisation par chauffa-

ge à 1000-1200°C suivi par une trempe.

Ainsi, bien qu'il est de pratique courante de soumettre les aciers inoxydables à un traitement par une solution dans la gamme de température mentionnée ci-dessus, ce traitement, conformément au procédé de la présente invention, doit en même temps être un traitement thermique de recristallisation. Si on ne désire que le traitement de recristallisation, une température inférieure à 1000°C est suffisante pour le traitement thermique mais, pour avoir l'effet concourant de traitement par une solution, il faut que ce traitement soit effectué par chauffage de l'acier à une température au moins supérieure à 1000°C. Toutefois, un chauffage au-dessus de 1200°C n'est pas souhaitable en raison de la tendance du grain cristallin à grossir à ces températures élevées.

Dans le procédé de la présente invention, on vise à obtenir, à l'aide d'un tel traitement par une solution doublé d'un traitement thermique de recristallisation, une amélioration dans les parties tubulaires droites 6a, 6b présentes aux deux extrémités du coude mis en forme au cours de la première phase avec une déformation plastique desdites extrémités pour qu'elles présentent une structure fine ayant une taille de grain supérieure à au moins 3 dans la norme ASTM, ainsi qu'on va le décrire par la suite à propos d'un mode de réalisation.

En ce qui concerne les aciers inoxydables austénitiques coulés utilisés comme matière première pour les tubes semi-ouvrés moulés ou tubes de départ 5a, 5b selon la présente invention, il est nécessaire d'utiliser des aciers inoxydables ne présentant pas une seule phase d'austénite mais ajustés particulièrement de manière que la phase ferritique soit mélangée dans leur structure dans la proportion de 5-40%.

Comme aciers inoxydables austénitiques moulés 18-8, l'acier ASTM A 3H CF8 (correspondant à AISI 304 des produits forgés) sont les plus courants. Même les matériaux de cette série sont différents en ce qui concerne leurs compositions chimiques et leurs teneurs en ferrite comme on peut le voir dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 - Composition chimique (% en poids) et teneur en ferrite des divers aciers inoxydables austénitiques

	Eprouvette N°	Composition chimique						Teneur en ferrite (%)	Procédé de fabrication
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe		
Contrôles	1	0,07	0,61	1,81	18,1	8,5	Complément	0	Forgeage
	2	0,08	1,12	0,84	19,0	10,9	"	0	Moulage centrifuge
	3	0,07	1,21	0,82	18,8	8,7	"	4	"
Matériaux utilisés avec la présente invention	4	0,06	1,33	0,87	19,6	9,4	"	5	"
	5	0,08	1,76	1,02	20,4	8,9	"	12	"
	6	0,07	1,67	0,64	20,7	8,2	"	22	"
	7	0,07	1,55	0,70	22,8	7,1	"	38	"

15 On a alors effectué l'essai CIG avec de l'acide sulfurique et du sulfate de cuivre sur divers matériaux figurant sur le tableau 1 après les avoir soumis à un traitement de sensibilisation à 650°C pendant 0,2 - 100 heures; on a obtenu les résultats portés sur le tableau 2 ci-après

20 Tableau 2 - Résultat de l'essai C.I.G.

	Eprouvette n°	Teneur en ferrite (%)	Périodes de sensibilisation (h)						
			0,2	0,5	1	5	10	100	
Contrôles	1	0	o	x	x	x	x	-	
	2	0	o	x	x	x	x	-	
	3	4	o	o	o	o	x	x	
Matériaux utilisés avec la présente invention	4	5	o	o	o	o	o	o	
	5	12	o	o	o	o	o	o	
	6	22	o	o	o	o	o	o	
	7	38	o	o	o	o	o	o	

35 Remarque : L'essai CIG a été effectué selon la pratique E ASTM A262. Dans ce tableau, le symbole o indique que l'on n'a décelé aucune fissure lors de l'essai de flexion exécuté après l'essai de corrosion et le symbole x montre que l'on a décelé des fissures lors de l'essai exécuté après l'essai de corrosion.

Le tableau 2 montre que les aciers présentant une teneur en ferrite de 0% (éprouvette n° 1 et 2), que ce soit des aciers moulés ou des aciers forgés, sont susceptibles de CIG après 0,5 heure de sensibilisation et que même l'acier 5 présentant une teneur en ferrite de 4% (éprouvette n° 3) n'est pas susceptible de CIG après 5 heures de sensibilisation mais présente une tendance à CIG après 10 heures de sensibilisation. Par contre, les aciers ayant des teneurs en ferrite supérieures à 5% (éprouvettes n° 4-7) présentent une amélioration 10 prononcée en ce qui concerne leur résistance à CIG car ils ne sont pas susceptibles de CIG après 100 heures de sensibilisation.

En se basant sur la constatation que l'on peut obtenir une amélioration importante dans la résistance à CIG en 15 incluant la phase ferritique dans l'acier dans une proportion supérieure à 5%, la présente invention propose, en particulier, l'utilisation comme matière de départ des aciers inoxydables (par exemple les éprouvettes n° 4 - 7) ajustés de manière que la phase ferritique soit mélangée dans la structure d'austénite 20 dans la proportion de 5-40%, de préférence 5-30%. La raison pour laquelle la teneur en ferrite est restreinte à la limite supérieure de 40% réside dans le fait que, au-dessus de ce niveau, il se poserait le problème de réduction de ténacité.

Conformément au procédé de la présente invention 25 décrit à propos de la fabrication d'un coude 5 comportant à ses deux extrémités des parties tubulaires droites 6, on obtient, au cours de la première phase, un tube dont les extrémités sont déformées de façon plastique en soumettant les parties tubulaires droites 6 présentes aux extrémités et les parties 30 coniques du tube de départ moulé 5a à une déformation plastique et, au cours de la seconde phase, on applique à ce tube un traitement thermique dans une plage de température spécifiée pour le traitement par une solution ainsi que pour un traitement de recristallisation, grâce à quoi les parties tubulaires droites 6 présentes aux extrémités du tube sont transformées de manière à présenter une structure avec un grain cristallin fin. Par conséquent, quand on soude le coude 1 fabriqué à l'aide du procédé selon la présente invention à un

tuyau droit 3, on peut effectuer la VES à l'aide de EU avec une précision élevée tant depuis le côté du tuyau droit 3 que depuis celui du coude 1 pour la raison évidente que la partie tubulaire droite 2 est fixée au côté coude du joint de soufrage. Les coudes fabriqués en aciers à une seule phase d'austénite sont extrêmement vulnérables au danger de CIG ou de FCT quand ils sont exposés à la chaleur de soudage. A ce sujet, quand on les utilise comme matières pour fabriquer les coudes, les aciers de la présente invention dans lesquels la phase ferritique est présente dans la proportion de 5 à 40% assurent une grande sécurité.

Quand le coude a été fabriqué à l'aide du procédé selon la présente invention, on peut exécuter à l'aide de EU la vérification pour un contrôle de qualité des parties d'extrémité du coude (parties tubulaires droites) de sorte que l'on peut faire des économies sur les coûts et sur la main d'œuvre par rapport aux produits/moulés classiques pour lesquels il faut avoir recours à l'essai aux rayons X.

On va décrire ci-après les modes de réalisation préférés de la présente invention :

#### Exemples

Dans la fabrication d'un coude à 90° (devant être raccordé à un tuyau n° 80 d'un diamètre indiqué de 100,6 mm) tel que représenté sur la figure 3, on a utilisé pour former le coude un tube de départ moulé en un acier inoxydable moulé présentant la composition chimique figurant dans le tableau 3 ci-dessous, ledit tube ayant la forme de celui représenté sur la figure 4 et, à l'aide du procédé représenté par les figures 5 et 6, on a obtenu un coude dont les extrémités ont été déformées de façon plastique et qui présentait des dimensions concordant grosso modo aux dimensions spécifiées du coude.

Dans ce tube semi-ouvré, on a fait en sorte que l'alésage ou canal central D de sa partie tubulaire droite 6a soit  $D = d / 0,8$ , d représentant le diamètre du coude, de manière que le degré de déformation  $(D - d)/D \times 100 (\%)$  soit de 20%. Ensuite, on a soumis le coude mentionné ci-dessus et dont les extrémités ont été déformées de façon plastique à un traitement thermique au cours duquel la totalité du coude a été

maintenue à 1000°C pendant 1 heure, ce traitement étant suivi par un refroidissement dans l'eau.

Tableau 3 - Composition chimique (% en poids)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ferrite <sup>x</sup>
0,015	1,36	0,82	0,015	0,006	19,8	10,9	2,4	15 %

10 (Dans la gamme des compositions spécifiées de la norme ASTM A 351 CF 3M)

<sup>x</sup> Ferrite (%) donne la valeur mesurée obtenue par utilisation d'un appareil approprié (ferrite-scope).

15 La section agrandie de la partie d'extrémité du coude à 90° fabriquée de cette manière et celle du tube semi-ouvré moulé initial ou tube de départ, présentant les structures cristallines respectives des métaux, sont représentées sur les figures 10 et 11.

20 Les photographies montrent que dans le coude à 90° fabriqué à l'aide du procédé selon la présente invention, la structure de la partie tubulaire droite présente à l'extrémité du coude est, d'une façon frappante, plus affinée par rapport à celle que présente cette partie dans son état moulé initial. Dans la partie conique adjacente à la partie tubulaire droite, le degré d'affinement est un peu plus faible en raison du faible degré de déformation. Les résultats de mesures directes de la taille des grains du cristal à l'aide d'un microscope ont révélé que la partie tubulaire droite située à l'extrémité donnait environ 1 en terme de numéro de taille de grain d'austénite dans son état moulé initial mais que ce chiffre atteignait une valeur supérieure à 7 après la déformation plastique et la recristallisation. Par conséquent, la vérification de contrôle de qualité de produits à l'aide de EU que l'on ne pouvait pratiquement pas appliquer aux pièces 30 moulées classiques peut être effectuée sur ce coude d'une façon aussi bonne que sur les produits forgés.

35 Bien que, dans ce qui précède, la présente invention ait été décrite à propos d'un coude constituant un

mode de réalisation préféré du procédé de fabrication, la présente invention peut aussi être appliquée avec d'aussi bons résultats à des éléments de tuyauterie comportant à leurs extrémités des parties tubulaires droites similaires. Par exemple, dans le formage d'un tube 12 en forme de T, représenté sur la figure 13, à l'aide du procédé de contraction, on utilise un tube semi-ouvré <sup>moulé</sup>/ou tube de départ 12 dont les parties tubulaires droites situées aux extrémités sont mises en forme à un diamètre plus grand, comme on peut le voir sur la figure 12, puis on soumet le tube en T avec ses extrémités déformées de façon plastique à un traitement thermique spécifié, grâce à quoi on fabrique un tube en T dont les parties tubulaires droites situées aux extrémités présentent une structure cristalline fine. Dans cette application, il est aussi souhaitable que des parties coniques 14 soient formées entre les parties tubulaires droites 13 et le tube proprement dit.

Il est bien entendu que la description qui précède n'a été donnée qu'à titre purement illustratif et non limitatif et que des variantes ou des modifications peuvent y être apportées dans le cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de coudes en acier inoxydable moulé, par exemple un coude dont la structure des parties tubulaires droites situées aux extrémités dudit tube est affinée, caractérisé par le fait qu'on forme un tube de départ moulé en acier inoxydable austénitique moulé dont la composition chimique est ajustée de manière que la phase ferritique soit mélangée dans la proportion de 5 - 40%, et dont les parties tubulaires droites situées aux extrémités sont formées à une dimension plus grande ou plus petite que la dimension spécifiée, on soumet à une opération de contraction ou de dilatation les parties tubulaires droites situées auxdites extrémités, de manière à obtenir ainsi un tube mis en forme grossièrement aux dimensions spécifiées avec ses extrémités déformées de façon plastique, puis on soumet ledit tube avec ses extrémités déformées de façon plastique à un traitement thermique de chauffage à 1000° - 1200°C suivi par un refroidissement brusque.

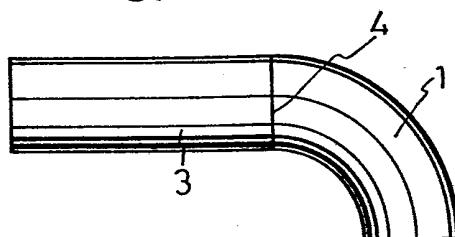
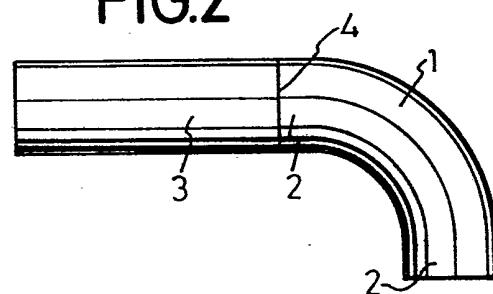
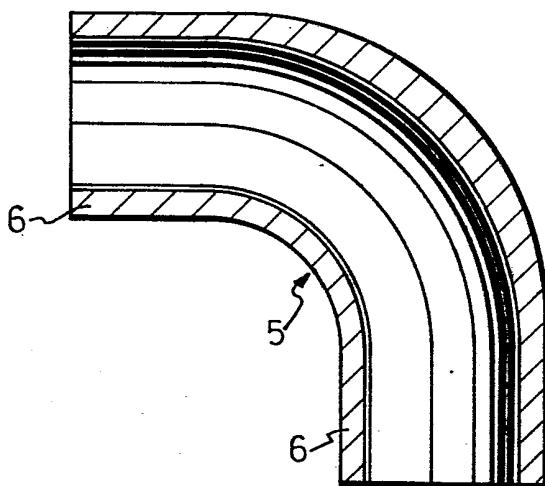
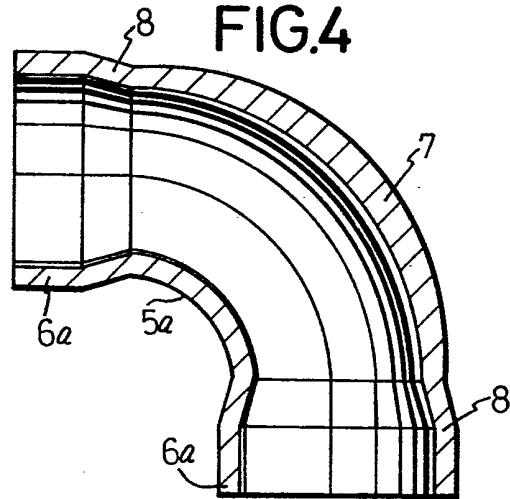
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'au cours de l'opération de contraction, on donne, par déformation plastique, à la partie tubulaire droite qui se trouve à l'extrémité du tube de départ et dont le diamètre est plus grand que la dimension spécifiée, une forme elliptique par compression du tube au moyen d'organes de compression jusqu'à ce que le petit diamètre devienne égal à la dimension spécifiée, puis on déforme de façon plastique, au moyen de demi-matrices dont chacune a une forme semi-circulaire, le côté correspondant au grand diamètre jusqu'à ce qu'il présente la dimension spécifiée.

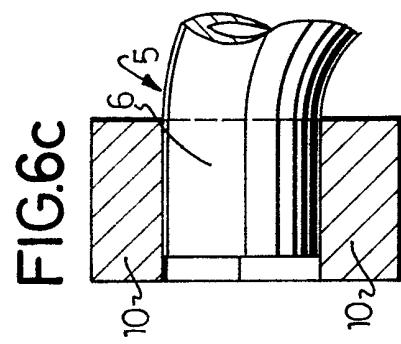
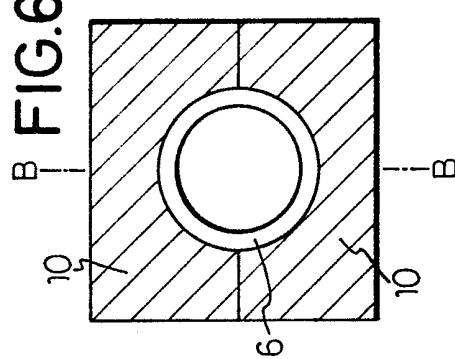
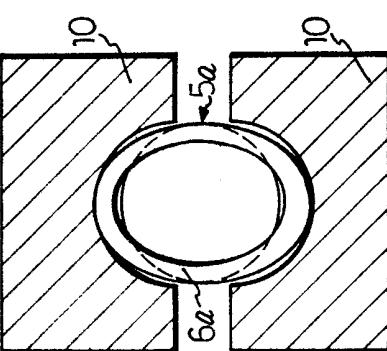
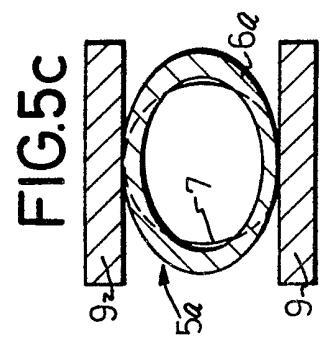
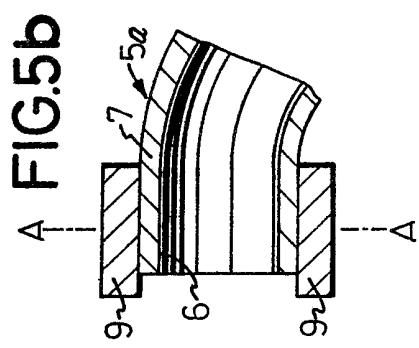
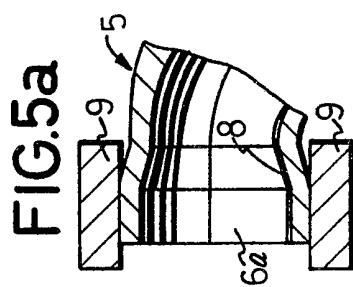
3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'au cours de l'opération de dilatation on dilate la partie tubulaire droite qui se trouve à l'extrémité et dont le diamètre est plus petit que la dimension spécifiée jusqu'à ce qu'elle présente la dimension spécifiée en poussant dans cette partie un tampon.

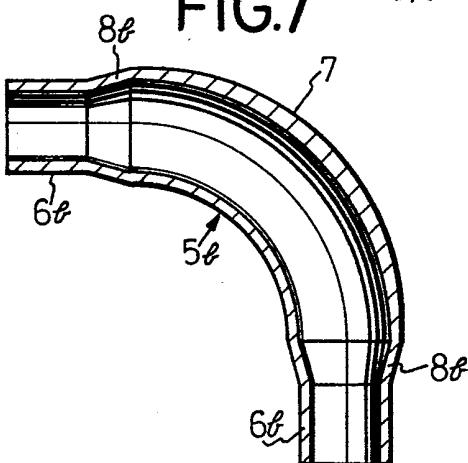
4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la partie tubulaire droite située à chacune des extrémités et la partie restante du tube de départ moulé sont raccordées par des parties coniques.

5 Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le tube de départ moulé a la forme d'un T.

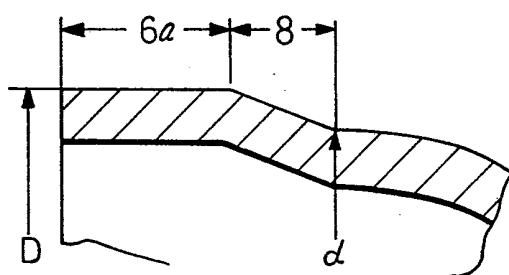
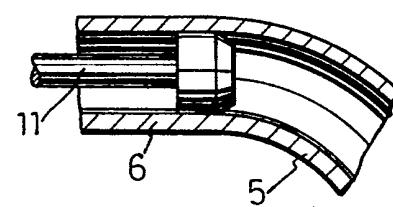
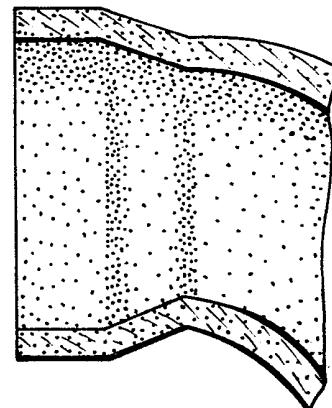
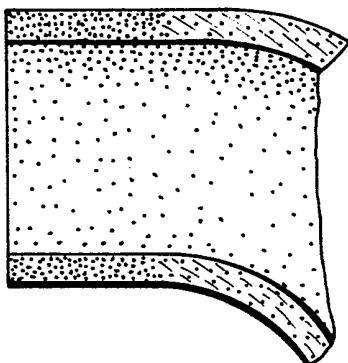
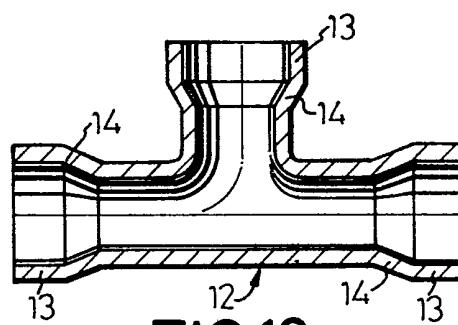
1/3

**FIG.1****FIG.2****FIG.3****FIG.4**



**FIG.7**

3/3

**FIG.9****FIG.8****FIG10****FIG.11****FIG.12****FIG.13**