

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 13867

(54) Procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). B 21 B 19/02, 17/14, 21/00.

(22) Date de dépôt..... 16 juillet 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 18 juillet 1980, n° 55-98949, et 17 février 1981, n° 56-22540.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 3 du 22-1-1982.

(71) Déposant : Société dite : SUMITOMO KINZOKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA, résidant au Japon.

(72) Invention de : Chihiro Hayashi et Tateo Yamada.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : SA Fédit-Loriot,
38, av. Hoche, 75008 Paris.

Procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure.

La présente invention se rapporte à un procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure, dans lequel des ébauches ou viroles creuses obtenues par perçage de billettes sont
5 soumises à une correction d'excentricité de paroi et/ou un réglage de diamètre extérieur.

Les tubes métalliques sans soudure, et plus particulièrement les tubes de petit diamètre, par exemple de 25 à 150 mm de diamètre, présentent souvent des défauts de forte excentricité
10 de paroi. Cette défectuosité est expliquée concrètement ci-après.

La fabrication des tubes de petit diamètre, de 25 à 150 mm de diamètre est habituellement effectuée comme illustré sur la figure 14. Dans ce procédé, une barre ronde brute, ou une
15 billette ronde 10, est chauffée à 1200-1250°C dans un four à sole tournante 31, elle est percée au moyen d'une machine à percer 32 (par exemple du type Mannesmann) et la virole creuse résultante 11 est transformée par une machine d'étirage continu 33 (par exemple une machine à mandrin) en un tube semi-fini 12
20 ayant une épaisseur de paroi sensiblement comparable à celle d'un tube fini. Le tube semi-fini 12 est ensuite chauffé dans un four de réchauffage, non représenté, et mis à dimension au moyen d'un réducteur d'étirage 34, jusqu'au diamètre extérieur spécifié. En combinaison avec le calibrage de diamètre exté-
25 rieur, on procède à un certain réglage d'épaisseur de paroi afin d'obtenir la dimension voulue pour le tube fini. Le procédé décrit ci-dessus est caractéristique de la fabrication de tubes de petit diamètre, sur une chaîne de production en série connue sous le nom de chaîne Mannesmann à machine de mandrinage.
30 Un examen des excentricités de paroi qui se produisent avec ce procédé montre qu'une excentricité de paroi excentrique dans laquelle, comme illustré par la figure 15, les centres des diamètres intérieur et extérieur ne concordent pas, est constatée avec des viroles creuses 11 provenant de la machine à percer 32,
35 le taux d'excentricité de la paroi variant de 5 % à 15 %. Avec des tubes semi-finis 12 venant de la machine d'étirage 33, une excentricité de paroi symétrique dans laquelle, comme illustré par la figure 16, les centres des diamètres intérieur et

extérieur concordent, est constatée avec un taux d'excentricité de paroi de l'ordre de 3 à 5 %, cette excentricité s'ajoutant à l'excentricité de paroi excentrique précitée. L'expression "Taux d'excentricité de paroi" utilisée dans la présente description, est définie par $[(T_{\max} - T_{\min}) / T_{\text{moyen}}] \times 100 \%$ dans laquelle $T_{\max}$ est l'épaisseur maximale de paroi de la section transversale du tube, $T_{\min}$ est son épaisseur minimale de paroi et T_{moyen} est son épaisseur moyenne de paroi.

Le réducteur d'étirage 34 ne provoque pas de modification appréciable. En effet, l'excentricité de paroi due à la machine de perçage 32 est introduite dans le produit fini sensiblement sans changement. On a également constaté que la machine d'étirage est inefficace pour corriger l'excentricité de paroi et qu'en particulier, lorsque la réduction par cylindrage ou roulage n'est pas équilibrée, une certaine excentricité de paroi symétrique est ajoutée à l'excentricité produite initialement.

Dans un tel procédé Mannesmann par mandrinage, on dispose parfois une machine de calibrage de virole entre la machine de perçage 32 et la machine d'étirage 33. Une telle machine de calibrage de virole comprend cinq à sept étages du type à deux rouleaux ou à trois rouleaux, comportant chacun des rouleaux à gorges, disposés en tandem. Chaque virole creuse traverse la machine de calibrage de virole dans la direction axiale sans rotation, de façon à réduire son diamètre extérieur à la valeur désirée. C'est principalement en vue de diminuer le nombre de dimensions de billettes à prévoir pour répondre aux spécifications des différents produits finis désirés que la machine de calibrage de virole a été introduite dans le procédé Mannesmann. Si on considère qu'on peut seulement obtenir une dimension de virole creuse à partir d'une dimension particulière de billette à la machine de perçage 32, la présence d'une machine de calibrage de virole permet d'obtenir une pluralité de dimensions de viroles. Par conséquent, cette machine de calibrage permet de simplifier la gamme de dimensions des billettes ainsi que la coulée continue des billettes. Toutefois, même si on utilise une telle machine de calibrage, l'excentricité de paroi provoquée au stade précédent peut difficilement être corrigée. Une légère

modification d'épaisseur seulement est effectuée près des col-
rettes des rouleaux et il y a peu de fluage de métal dans la
direction périphérique de la virole.

Pour la fabrication de tubes de diamètre intermédiaire,
5 de 150 à 400 mm de diamètre, on utilise souvent un procédé con-
nu sous le nom de procédé de brochage Mannesmann qui, comme
illustré par la figure 17, consiste à percer au moyen d'une ma-
chine de perçage 62 une billette 10 chauffée dans un four 61,
pour la transformer en une virole creuse 11. La virole traverse
10 ensuite une machine à étirer rotative 63, pour l'augmentation
du diamètre intérieur ou la réduction d'épaisseur de paroi, le
produit résultant étant envoyé à une machine à broche 64 puis
à une machine à bobines 65 et à une machine de calibrage 66, de
façon à obtenir un produit fini. Dans la machine d'étirage rota-
15 tive 63, une broche est introduite dans la virole creuse 11
pour effectuer une réduction d'épaisseur de paroi en coopéra-
tion avec des rouleaux opposés disposés obliquement par rapport
à la virole, de façon à réaliser une opération de roulage ou
cylindrage, par rapport aux périphéries intérieure et extérieure
20 de la virole creuse, dans des conditions réglées pour permettre
le fluage positif du métal dans la direction périphérique afin
de corriger toute excentricité de paroi engendrée au stade
précédent. En ce qui concerne le procédé par brochage, on ne
rencontre pas autant de difficulté d'excentricité de paroi,
25 avec les tubes de diamètre moyen, que dans le cas du procédé
Mannesmann par mandrinage pour la fabrication des tubes de pe-
tit diamètre. Récemment, toutefois, on a développé l'utilisa-
tion d'une machine d'étirage de type continu, appelée "machine
à tube multiétagée", qui est caractérisée par une capacité de
30 réduction élevée et un grand rendement, pour la fabrication de
tubes ^{de} diamètre intermédiaire. Lorsqu'une telle machine est com-
binée avec la machine de perçage décrite plus haut, la chaîne
de fabrication comprend un four de chauffage 71, une machine
de perçage 72, une machine à tube multiétagée 73 et une machine
35 de calibrage 74, comme illustré sur la figure 18. Avec un tel
dispositif simplifié, analogue à celui qui est utilisé pour la
fabrication de tubes de petit diamètre, on rencontre une diffi-
culté semblable à celle qui a été signalée pour ces tubes de

petit diamètre, à savoir que toute excentricité de paroi engendrée dans la machine de perçage 72 se retrouve dans le produit fini. Cette difficulté peut être évitée lorsqu'on intercale une machine d'étirage rotative entre la machine à percer et la machine multiétagée 73. Cette disposition est effectivement adoptée dans un procédé connu, dans lequel on utilise un bloom carré comme produit de départ et dans lequel une machine de perçage à la presse est employée à la place d'une machine de perçage ordinaire. Ce dispositif présente toutefois un inconvénient économique en ce qu'il comprend deux machines d'étirage différentes, à savoir la machine rotative et la machine multiétagée, ce qui est défavorable du point de vue du rendement de l'investissement en équipement.

La présente invention évite, d'une manière nouvelle, les divers inconvénients ci-dessus.

L'invention a pour objet un procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure, utilisant une machine d'étirage multiétagée telle qu'une machine à mandrin ou une machine multicages ; ou une machine d'étirage monoétagée, par exemple à broche ou à cylindres épaulés, qui permet d'obtenir une diminution sensible du taux d'excentricité de paroi.

L'invention vise également un procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure qui permet de réduire le nombre de dimensions de billettes à préparer comme pièces de départ pour la fabrication des tubes et qui peut être mis en oeuvre dans une chaîne de production intégrée de tubes afin d'introduire directement des billettes de coulée continue dans la chaîne de fabrication de tubes.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure qui permet la correction effective de l'excentricité de paroi, même si le rapport de l'épaisseur de paroi au diamètre extérieur (t/D) a une valeur aussi faible que 5 à 15 %.

L'invention vise également un procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure dans lequel les viroles creuses, provenant d'une machine de perçage Mannesmann ou d'une machine de perçage à la presse, sont corrigées en ce qui concerne leur excentricité de paroi, de sorte qu'on obtient des

tubes finis de meilleure qualité.

D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront aux hommes de l'art à la lecture de la description de plusieurs formes de réalisation, non limitatives, représentées sur les dessins annexés.

La figure 1 illustre les opérations successives du procédé suivant l'invention.

La figure 2 illustre la disposition inclinée des rouleaux.

La figure 3 représente les opérations successives, dans une autre forme de mise en oeuvre du procédé suivant l'invention.

Les figures 4a et 4b sont des graphiques illustrant l'effet de l'invention.

Les figures 5a et 5b sont des graphiques illustrant l'effet de l'invention lorsqu'on utilise une machine rotative du type à deux rouleaux.

La figure 6 illustre les opérations successives dans une autre forme de mise en oeuvre du procédé suivant l'invention.

Les figures 7a, 7b et 7c montrent la disposition des rouleaux dans une machine d'égalisation d'épaisseur de paroi ayant un angle de croisement positif (angle de touche).

Les figures 8a, 8b et 8c montrent la disposition des rouleaux dans une machine d'égalisation d'épaisseur de paroi ayant un angle de croisement négatif.

Les figures 9 à 11 sont des tableaux récapitulatifs des relevés d'essais effectués avec le procédé suivant l'invention.

Les figures 12 et 13 sont des graphiques montrant les résultats d'essais effectués avec le procédé suivant l'invention.

La figure 14 illustre les opérations de fabrication successives dans un procédé usuel par mandrinage Mannesmann.

La figure 15 est une vue qui illustre la définition de l'excentricité de paroi excentrique.

La figure 16 est une vue qui illustre la définition de l'excentricité de paroi symétrique.

La figure 17 représente les opérations de fabrication

successives dans le procédé usuel par brochage Mannesmann.

La figure 18 illustre la fabrication de tubes dans une chaîne comportant une machine multicages, et

les figures 19 et 20 sont des représentations photographiques montrant la déformation anguleuse, en forme de pentagone, rencontrée avec un tube en acier sans soudure.

On décrit d'abord une application de base du procédé suivant la présente invention au procédé par mandrinage Mannesmann. Suivant une caractéristique principale de l'invention, le procédé comprend un stade dans lequel une opération de roulage ou cylindrage est effectuée au moyen d'une machine rotative à trois rouleaux ou quatre rouleaux, pour réduire le diamètre extérieur de la virole creuse, sans utilisation d'aucun outil de calibrage interne. Cette étape de travail est principalement destinée à corriger l'excentricité de paroi. En général, cette étape précède l'intervention de la machine d'étirage, citée plus haut, qui a pour fonction principale de réduire l'épaisseur de paroi.

Dans l'opération de correction d'excentricité de paroi par la machine rotative, les viroles sont roulées pendant leur avance, tout en étant mises en rotation, de sorte qu'il se produit un fluage positif du métal dans la direction périphérique, malgré l'absence d'outils de calibrage interne.

La figure 1 illustre la succession des opérations dans le procédé suivant l'invention, utilisé dans la fabrication des tubes de petit diamètre. Une billette ronde 10 est chauffée à 1200-1250°C dans un four 1 du type à sole tournante, puis percée par une machine de perçage 2 de façon à obtenir une virole creuse 11. Celle-ci traverse ensuite une machine rotative à trois rouleaux, appelée dans ce qui suit "machine d'égalisation d'épaisseur de paroi", qui ne comporte pas d'outil de calibrage interne tel que broche, mandrin ou dispositif analogue. La machine 3 d'égalisation d'épaisseur de paroi, comme déjà indiqué, ne comporte pas d'outil de calibrage interne. Sa fonction principale est d'agir sur le diamètre extérieur de la virole creuse 11, afin de corriger l'excentricité de paroi. Cette machine est constituée essentiellement de trois rouleaux en forme de tronc de cône ou de barillet, disposés obliquement

par rapport à l'axe de la virole creuse. La configuration de la machine est semblable à celle d'une machine de perçage à trois rouleaux dont la broche ou le mandrin, selon le cas, a été enlevé.

5 L'expression "disposés obliquement", utilisée dans la présente description, signifie que les rouleaux sont orientés de façon telle que leurs axes respectifs soient inclinés d'un même angle, par rapport à leur position de parallélisme à 10 par rapport à un cercle imaginaire, représenté en trait mixte sur la figure 2, dont le centre se trouve sur l'axe de la virole, les axes des rouleaux étant tous dans la même direction. L'arrangement des rouleaux inclinés est représenté, dans une direction perpendiculaire à la direction de déplacement de la 15 virole, sur la figure 1 et, dans la direction de déplacement de la virole, sur la figure 2. L'angle d'inclinaison de chaque rouleau est appelé "angle d'avance", dans ce qui suit.

La machine 3 d'égalisation d'épaisseur de paroi effectue une réduction de diamètre de 5 à 50 %. La correction de 20 l'excentricité de paroi a lieu pendant l'opération de réduction de diamètre. La virole 11' sortant de la machine d'égalisation 3 est ensuite envoyée à la machine de mandrinage 4 où elle est soumise à une réduction d'épaisseur de paroi, de façon à être transformée en un tube semi-fini 12 dont l'épaisseur de paroi 25 est presque comparable à celle d'un tube fini. Après avoir été chauffé dans un four de réchauffage, non représenté, le tube semi-fini 12 traverse une machine de réduction 5, pour l'amener à la dimension finale.

La figure 3 illustre la succession des opérations dans 30 le procédé suivant l'invention, appliqué à la fabrication de tubes de diamètre moyen. Les opérations jusqu'à la correction d'excentricité de paroi, c'est-à-dire le four de chauffage 1, la machine de perçage 2, et la machine 3 d'égalisation d'épaisseur de paroi sont les mêmes que dans le cas de la fabrication 35 de tubes de petit diamètre. Une virole creuse 11' sortant de la machine d'égalisation 3 est envoyée à une machine multicages 6, pour être transformée en un tube semi-fini 12 ayant une épaisseur de paroi presque égale à celle d'un tube fini. Après

avoir été chauffé dans un four de réchauffage, non représenté, le tube semi-fini 12 traverse une machine de calibrage 7 dans laquelle il est amené à la dimension spécifiée. Les deux formes de réalisation décrites ci-dessus utilisent toutes deux une machine d'étirage en continu telle qu'une machine de mandrinage ou une machine multicages, selon le cas. La présente invention peut toutefois être également appliquée à une chaîne de fabrication de tubes utilisant un dispositif d'étirage à un seul étage, par exemple une machine à broche ou analogue. Dans ce cas, la chaîne peut comprendre un dispositif de perçage rotatif, un dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi, un dispositif d'étirage rotatif, une machine à broche, un dispositif à bobines et un dispositif de calibrage ; ou un dispositif de perçage à presse, un dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi, un dispositif d'étirage rotatif, une machine à broche, un dispositif à bobines et un dispositif de calibrage.

L'effet obtenu par le procédé suivant l'invention est expliqué ci-après, au moyen d'exemples concrets. Les figures 4a et 4b sont des graphiques sur lesquels sont portés les relevés de l'effet de correction d'excentricité de paroi obtenu avec un dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi à trois rouleaux, conforme à l'invention. Les figures 5a et 5b sont des graphiques semblables correspondant à un dispositif rotatif à deux rouleaux, à titre de comparaison. Les valeurs portées sur les figures 4a et 4b correspondent aux résultats observés avec un dispositif d'égalisation à trois rouleaux ayant un angle d'avance de 6°, tandis que les valeurs portées sur les figures 5a et 5b correspondent aux résultats observés avec un dispositif rotatif à deux rouleaux ayant un angle d'avance de 8°. Sur les graphiques, le taux de réduction de diamètre extérieur est porté en abscisse et le taux de correction d'excentricité de paroi :

$$\left(\frac{\text{épaisseur maximale} - \text{épaisseur minimale}}{\text{épaisseur moyenne}} \times 100 \% \right)$$

est porté en ordonnée. Le taux d'excentricité de paroi relatif à chaque virole creuse 11' avant son envoi au dispositif d'égalisation ou au dispositif rotatif, selon le cas, est pris comme

paramètre.

Sur les figures 4a et 5a, les valeurs se rapportent aux résultats obtenus avec des viroles pour lesquelles t/D (épaisseur de paroi/diamètre extérieur) est de 20 %. Les valeurs portées sur les figures 4b et 5b correspondent aux résultats obtenus avec des viroles pour lesquelles t/D est de 10 %. Ces graphiques montrent que l'égaliseur d'épaisseur de paroi à trois rouleaux et la machine rotative à deux rouleaux ont tous deux des effets positifs sur la diminution d'excentricité de paroi. De plus, il est clair que plus le taux de réduction de diamètre extérieur est grand, plus la diminution du taux d'excentricité de paroi est sensible. De même, plus grands sont l'excentricité de paroi des viroles et le rapport t/D de l'épaisseur de paroi au diamètre, et plus sensible est la réduction du taux d'excentricité de paroi. On voit également que le dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi à trois rouleaux suivant l'invention est plus efficace que la machine rotative à deux rouleaux. Lorsqu'on utilise cette dernière machine, son effet sur la diminution du taux d'excentricité de paroi est relativement petit si t/D est de 10 %, et on n'obtient pas d'effet notable tant que le rapport de réduction de diamètre extérieur n'est pas porté à 50 % environ. Toutefois, l'augmentation du rapport de réduction de diamètre extérieur à 50 % est indésirable, pour différentes raisons : le contact régulier du rouleau par rapport à la virole peut être gêné ; des rides peuvent tendre à se former à l'intérieur de la virole ; le diamètre de la billette doit être de l'ordre de deux fois le diamètre de la virole à l'extrémité de sortie de la machine rotative, ce qui rend difficile la préparation d'un four de chauffage de structure appropriée, en particulier du fait d'une charge sensiblement plus grande sur la sole ; et le prix est augmenté. D'un point de vue pratique, il n'est donc pas souhaitable d'utiliser une machine rotative à deux rouleaux, comme dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi.

Le tableau 1 indique les valeurs comparatives de diamètre de billette, de diamètre extérieur de tube et d'épaisseur de paroi, à différents stades du procédé suivant l'invention et aux mêmes stades du procédé usuel par mandrinage Mannesmann.

TABLEAU 1

En mm

Procédé	Billette	Perçage	Egaliseur d'épaisseur de paroi	Mandrin
Invention	Ø 205	Ø 205 x 42,5	Ø 186 x 45,2	Ø 158 x 30
Usuel	Ø 186	Ø 186 x 42,5	-	Ø 158 x 30

On prélève cinquante échantillons de tubes, au stade de la machine à mandriner, dans chaque procédé, et on les examine en ce qui concerne le taux d'excentricité de paroi. Alors que le taux d'excentricité est de 12 % avec les tubes fabriqués suivant le procédé usuel, on constate une nette amélioration pour les tubes fabriqués par le procédé suivant l'invention, avec un taux d'excentricité de 5 % seulement.

Cette comparaison montre bien que l'invention, lorsqu'elle est appliquée au procédé Mannesmann, permet de réduire sensiblement l'excentricité des parois de virole pendant la fabrication des tubes métalliques sans soudure. Il en résulte une moindre variation de section dans le tube fini et une meilleure qualité de tube métallique sans soudure. En outre, en comparaison de la machine d'étirage rotative, le dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi est de construction plus simple, moins coûteux et demande moins de place. Le procédé suivant l'invention présente un autre avantage en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée en même temps que la correction d'excentricité de paroi, ce qui permet de diminuer le nombre de tailles diamétrales de billettes à approvisionner pour répondre aux diverses spécifications et permet donc d'établir des chaînes de production appropriées, compatibles avec la coulée continue de billettes.

Certaines difficultés nouvelles ont été rencontrées lors de l'expérimentation du procédé suivant l'invention, dans différentes conditions, pour vérifier ses effets. L'une de ces difficultés réside en ce que, comme on le voit en comparant la figure 4a et la figure 4b, lorsque t/D est assez petit par exemple 5 à 15 %, le degré de correction possible de l'excentricité de

paroi est assez faible, si le rapport de réduction de diamètre extérieur est petit. Une autre difficulté réside en ce que, du côté inférieur du diamètre extérieur de viroles réduites, il se produit souvent la formation d'un pentagone, c'est-à-dire que

5 la configuration de la section transversale est déformée en pentagone, comme représenté sur les figures 19 et 20. Plus le rapport t/D est petit, et plus ce phénomène est notable. Cela signifie qu'il est impossible de compenser la correction insuffisante d'excentricité de paroi, dans le cas d'un petit rapport

10 t/D , par accroissement du rapport de réduction de diamètre extérieur. Le plus grave, lorsque la vitesse de cylindrage devient plus élevée, est que la formation de pentagone s'étend sur une plus grande longueur et par conséquent l'incorporation d'un dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi dans la chaîne de

15 fabrication peut aboutir à la diminution du rendement de production. On voit donc qu'il est extrêmement important d'éviter cette difficulté de déformation, afin que le domaine d'application de l'invention puisse être étendu même aux cas où le rapport t/D est petit et que l'invention puisse être mise en oeuvre effectivement et sans diminution du rendement de production.

20 On a trouvé que cette difficulté pouvait être vaincue par utilisation d'une machine rotative de type croisé. Par conséquent, une forme plus pratique de mise en oeuvre de l'invention comprend le passage des viroles à une opération de réduction de

25 diamètre extérieur au moyen d'une machine rotative du type à rouleaux croisés comportant trois ou quatre rouleaux disposés autour d'une ligne de passage, les axes de ces rouleaux, étant inclinables de manière que les extrémités des arbres de part et d'autre des rouleaux soient proches ou éloignées de la ligne de

30 passage et de manière que lesdites extrémités d'arbre soient orientées dans la direction périphérique d'un même côté de la virole en cours de travail, sans utilisation d'outils de calibrage interne.

Un exemple de mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, utilisant une machine rotative du type à rouleaux croisés comportant trois rouleaux, est décrit ci-après. La figure 6 illustre un exemple dans lequel une machine rotative à rouleaux croisés est utilisée dans une chaîne à machine par brochage

35

Mannesmann.

Une billette ronde 10 est chauffée à 1200-1250°C, par exemple, dans un four de chauffage 1 du type à sole tournante. La billette 10 est ensuite percée par une machine de perçage 2 de type Mannesmann et transformée en une virole creuse 11, qui est ensuite envoyée à une machine rotative 3 de type croisé, appelée dans ce qui suit "dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi" et qui ne comporte aucun outil de calibrage interne tel qu'une broche ou un mandrin. L'égaliseur 3 d'épaisseur de paroi, qui corrige l'excentricité de paroi de la virole creuse 11, comprend essentiellement une machine rotative à trois rouleaux 31, dont deux seulement sont visibles sur la figure 6, du type tronconique circulaire comportant chacun une gorge située sensiblement à mi-longueur dans la direction de leur axe. Comme déjà indiqué, il n'y a pas d'outil de calibrage interne. Les rouleaux peuvent être en forme de barillet, au lieu de tronc de cône.

La virole creuse 11 est soumise, dans l'égaliseur d'épaisseur 3, à une réduction de diamètre extérieur. Pendant cette opération, l'excentricité de paroi de la virole 11 est corrigée simultanément et la virole 11' ainsi modifiée est ensuite envoyée à une machine à broche 8 où elle est soumise à un allongement pour réduire l'épaisseur de paroi. Elle est ainsi transformée en un tube semi-fini 12 ayant une épaisseur de paroi sensiblement comparable à celle d'un tube fini. Après avoir subi un traitement au moyen d'un dispositif à bobines 9, le tube semi-fini 12 traverse un dispositif de calibrage 7 dans lequel il est amené à sa dimension finale.

Concrètement, certains aspects de la configuration du dispositif d'égalisation de paroi sont représentés sur les figures 7a, 7b et 7c. La figure 7a est une vue de face montrant la position relative des rouleaux 31 qui constituent une machine de cylindrage servant d'égaliseur 3 d'épaisseur de paroi, vue du côté entrée de la machine. La figure 7b est une coupe suivant la ligne I-I de la figure 7a. La figure 7c est une vue de côté, suivant la ligne II-II de la figure 7a. Chaque rouleau 31 comporte une gorge 31a, sensiblement à mi-longueur dans la direction axiale. La gorge 31a sert de limite entre la partie

avant (côté d'entrée) et la partie arrière (côté de sortie) de chaque rouleau. La partie avant a un diamètre progressivement décroissant vers l'extrémité avant de l'arbre et la partie arrière a un diamètre progressivement croissant vers l'extrémité

5 arrière de l'arbre. Ainsi, le rouleau a la forme d'un tronc de cône circulaire et présente une surface d'entrée 31b et une surface de sortie 31c. Les rouleaux 31 sont disposés autour d'une ligne de passage X-X pour la virole 11, cette ligne correspondant à l'axe de la virole, de façon telle que leurs centres,

10 représentés chacun par un point d'intersection O entre un axe Y-Y et un plan contenant la gorge 31a (ce point d'intersection étant appelé centre de rouleau dans ce qui suit), soient situés à égale distance sur un plan perpendiculaire à la ligne de passage X-X, les surfaces respectives d'entrée 31b des rouleaux

15 étant situées du côté d'entrée dans la direction de déplacement des viroles 11. Les axes Y-Y des rouleaux 31, comme représenté sur la figure 7b, sont inclinés d'un angle γ , appelé angle de croisement dans ce qui suit, par rapport à la ligne de passage X-X, de façon telle que leurs extrémités d'arbre du même côté,

20 en vue en plan, c'est-à-dire les extrémités d'arbre avant (côté d'entrée), s'approchent de la ligne de passage X-X. La disposition inclinée des rouleaux 31 est semblable à celle qui est représentée sur les figures 1 et 2. Autrement dit, leurs extrémités d'arbre avant font face à la direction périphérique d'un

25 même côté (dans le sens des aiguilles d'une montre) de la virole 11, comme représenté en élévation sur la figure 7a, et sont inclinées d'un angle d'avance β , comme représenté sur la figure 7c. Les rouleaux 31 sont reliés à une source d'entraînement, non représentée, et ils sont entraînés de manière à tourner dans la même direction. La virole 11, introduite entre les

30 rouleaux 31, est déplacée dans la direction axiale tout en étant mise en rotation autour de son axe. Autrement dit, la virole 11 subit une réduction de diamètre extérieur tout en se vissant vers l'avant, de sorte que son irrégularité de section transversale est corrigée.

35

La figure 8 représente un autre exemple d'un dispositif 3 d'égalisation d'épaisseur de paroi. Sur la figure 8a, ce dispositif est représenté en élévation, vu du côté d'entrée de la

machine. La figure 8b est une coupe suivant la ligne III-III de la figure 8a. La figure 8c est une vue de côté, suivant la ligne IV-IV de la figure 8a. Dans ce dispositif 3 d'égalisation d'épaisseur de paroi, chaque rouleau 41 comporte une gorge 41a sensiblement à mi-longueur dans la direction axiale. Chaque rouleau 41 comprend une partie avant et une partie arrière, délimitées par la gorge 41a. La partie avant a un diamètre progressivement croissant vers l'extrémité avant de l'arbre et la partie arrière a un diamètre progressivement décroissant vers l'extrémité arrière de l'arbre. Chaque rouleau 41 est de forme tronconique circulaire et présente une surface d'entrée 41b et une surface de sortie 41c. Les rouleaux 41 sont disposés de façon telle que la surface d'entrée 41b se trouve du côté amont de la ligne de viroles 11, avec un angle de croisement fixé à une valeur γ et un angle d'avance de valeur β . L'inclinaison dans la direction périphérique, c'est-à-dire l'angle d'avance β , est choisie pour que l'extrémité arrière de l'arbre soit placée dans le sens des aiguilles d'une montre. Alors que l'angle de croisement γ pour les rouleaux 31 des figures 7a-7c, comme on le voit sur la figure 7b, est déterminé de façon que la surface d'entrée 31b de chaque rouleau 31 soit relativement proche de la ligne de passage X-X pour la virole 11, l'angle de croisement pour les rouleaux 41 des figures 8a-8c, comme on le voit sur la figure 8b, est en relation inverse de celui des rouleaux de la figure 7b. Dans le premier cas, l'angle est appelé, dans ce qui suit, "angle positif" ($\gamma > 0$). Dans le dernier cas, il est appelé "angle négatif" ($\gamma < 0$).

On procède à des essais avec une machine rotative à rouleaux croisés du type à trois rouleaux, comme représenté sur les figures 7a-7c et 8a-8c, cette machine étant utilisée pour soumettre des viroles à une réduction de diamètre extérieur, sans utiliser d'outils de calibrage interne tels qu'un mandrin, une broche ou autres. Les résultats de ces essais sont décrits ci-après.

Les rouleaux utilisés dans la machine rotative sont des rouleaux tronconiques ayant chacun une longueur de corps de 180 mm et un diamètre de 200 mm à l'endroit de la gorge. L'angle d'avance est fixé de trois façons différentes et l'angle

de croisement de six façons différentes. L'apparition de la formation de pentagone est examinée dans les diverses combinaisons. On utilise cinq variétés de viroles échantillons, dont le diamètre extérieur est de 80 mm à 100 mm. Le rapport de réduction de diamètre est fixé à 20 % et la vitesse de rotation des rouleaux à 200 t/mn.

Les résultats de ces essais sont présentés sur les figures 9, 10 et 11 sur lesquelles le symbole  indique qu'il n'y a pas formation de pentagone et le symbole  indique qu'il se produit une déformation anguleuse en forme de pentagone.

On voit, sur les figures 9, 10 et 11, que les combinaisons d'angle de croisement γ et d'angle d'avance β dans la disposition des rouleaux ont un effet considérable sur la formation de pentagone. Pour éviter ce phénomène, on a constaté que les conditions ci-après étaient les meilleures : (1) un angle d'avance β relativement petit ; (2) un angle de croisement γ petit dans la plage d'angle positif ; et (3) un angle de croisement γ relativement grand, en valeur absolue, si on lui donne une valeur d'angle négatif. Le choix d'un angle d'avance β relativement petit signifie que le pas de vis en cylindrage est petit et que d'autre part la vitesse de rotation de la virole dans la zone de contact rouleau-virole est augmentée. Ainsi, on peut dire que le plus petit pas de vissage de la virole et la plus grande vitesse de rotation de la virole sont avantageux, en ce qui concerne la prévention de la formation de pentagone de post-cylindrage.

Le choix d'un angle de croisement γ positif relativement petit, ou le choix d'un angle de croisement γ négatif relativement grand, signifie également que le pas de vissage de la virole est petit et que la vitesse de rotation de la virole est augmentée. Toutefois, du point de vue de la prévention de la formation de pentagone, il est plus efficace de modifier l'angle de croisement γ que de modifier l'angle d'avance β .

Le fait que la fixation de valeurs relativement petites pour β et γ (lorsque $\gamma < 0$, la valeur choisie est relativement grande) soit efficace peut être attribué aux raisons suivantes : il résulte de ces conditions que le pas de vissage devient plus

petit et que la vitesse de rotation de la virole augmente. Ainsi, les diverses parties de la virole sont soumises à une action de réduction de diamètre par les rouleaux, un plus grand nombre de fois. D'autre part, la durée d'action par tour diminue. Par conséquent, l'épaisseur de paroi est effectivement réduite par fluage régulier sur toute la surface.

Théoriquement, on peut considérer que le réglage d'angle d'avance et d'angle de croisement des rouleaux, décrit ci-dessus, comme mesures préventives contre la formation de pentagone, peut s'appliquer à une machine rotative à deux rouleaux ne comportant pas d'outils de calibrage interne et dans laquelle les axes des rouleaux sont inclinés par rapport à la ligne de passage, en vue d'empêcher la déformation anguleuse présentant une configuration sensiblement triangulaire comme on l'observe souvent, notamment dans le cas de réduction de diamètre pour des viroles avec un rapport t/D de 5 à 15 %. Lorsqu'on utilise une machine rotative à deux rouleaux, l'effet de correction d'excentricité de paroi qu'on peut obtenir est toutefois très petit. Par suite, aucun effet suffisant pour justifier le prix de l'équipement ne peut être obtenu.

En ce qui concerne l'opération de réduction de diamètre lorsqu'on utilise une machine rotative à trois rouleaux croisés, comme décrit ci-dessus, pour l'égalisation de l'épaisseur de paroi sans utiliser d'outils de calibrage interne, on a effectué des essais sur la relation entre le taux de correction d'excentricité de paroi et les valeurs de l'angle d'avance β et de l'angle de croisement γ pour les rouleaux. Les résultats de ces essais sont expliqués ci-après. Dans la machine rotative à rouleaux croisés, on utilise des rouleaux de mêmes caractéristiques que ceux qui sont utilisés dans les essais décrits plus haut. Les échantillons de viroles utilisés ont les caractéristiques suivantes : t/D 10 %, cinq tailles à l'intérieur de la plage de diamètre extérieur de 80 mm à 100 mm ; rapports d'excentricité de paroi de 10 %, 20 % et 30 %. Les échantillons sont soumis à un cylindrage à une vitesse de rotation de 200 t/mn. Les résultats sont reportés graphiquement sur la figure 12, l'angle d'avance β étant porté en abscisse et le taux de correction d'excentricité de paroi en pour cent étant porté en ordonnée.

Le rapport de correction d'excentricité de paroi, considéré dans la présente description, est exprimé par la formule ci-après :

$$\begin{array}{l} 5 \quad \text{Taux de correction} \\ \quad \text{d'excentricité} \\ \quad \text{de paroi} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{taux d'excentricité} \\ \text{de paroi de virole} \end{array} - \begin{array}{l} \text{taux d'excentricité} \\ \text{de paroi de produit} \end{array}}{\text{taux d'excentricité de paroi de virole}} \times 100 \%$$

On voit, sur le graphique, que pour améliorer le taux de correction d'excentricité de paroi, il est plus avantageux d'avoir : (1) un angle d'avance β relativement petit ; (2) un angle de croisement γ petit dans la plage d'angle positif ; et (3) un angle de croisement γ relativement grand, en valeur absolue, si on lui donne une valeur d'angle négatif. Tout cela correspond aux résultats relatifs à la prévention de la formation de pentagone, sur la base des résultats expérimentaux reportés sur les figures 9, 10 et 11. L'épaisseur de paroi est progressivement transférée dans la direction périphérique, peu à peu et en de nombreuses fois. Ainsi, le transfert d'épaisseur de la partie épaisse à la partie mince, dans la direction périphérique, est effectué sélectivement et l'excentricité de la paroi est donc corrigée.

Si l'angle d'avance β est fixé à une valeur relativement petite, avec un angle de croisement γ fixé à une valeur relativement grande, en valeur absolue, dans la plage d'angle négatif, un taux de correction d'excentricité de paroi de plus de 60 % peut être obtenu. Cela contraste nettement avec le fait que, lorsqu'on utilise comme dispositif d'égalisation d'épaisseur une machine rotative à deux rouleaux dans laquelle les axes des rouleaux sont inclinés par rapport à la ligne de passage mais ne se croisent pas avec elle, on peut obtenir au plus un taux de correction de 20 % environ. Le fait qu'un taux de correction aussi élevé que 60 % puisse être obtenu signifie qu'un taux d'excentricité de 30 % pour une virole peut être réduit à 12 %, que dans le cas d'une virole avec un taux d'excentricité de 20 %, ce dernier peut être réduit à 8 % ; et si le taux d'excentricité est de 10 %, il peut être réduit à 4 %.

Lorsque l'opération de réduction de diamètre est effectuée au moyen d'une machine rotative à trois rouleaux croisés,

comme décrit ci-dessus, et ne comportant pas d'outil de calibrage interne, la relation entre la vitesse de rotation et les valeurs β et γ des angles d'avance et de croisement des rouleaux est expliquée sur la base de résultats expérimentaux. Les rouleaux utilisés ont la même dimension que ceux qui ont été décrits précédemment. On utilise des échantillons de viroles ayant les caractéristiques suivantes : t/D 10 %, diamètre extérieur 90 mm, épaisseur de paroi 9,0 mm. Les viroles subissent une réduction de diamètre extérieur dans les conditions ci-après : rapport de réduction 20 %, vitesse de rotation 200 t/mn. Les résultats sont reportés graphiquement sur la figure 13, l'angle d'avance β étant porté en abscisse et la vitesse de cylindrage en ordonnée.

Le graphique montre que, pour augmenter la vitesse de cylindrage, il est souhaitable d'avoir : (1) un angle d'avance β relativement grand ; (2) un angle de croisement γ relativement petit, en valeur absolue, si on lui donne une valeur négative ; et (3) un angle de croisement γ relativement grand, en valeur absolue, si on lui donne une valeur positive.

On voit que les conditions décrites ci-dessus pour augmenter la vitesse de roulement sont en complet désaccord avec les conditions, indiquées plus haut, de prévention de la formation de pentagone ou d'amélioration du taux de correction d'excentricité de paroi. Cela est tout à fait normal puisque les conditions pour ces derniers objectifs sont largement liées à la diminution du pas de vissage des viroles. Si on s'attache seulement à la qualité du tube métallique, on peut sacrifier la vitesse de roulement. En pratique, toutefois, lorsqu'on incorpore comme dispositif d'égalisation d'épaisseur une machine rotative à trois rouleaux croisés, dans une chaîne de fabrication pour tubes métalliques sans soudure, la question du rendement est très importante, en particulier lorsqu'on utilise un procédé de fabrication de tubes métalliques à haute productivité. La présence d'un déséquilibre sensible entre une telle machine rotative et les équipements existants à un stade de travail adjacent, par exemple une machine de perçage et de brochage, peut souvent rendre impossible une telle introduction. Par conséquent, lorsqu'on veut installer une machine rotative à

trois rouleaux croisés, du type décrit plus haut, il faut considérer soigneusement la productivité aussi bien que la prévention de formation de pentagone et la correction d'excentricité de paroi, afin de déterminer les conditions d'installation sur la base de l'ensemble des exigences.

Les dispositions préférées d'installation sont exposées ci-après, au moyen d'exemple.

(i) En principe, les conditions de réglage de rouleau pour une machine rotative de type croisé doivent être telles que l'angle d'avance β est choisi aussi petit que possible et l'angle de croisement γ aussi grand que possible, en valeur absolue, dans la plage d'angle négatif. Une diminution de productivité due à l'utilisation d'un angle d'avance β plus petit peut être évitée, de préférence par augmentation de la vitesse de rotation des rouleaux, dans la mesure du possible.

(ii) Il faut noter toutefois qu'une augmentation excessive de la vitesse de rotation des rouleaux peut souvent être une cause de panne et qu'elle n'est pas souhaitable du point de vue de la sécurité. De plus, elle peut avoir plus ou moins un effet négatif sur la prévention de formation de pentagone et la correction d'excentricité de paroi. Par conséquent, lorsqu'on fixe l'angle de croisement dans la plage d'angle positif, il est souhaitable de fixer l'angle d'avance β à une valeur aussi petite que possible et de compenser toute diminution de productivité qui peut en résulter, par fixation d'un angle de croisement relativement grand. Il est également souhaitable, lorsqu'on choisit l'angle de croisement γ dans la plage d'angle négatif, d'utiliser une valeur aussi grande que possible en valeur absolue et de compenser toute diminution de productivité qui en résulte, par le choix d'un angle d'avance aussi grand que possible.

(iii) S'il n'y a pas de difficulté d'équilibre de productivité avec le dispositif d'égalisation d'épaisseur, dans la chaîne de fabrication de tubes, il est avantageux de choisir un angle d'avance aussi petit que possible, avec un angle de croisement γ choisi dans la plage d'angle négatif aussi grand que possible en valeur absolue, ce qui permet d'obtenir une meilleure prévention de formation de pentagone et un plus grand

effet de correction d'excentricité de paroi.

Le procédé décrit ci-dessus est applicable non seulement à une chaîne de mandrinage Mannesmann mais convient également pour la correction d'excentricité de paroi spirale qu'on
5 rencontre avec les machines de mandrinage Mannesmann, les machines à tubes multicages Mannesmann, et les machines de brochage Mannesmann, ainsi que pour la correction de déviation de section excentrique parallèle qui se produit dans les chaînes d'extrusion Ugine-Sejournet et de réduction au banc de poussée
10 Ehrhardt. Bien entendu, ce procédé s'applique aussi à une chaîne de fabrication de tubes qui utilise une machine à percer à presse, au lieu d'une machine à percer Mannesmann.

Pour l'application du procédé suivant l'invention aux diverses chaînes citées ci-dessus, les dispositions suivantes
15 sont recommandées.

(1) Dans une chaîne de mandrinage Mannesmann (four de chauffage → machine à percer Mannesmann → machine de mandrinage → four de réchauffage → machine de réduction à étirage), un dispositif d'égénéralisation d'épaisseur de paroi est prévu de
20 préférence à la sortie de la machine à percer Mannesmann ou, selon les conditions, à la sortie de la machine de mandrinage, pour la correction d'excentricité de paroi. Dans ce cas, la correction d'excentricité de paroi ou l'égénéralisation d'épaisseur de paroi peuvent être effectuées avec des viroles à paroi
25 mince, par exemple t/D de 5 à 15 %.

(2) Dans une chaîne de brochage Mannesmann (four de chauffage → machine à percer Mannesmann → machine d'allongement rotative → machine de brochage → machine à bobine → machine de calibrage), l'opération de correction d'excentricité de paroi ou d'égénéralisation d'épaisseur de paroi est effectuée
30 de préférence à la sortie de la machine de perçage Mannesmann ou, selon les conditions, à la sortie de la machine de brochage. Lorsque le rapport de perçage à la machine de perçage Mannesmann est relativement grand, la machine d'allongement rotative
35 peut être supprimée.

(3) Dans une chaîne multicages Mannesmann (four de chauffage → machine de perçage Mannesmann → machine d'allongement rotative → machine multicages → four de réchauffage →

machine de calibrage), l'opération de correction d'excentricité de paroi est effectuée de préférence à la sortie de la machine de perçage ou de la machine d'allongement rotative ou, dans certains cas, à la sortie de la machine multicages.

5 (4) Dans une chaîne à machine à cylindres obliques épaulés Mannesmann (four de chauffage → machine de perçage Mannesmann → machine à cylindres épaulés → four de réchauffage → machine de calibrage → machine de calibrage rotative), la correction d'excentricité est effectuée de préférence à la
10 sortie de la machine de perçage Mannesmann ou, dans certains cas, à la sortie de la machine à cylindres épaulés. Lorsque le rapport de perçage à la machine de perçage Mannesmann est relativement grand, la machine à cylindres épaulés peut être supprimée.

15 (5) Dans une chaîne à machine "pelerin" Mannesmann (four de chauffage → machine de perçage Mannesmann → machine "pelerin" → machine de calibrage), la correction d'excentricité est effectuée de préférence à la sortie de la machine de perçage Mannesmann ou, dans certains cas, à la sortie de la ma-
20 chine "Pelerin" .

 (6) Dans une chaîne d'extrusion Ugine-Sejournet (four de chauffage → presse verticale → presse horizontale), l'opé-
25 ration de correction d'excentricité de paroi est effectuée de préférence à la sortie de la presse verticale mais, dans certains cas, cette opération peut être effectuée à la sortie de la presse horizontale.

 (7) Dans une chaîne de réduction à banc de poussée Ehrhardt (four de chauffage → presse verticale Ehrhardt →
30 banc de poussée), la correction d'excentricité de paroi est effectuée de préférence à la sortie de la presse verticale Ehrhardt mais peut, dans certains cas, être effectuée à la sortie du banc de poussée.

 Il faut noter que les exemples décrits ci-dessus se
35 rapportent à des cas dans lesquels une machine rotative de type croisé à trois rouleaux est utilisée comme dispositif d'égai-
sation d'épaisseur. Toutefois, le procédé suivant la présente in-
vention s'applique également lorsqu'on utilise une machine

rotative de type croisé à quatre rouleaux. Dans ce cas, on peut obtenir un plus grand effet de correction. Cela peut être facilement déduit du fait que la pression de cylindrage est répartie sur quatre rouleaux. Suivant l'estimation qu'on peut faire, lorsque γ est dans la plage d'angle négatif et que β est relativement petit, on peut obtenir un taux de correction d'excentricité de paroi de 90 % ou davantage. Du point de vue de la construction, une machine rotative de type croisé à quatre rouleaux peut être réalisée seulement par augmentation du nombre des rouleaux disposés autour de la ligne de passage, à partir des trois rouleaux décrits ci-dessus qu'on porte à quatre. Toutefois, l'utilisation de quatre rouleaux complique l'équipement et, par conséquent, il est souhaitable d'utiliser deux des quatre rouleaux comme rouleaux d'entraînement et les deux autres comme rouleaux libres.

Comme décrit ci-dessus, le procédé suivant l'invention utilise une machine rotative de type croisé à trois rouleaux ou quatre rouleaux, comme dispositif d'égalisation d'épaisseur de paroi. Lorsqu'on fait subir aux viroles une réduction de diamètre et de paroi, sans utiliser d'outils de calibrage interne tels qu'un mandrin ou une broche, on peut obtenir un excellent effet de correction sans aucune déformation des viroles telle que la formation de pentagone, sans limiter la vitesse de cylindrage. De plus, l'exécution d'une correction d'excentricité de paroi sur les viroles permet de diminuer sensiblement la déformation de section transversale du produit fini, ce qui améliore donc la qualité du produit. D'autre part, comme effet important de la réduction de diamètre, le nombre de dimensions de billettes servant de produit de base pour la fabrication des tubes peut être réduit.

Bien entendu, des modifications de détail peuvent être apportées dans la forme et la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, sans sortir du cadre de celle-ci.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de tubes métalliques sans soudure, caractérisé en ce qu'il consiste à soumettre la virole (11) en fabrication à une réduction de diamètre extérieur, au moyen d'une machine rotative (3) comportant trois ou quatre rouleaux disposés autour d'une ligne de passage, sans utiliser d'outils de calibrage interne.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la machine rotative est du type croisé comportant trois ou quatre rouleaux disposés autour d'une ligne de passage, les axes de ces rouleaux étant inclinés ou inclinables de manière telle que les extrémités d'arbre, de part et d'autre des rouleaux, se trouvent proches ou éloignées de la ligne de passage, ces axes étant inclinés de manière telle que les extrémités d'arbre, de part et d'autre des rouleaux, soient orientées dans la direction périphérique d'un même côté de la virole en fabrication.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la machine rotative est disposée avec les axes de rouleaux (31) inclinés de manière telle que les extrémités d'arbre du côté d'entrée des rouleaux soient proches de la ligne de passage.

4. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la machine rotative est disposée avec les axes de rouleaux (41) inclinés de manière telle que les extrémités d'arbre du côté d'entrée des rouleaux soient éloignées de la ligne de passage.

5. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la machine rotative est utilisée sans inclinaison des rouleaux.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée dans une chaîne à mandrinage Mannesmann comprenant une machine de perçage (2) Mannesmann et une machine de mandrinage (4), entre l'opération de perçage par la machine de perçage Mannesmann et l'opération d'allongement par la machine de mandrinage.

7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications

1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée, dans une chaîne à mandrinage Mannesmann, après l'opération d'allongement par la machine de mandrinage.

5 8. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée, dans une chaîne à brochage Mannesmann comprenant une machine de perçage Mannesmann, une machine d'allongement rotative et une machine de brochage, entre l'opération de perçage par la machine de perçage Mannesmann et l'opération d'al-
10 longement en rotation par la machine d'allongement rotative, ou entre l'opération d'allongement en rotation par la machine d'allongement rotative et l'allongement par la machine de bro-
chage.

9. Procédé suivant l'une quelconque des revendications
15 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée, dans une chaîne à brochage Mannesmann, après l'opération d'allongement par la machine de brochage.

10. Procédé suivant l'une quelconque des revendications
20 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée, dans une chaîne multicages Mannesmann comprenant une machine de perçage Mannesmann, une machine d'allongement rotative et une machine multicages, entre l'opération de perçage par la machine de perçage Mannesmann et l'opération d'allon-
gement en rotation par la machine d'allongement rotative, ou
25 entre l'opération d'allongement en rotation par la machine d'allongement rotative et l'opération d'allongement par la machine multicages.

11. Procédé suivant l'une quelconque des revendications
30 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée, dans une chaîne à machine multicages Mannesmann, après l'opération d'allongement par la machine multicages.

12. Procédé suivant l'une quelconque des revendications
35 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée, dans une chaîne à machine à cylindres obliques épaulés Mannesmann comprenant une machine de perçage Mannesmann et une machine à cylindres épaulés, entre l'opération de perçage par la machine de perçage Mannesmann et l'opération d'al-
longement par la machine à cylindres épaulés.

13. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée dans une chaîne à machine à cylindres épaulés Mannesmann, après l'opération d'allongement par la machine à
5 cylindres épaulés.

14. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée dans une chaîne à machines à cylindres "pelerins" Mannesmann, comprenant une machine de perçage Mannesmann et une
10 machine "pelerin", entre l'opération de perçage par la machine de perçage Mannesmann et l'opération d'allongement par la machine "pelerin".

15. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée dans une chaîne à machine "pelerin" Mannesmann, après l'opération d'allongement par la machine "pelerin".

16. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée dans une chaîne d'extrusion Ugine-Sejournet, avant
20 ou après l'opération d'extrusion par une presse horizontale.

17. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la réduction de diamètre extérieur est effectuée dans une chaîne de réduction à banc de poussée Ehrhardt, avant ou après l'opération d'allongement par un banc
25 de poussée.

FIG.1

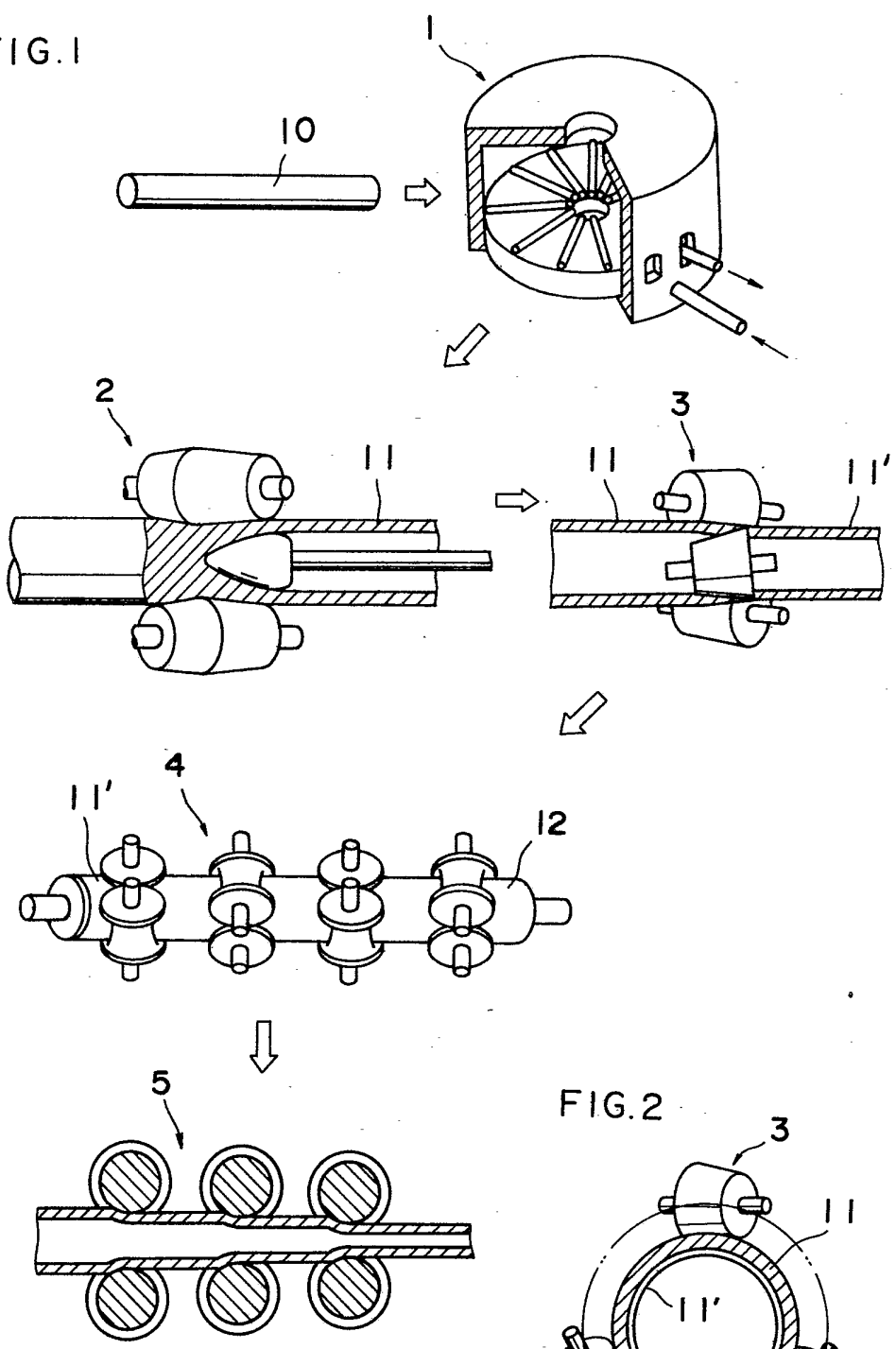


FIG.2

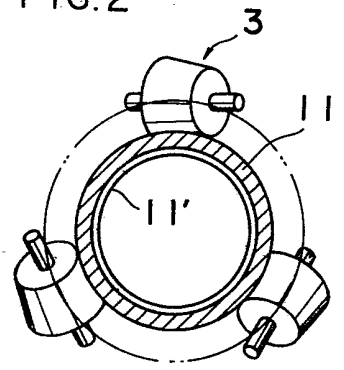


FIG. 3

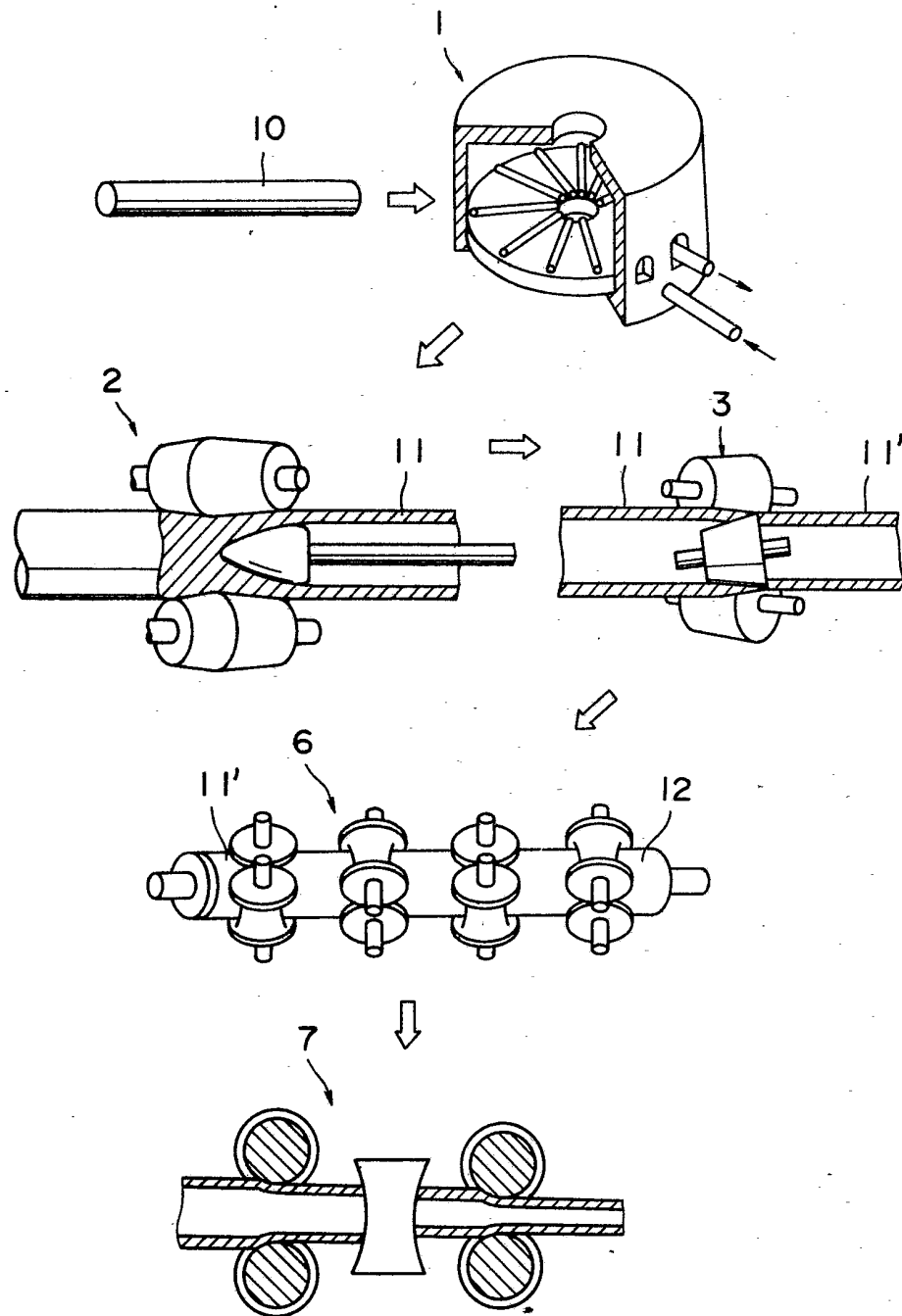


FIG. 4a

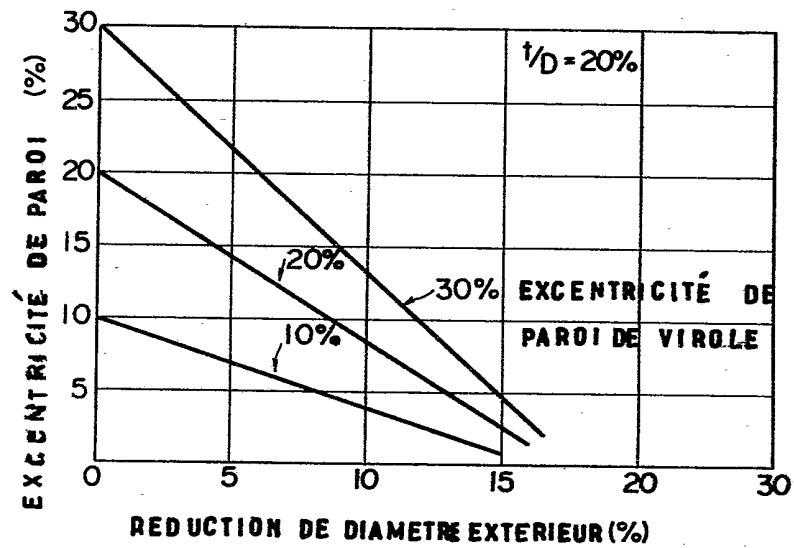


FIG. 4b

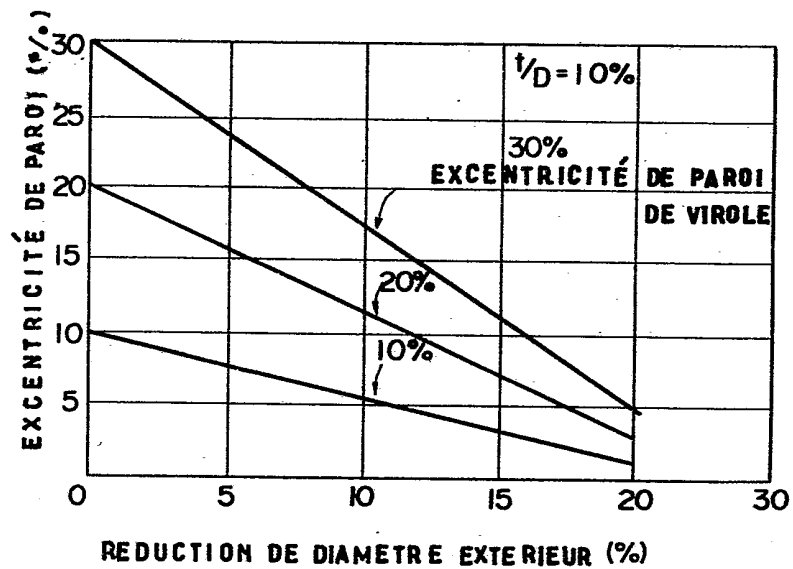


FIG. 5a

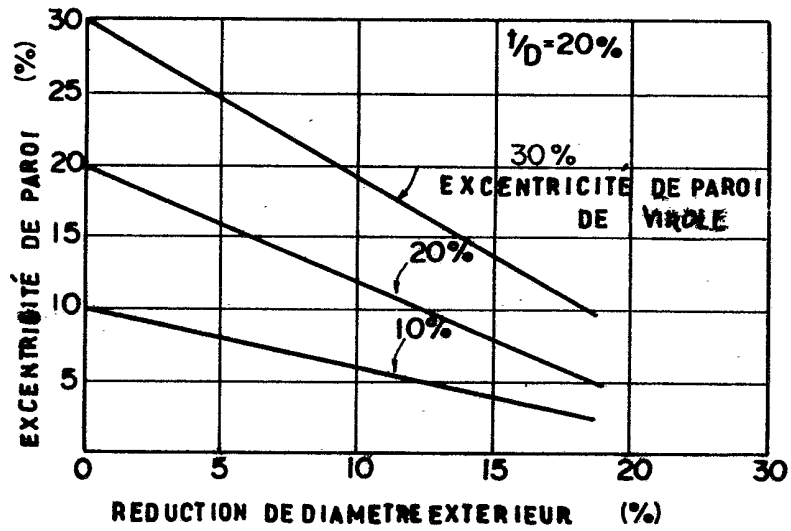


FIG. 5b

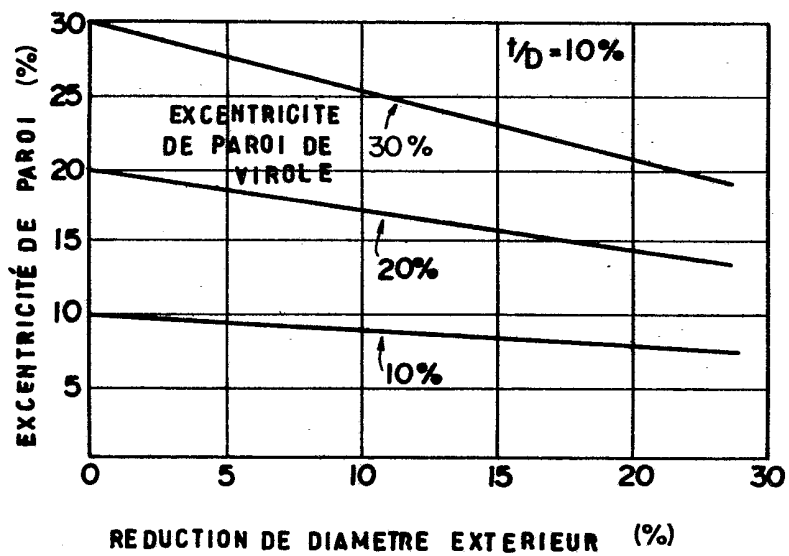


FIG. 6

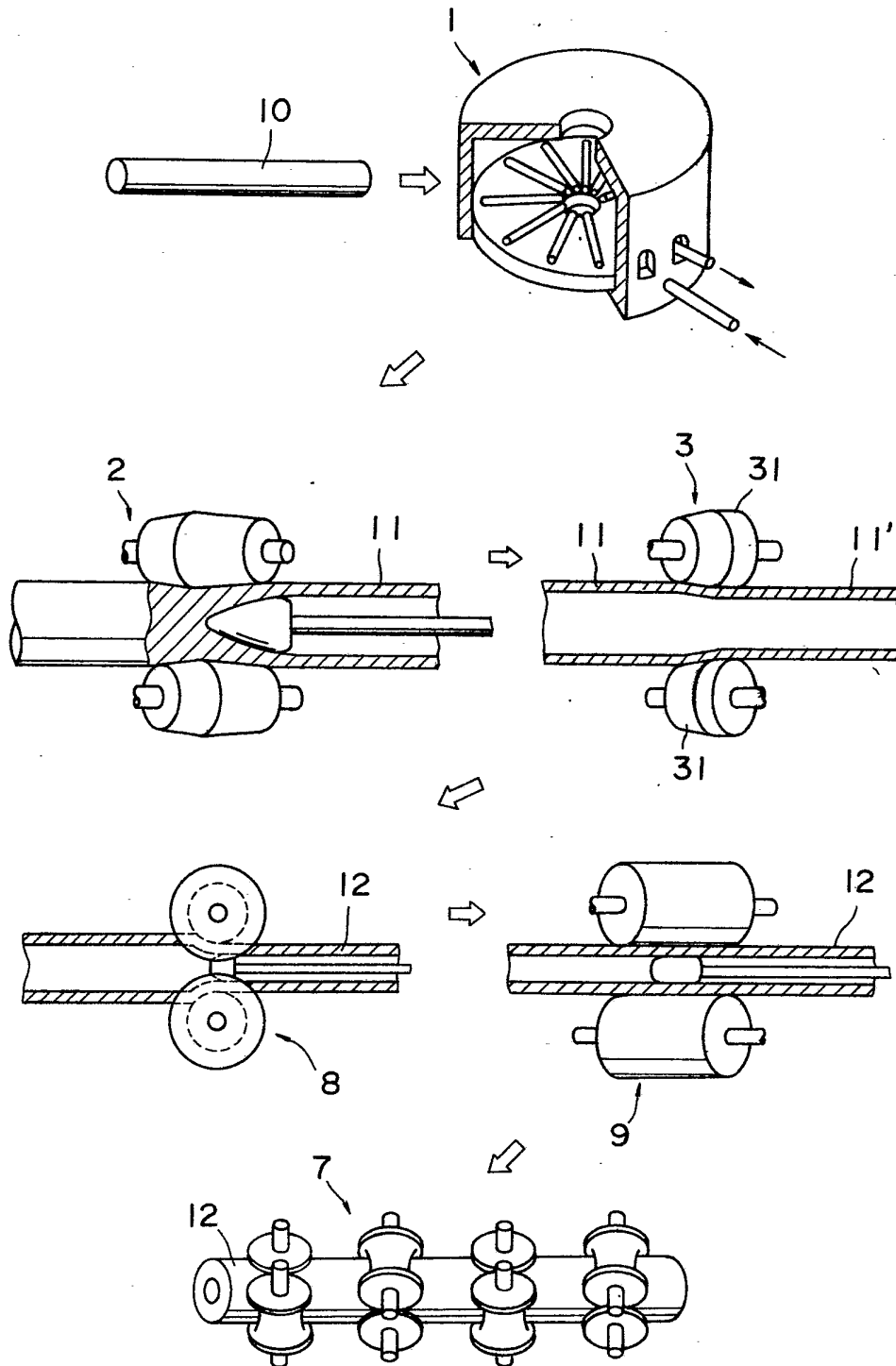


FIG. 7a

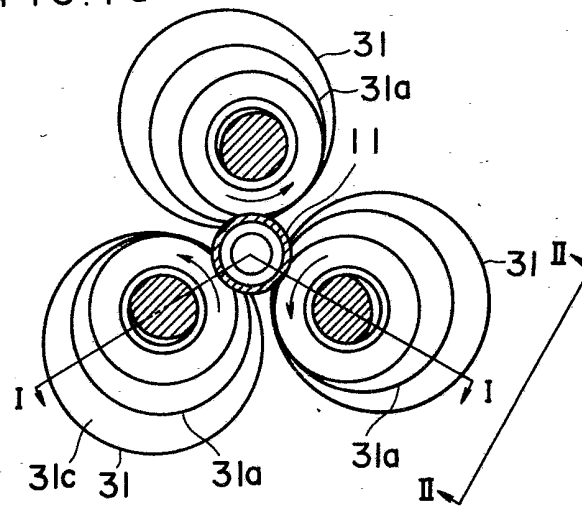


FIG. 7b

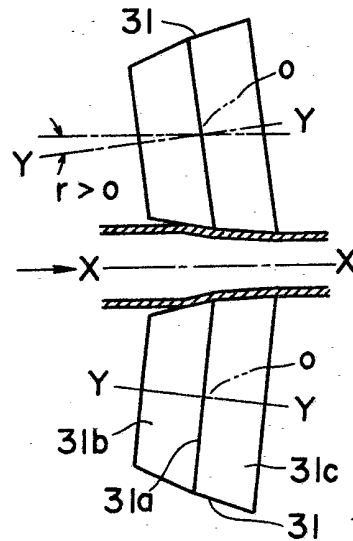
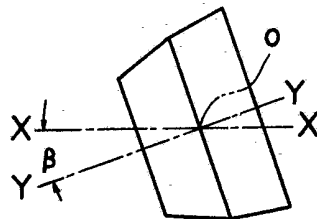


FIG. 7c



7/14

FIG. 8a

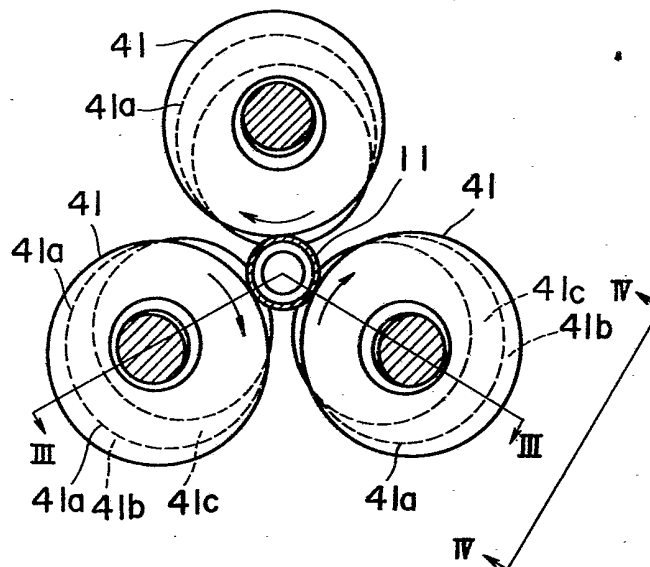


FIG. 8b

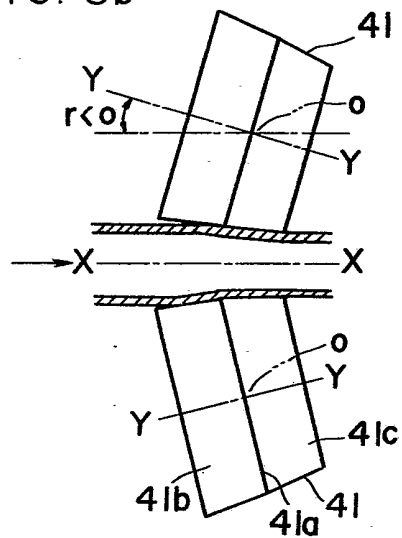


FIG. 8c

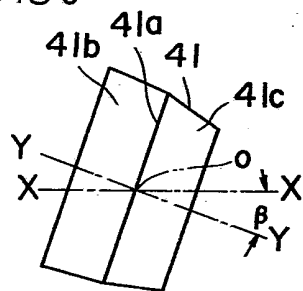


FIG.9

ANGLE D'AVANCE 12°

t/D	ANGLE DE CROISEMENT (γ)					
	+4°	+2°	0°	-2°	-4°	-6°
14 %						
12 %						
10 %						
8 %						
6 %						
4 %						

FIG.10

ANGLE D'AVANCE 8°

t/D	ANGLE DE CROISEMENT (γ)					
	+4°	+2°	0°	-2°	-4°	-6°
14 %						
12 %						
10 %						
8 %						
6 %						
4 %						

FIG.11

ANGLE D'AVANCE 4°

t/D	ANGLE DE CROISEMENT (γ)					
	+4°	+2°	0°	-2°	-4°	-6°
14 %						
12 %						
10 %						
8 %						
6 %						
4 %						

FIG.12

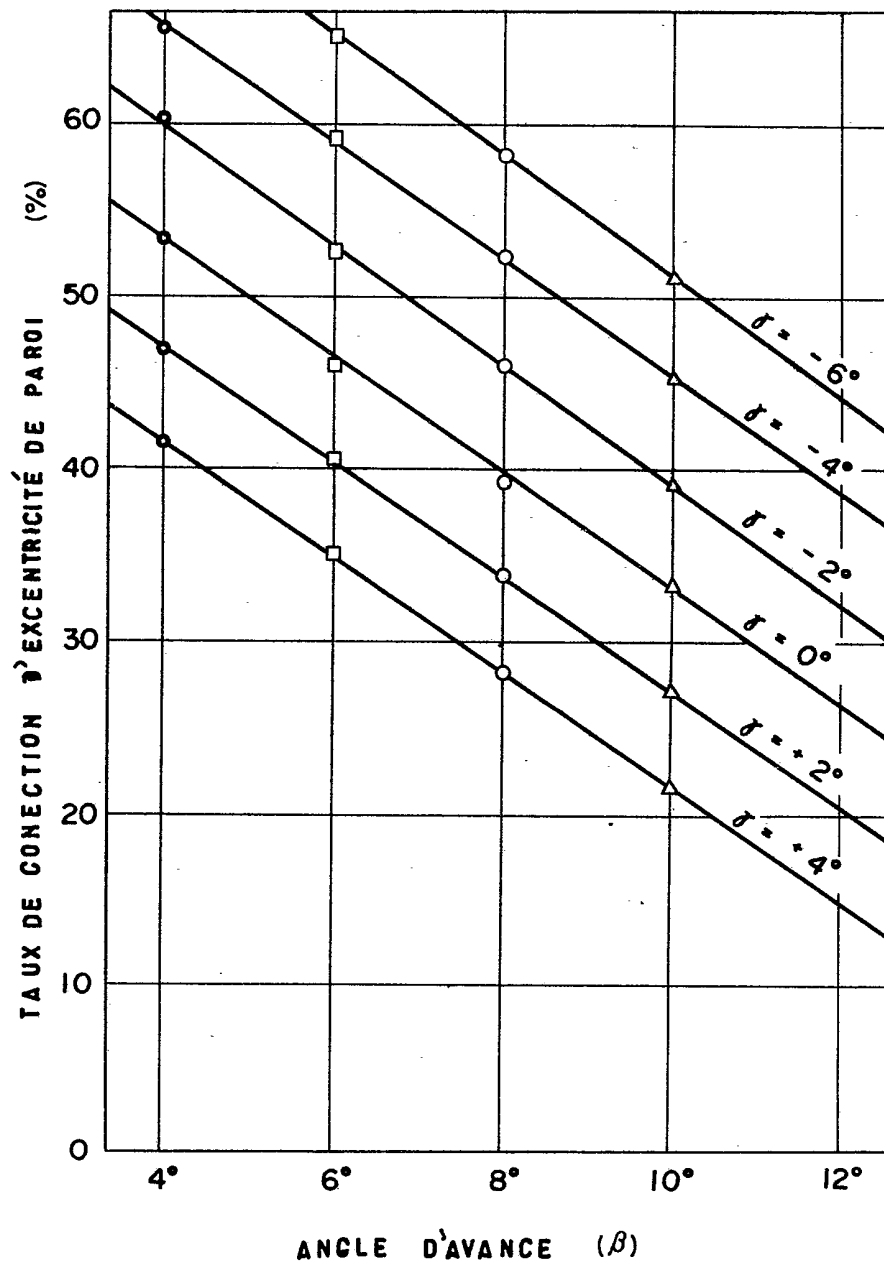
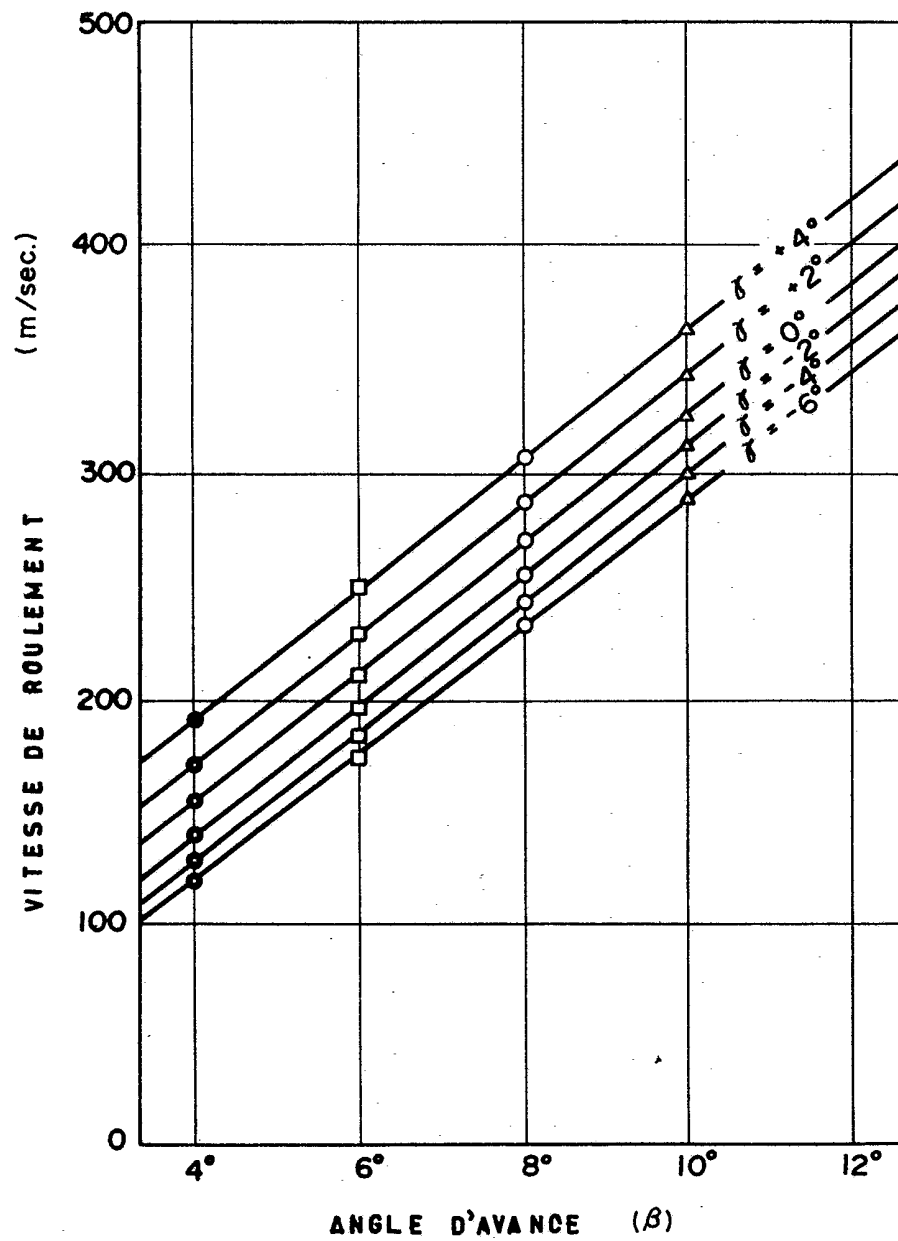


FIG.13



11/14

FIG. 14

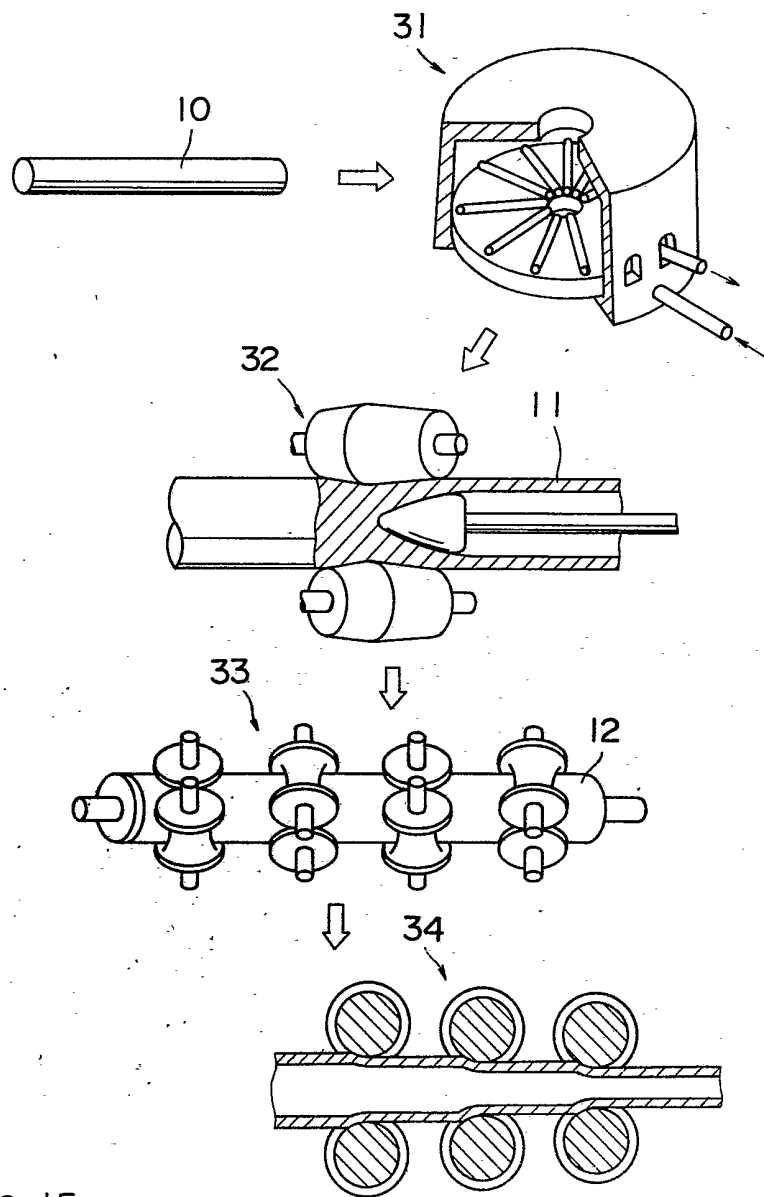


FIG. 15

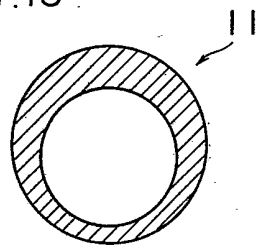


FIG. 16

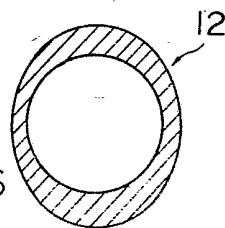


FIG. 17

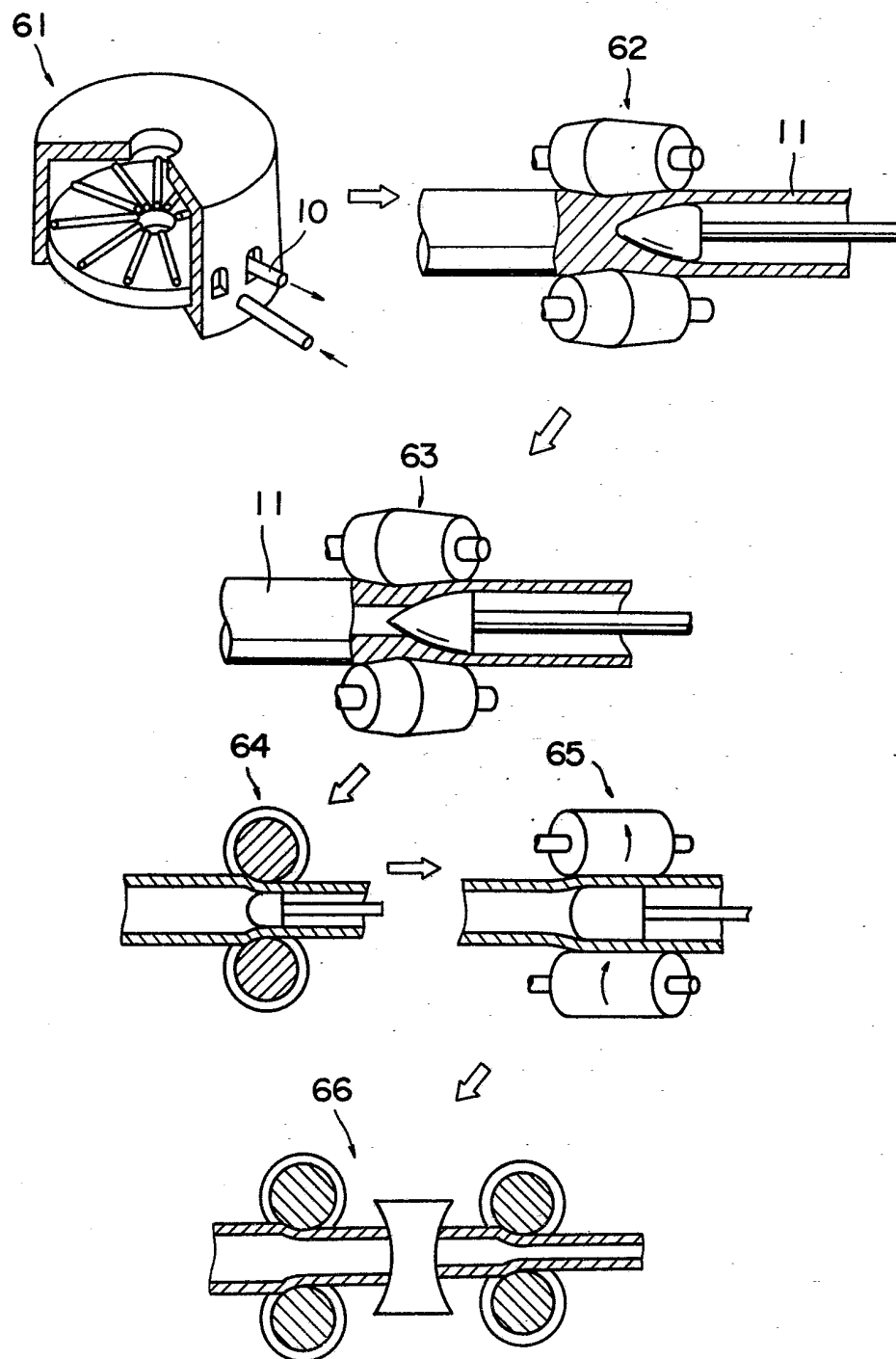
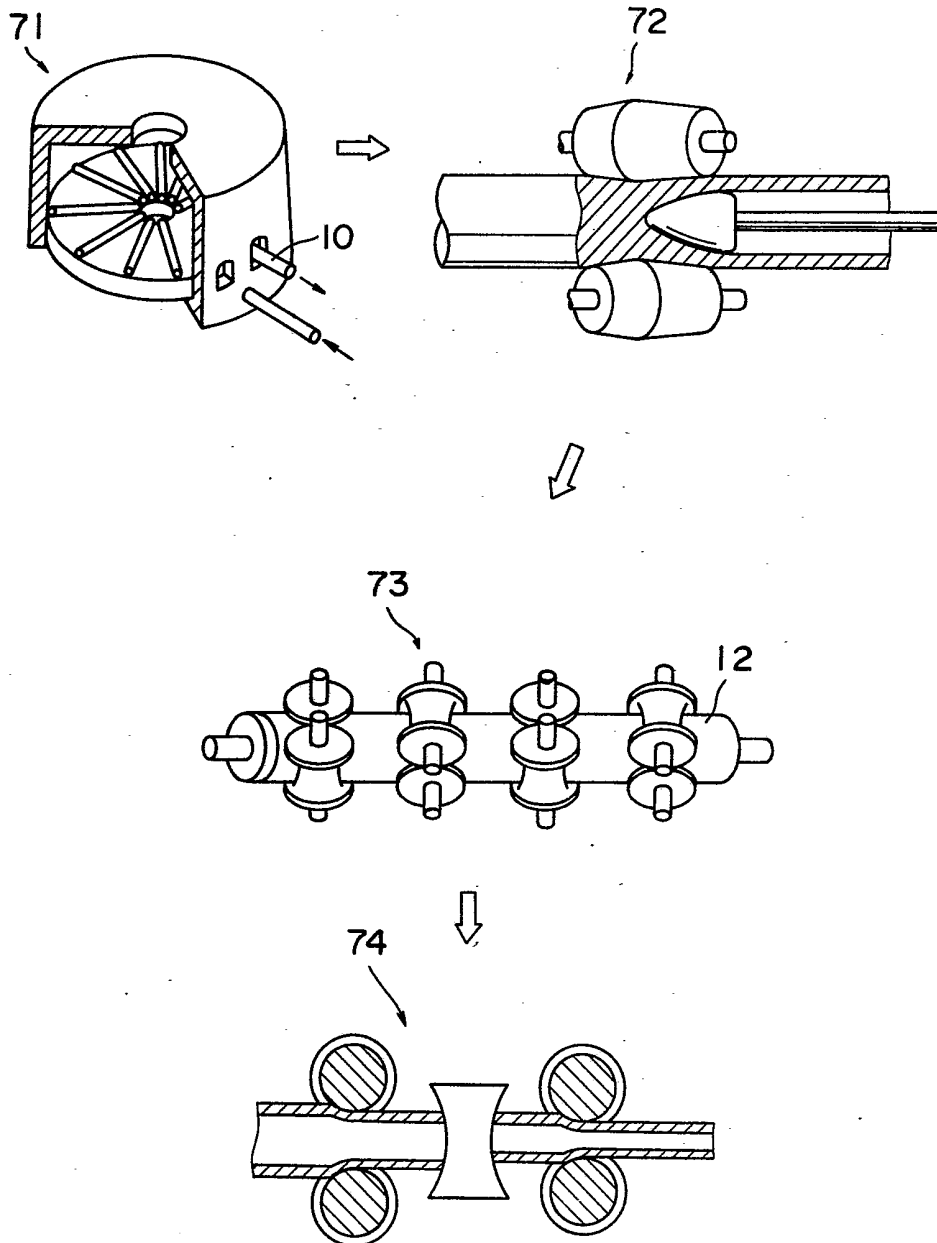


FIG. 18



14/14

FIG. 19

