

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 20689

(54) Profils d'ébauche, leurs procédés d'obtention et perfectionnements apportés au laminage universel des rails.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). B 21 B 1/08.

(22) Date de dépôt..... 4 novembre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 18 du 6-5-1983.

(71) Déposant : SACILOR, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : André Faessel, Gabriel Bernard Mennel et Jacques Marie Michaux.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

- 1 -

Profils d'ébauche, leurs procédés d'obtention et perfectionnements apportés au laminage universel des rails.

L'invention est relative à la fabrication, par laminage universel, des rails de chemin de fer, de ponts roulants et autres types de rails similaires.

Le laminage universel des rails selon le brevet français 1.447.939 peut se décomposer en deux phases. La première phase a pour but la préparation par laminage conventionnel d'une ébauche unique qui sera transformée en rail fini par le laminage universel de la seconde phase. La préparation de l'ébauche unique en première phase se fait généralement sur deux cages duo dégrossisseuses puissantes, en 6 à 8 passes. En partant d'une prise de fer initiale de section rectangulaire (a) (figure 1) l'ébauche unique (b) est formée progressivement dans des cannelures qualifiées d'ouvertes ou roulantes (c) à (e) (figure 3), des cannelures fermées (f) à (h) et une cannelure roulante (i). Selon la définition de W. TAFEL (Theory and Practice of Rolling Steel - Penton Publishing Co, Cleveland, Ohio, 1927), une cannelure est ouverte ou roulante lorsque l'angle formé par les joints de la cannelure avec l'axe des cylindres est inférieur à 60°. Le profil de l'ébauche (b) est, en plus massif, similaire (figure 1) au profil du rail fini qui est représenté en traits hachurés. La partie de l'ébauche unique (b), qui formera le champignon (ch) du rail fini, a un profil curviligne allongé se terminant par un arrondi qui formera la table de roulement (tr) du champignon du rail ; la partie qui formera l'âme (am) du rail fini a un profil à entailles très profondes et celle qui formera le patin (pa) du rail fini présente un profil qui épouse d'assez près les pentes d'écussage du patin (pa).

Dans le laminage universel, par la Demanderesse, selon l'état de la technique, d'un rail d'un poids

- 2 -

au mètre linéaire de 60 kg, à partir d'une prise de fer initiale (a) d'un poids au mètre linéaire d'environ 550 kg, le taux de corroyage, de la prise de fer initiale (a) au rail fini, est de l'ordre de 9,2.

5 Le taux de corroyage de la première phase, c'est-à-dire du dégrossissage par laminage conventionnel de la prise de fer initiale (a) pour former l'ébauche unique (b), est de l'ordre de 3,7. Le taux de corroyage de la
10 seconde phase, c'est-à-dire du laminage universel de l'ébauche unique (b) pour obtenir le rail fini, est de l'ordre de 2,5. Dans la seconde phase de l'état de l'art, l'ébauche unique (b) est laminée par refoulements alternés avec élargissement contrôlé consistant à maintenir constamment la courbure du champignon au
15 cours des déformations successives de l'ébauche, en combinant le corroyage dans une cage universelle, entre quatre cylindres, avec celui d'une cage refouleuse duo, de manière que les élargissements provoqués par une passe universelle soient supprimés par une passe
20 refouleuse suivante, sans qu'il y ait formation de bourrelets.

Les inconvénients de l'état de la technique résultent du profil donné à l'ébauche unique (b), dont les masses constitutives sont pratiquement dans le rap-
25 port de celles du rail fini. Parce qu'elle présente des parties très marquées, qui deviendront ultérieurement le champignon, l'âme et le patin du rail, l'ébauche unique (b) ne peut être formée que progressivement, pratiquement partie après partie. Cette progressivité indispensable présente l'inconvénient de multiplier le nombre de cannelures. Comme il n'est générale-
30 ment pas possible de loger toutes les cannelures requises sur les cylindres d'une seule cage dégrossisseuse qui est habituellement une cage duo, il est indispensable de prévoir ou d'utiliser deux cages. Les cages
35

nécessaires sont massives et coûteuses, ainsi que leurs cylindres.

Comme il n'est pas possible, sur un seul jeu de deux paires de cylindres (soit 4 cylindres en tout pour les deux cages duo dégrossisseuses), de préparer et de former les ébauches uniques (b) de tous les profils de rails de la gamme de fabrication du laminoir, il est indispensable de multiplier les jeux de paires de cylindres dégrossisseurs sans oublier les cylindres de rechange nécessaires, ce qui conduit à maintenir un stock de cylindres considérable. Par ailleurs, les passes dégrossisseuses f à h (figure 3) faites dans des cannelures fermées, non roulantes, limitant l'élargissement du produit par l'intermédiaire des faces latérales de la cannelure, sont génératrices d'usure importante des cannelures. Par exemple, pour un laminage universel de rails dans lequel l'ébauche unique (b) est dégrossie en première phase à l'aide de 8 passes faites en laminage non universel pour être transformée en rail fini en seconde phase, par laminage universel, à l'aide de 6 ou 7 passes (passes universelles et refouleuses) la consommation de cylindres, exprimée en kg de cylindres par tonne de rail fini produit, est de l'ordre de 0,840 kg/tonne pour le dégrossissage de l'ébauche unique (b) en première phase non universelle, soit 0,105 kg/tonne en moyenne par passe, et de 0,210 kg/tonne pour la seconde phase universelle, soit en moyenne 0,035 kg/tonne par passe, c'est-à-dire 3 fois moins. Si les chiffres de consommation moyenne par passe peuvent ne pas être le reflet exact de la réalité pour chacune d'entre elles, l'ordre de grandeur de consommation 3 fois moindre par passe de la seconde phase universelle exprime nettement les inconvénients de la première phase non universelle. L'usure moindre des passes de la seconde phase universelle provient du fait

que ces passes se font toutes en cannelures roulantes. Le profil de l'ébauche unique (b) ne peut pas être formé exclusivement en cannelures roulantes. Des cannelures fermées sont nécessaires.

5 Jusqu'à présent, les prises de fer initiales (a) étaient obtenues par la voie lingot. Le taux de corroyage global entre le lingot et le rail fini, variable selon les conditions locales, était généralement largement supérieur au minimum jusqu'à présent
10 jugé souhaitable pour des raisons métallurgiques, ce taux de corroyage minimum étant de l'ordre de 20 pour les rails laminés par le procédé conventionnel dans lequel le corroyage s'effectue essentiellement en cannelures fermées dont l'effet de forgeage sur le cham-
15 pignon et le patin du rail est faible, lorsqu'on le compare à celui du laminage universel. La voie lingot est actuellement en cours d'abandon, la faveur allant à la coulée continue, plus économique, qui permet d'obtenir directement la prise de fer initiale (a). La
20 coulée continue présente cependant certains inconvénients qui sont inhérents au procédé lui-même, à sa technologie de mise en oeuvre et à l'économie de son exploitation. Les compromis qui doivent être faits
25 pour réduire les frais d'investissement et d'exploitation sont la cause de certains inconvénients qui peuvent devenir critiques pour la fabrication des rails. Une coulée continue ne peut délivrer qu'un nombre
limité de prises de fer initiales. Ces prises de fer initiales arrivent en général au laminoir à rails avec
30 leur structure de solidification intégrale, contrairement aux prises de fer initiales issues de la voie lingot, dont la structure de solidification a déjà été considérablement modifiée par laminage en amont, dans un blooming. On sait que le taux de corroyage global
35 (section lingot), d'un rail laminé à partir d'un métal section rail fini

issu de la voie lingot se situe en général entre 70 et 80. Pour les rails laminés à partir d'une prise de fer initiale de coulée continue, il est généralement accepté que le taux de corroyage global puisse se situer
5 autour de 15. L'optimisation de l'économie de tout le processus de fabrication à partir de la coulée continue, de même que les limites métallurgiques inhérentes à la coulée continue ne permettent guère d'accroître le taux de corroyage global au-delà de 15. Le taux de
10 corroyage global étant indépendant du procédé utilisé pour laminier les rails, il n'est pas possible d'accroître sa valeur. Ceci étant, on peut envisager de compenser son taux réduit par la qualité du corroyage, principalement de celui appliqué sur le champignon et
15 le patin du rail.

Le laminage non universel ne permet pas d'améliorer la qualité du corroyage dans les parties de la section destinée à former le patin et le champignon. Le laminage universel de l'état de l'art, par son taux
20 de corroyage direct de 2,5 environ, appliqué lors de sa seconde phase, c'est-à-dire sa phase universelle, améliore déjà dans une certaine mesure la qualité du corroyage de toutes les parties du rails, dont le patin et le champignon. Il serait souhaitable dans le la-
25 minage universel d'accroître la part du taux de corroyage direct, mais ce n'est pas possible dans l'état de l'art, à cause du profil de l'ébauche unique (b) qui exige, pour sa formation, l'utilisation de cannelures fermées (f) à (h) (figure 3) qui travaillent le
30 métal de façon prépondérante par pressions indirectes sur les parties du rail qui auraient le plus besoin d'être corroyées en pressions directes, à savoir le champignon et le patin. Accroître la section de l'ébauche unique (b) pour augmenter la part du taux de
35 corroyage direct de la seconde phase du laminage uni-

versel des rails, n'apporterait pas une amélioration sensible, parce que cela conduirait à accroître la section de la prise de fer initiale (a) qui ne peut, dans l'état actuel de la technique de la coulée continue, être accrue au-delà d'une certaine limite, pour des raisons métallurgiques de solidification. D'autre part, la coulée continue ne permet pas encore de produire directement une ébauche unique (b) d'une section telle qu'elle puisse être transformée en rail fini avec un taux de corroyage global de 15 appliqué par pressions directes uniquement en laminage universel de la seconde phase.

L'invention a pour but de pallier, selon les cas, tout ou partie des inconvénients résultant du profil de l'ébauche unique (b), par deux nouveaux profils d'ébauches de rail pour laminage universel permettant :

- à partir d'une prise de fer initiale (a) obtenue par la voie lingot ou par coulée continue, de diminuer, d'une part, le nombre de cannelures de la première phase non universelle et, d'autre part, d'y supprimer totalement les cannelures fermées,

- du début à la fin du processus de laminage, de corroyer le métal par pressions directes pour améliorer, par un forgeage plus vigoureux, la qualité des rails produits et, dans le cas de métal de coulée continue, de compenser le taux réduit de corroyage global par un corroyage de meilleure qualité appliqué exclusivement par pressions directes,

- d'accroître la part du laminage universel proprement dit dans le taux de corroyage global pour améliorer la qualité du corroyage des parties du rail telles que le champignon et le patin,

- sa production directe par coulée continue et, par conséquent, son corroyage intégral par laminage universel,

- de diminuer le nombre des cages nécessaires à la première phase non universelle, voire même de les supprimer totalement,

- d'économiser des outillages et des cylindres.

5 Les buts de l'invention sont atteints du fait qu'est proposée une ébauche primaire, issue directement de la coulée continue ou obtenue par dégrossissage d'une prise de fer initiale déjà préformée ou de section rectangulaire, elle-même issue de la coulée
10 continue ou de la voie lingot, l'ébauche primaire se définissant par :

- des faces sensiblement planes, les faces voisines étant reliées par des arrondis,

15 - une symétrie par rapport à un plan longitudinal passant par sa plus grande dimension, ce plan de symétrie étant également celui du rail fini,

- une section sensiblement en forme de T majuscule pouvant se subdiviser pour les besoins de la description et fonctionnellement en trois parties :

- 20 . La première partie, polygonale comprenant cinq faces planes dont deux sont parallèles au plan de symétrie et une lui est perpendiculaire, les plans contenant les deux autres faces étant sécants sur la même droite du
25 plan de symétrie,
- . la deuxième partie, de section rectangulaire de préférence, contiguë à la première partie comprenant deux faces de préférence parallèles au plan de symétrie, lesdites faces pouvant être marquées d'empreintes longitudinales
30 destinées à faciliter le guidage de l'ébauche primaire à son entrée dans la première passe universelle,
- . la troisième partie, de section trapézoïdale,
35 contiguë à la deuxième partie, comprenant

- 8 -

trois faces, une face étant perpendiculaire au plan de symétrie, les plans contenant les deux autres faces étant sécants sur la même droite du plan de symétrie.

- 5 - une variation d'épaisseur de section, d'une extrémité à l'autre, se faisant toujours dans le même sens, c'est-à-dire croissante ou décroissante selon l'extrémité dont on part.

10 L'invention concerne également un procédé de formage primaire d'une prise de fer initiale qui peut être rectangulaire ou avoir déjà été préformée, dans une cannelure roulante, en vue d'obtenir l'ébauche primaire ci-dessus définie.

15 L'invention concerne encore une utilisation de ladite ébauche, à savoir un dégrossissage universel primaire, en une ou plusieurs passes, de l'ébauche primaire, sans passes de refoulement, avec de fortes réductions et des allongements élevés, en travaillant les première et troisième parties de façon prédominante, 20 dans le sens de l'axe de symétrie d'une section du profilé pour les corroyer vigoureusement à coeur, de manière à brouiller et détruire leur structure de solidification, en arrondissant la face à l'extrémité libre de la troisième partie à l'aide d'un galet vertical à 25 profil spécial, tout en favorisant l'expansion des deux autres faces de la troisième partie pour les arrondir.

Avantageusement, le profil donné à la partie active du galet vertical côté champignon, se définit par une (ou plusieurs) forme polynomiale.

- 30 Celle-ci peut être telle qu'elle corresponde respectivement à l'une et l'autre des branches de la parabole cubique du solide d'égale résistance inscrit dans la profondeur du galet diminuée du rayon du congé extérieur et dans sa demi hauteur diminuée de la partie 35 du fond plat.

Le procédé de l'invention est avantageusement
suivi d'un formage secondaire de l'ébauche secondaire,
en cannelure roulante, en une ou plusieurs passes,
avec application de réductions significatives sur toutes les parties du profil laminé sauf sur la table de
roulement et la base du patin.

Avantageusement, ce procédé est conçu pour
obtenir une ébauche secondaire, formée à partir de la
barre issue du dégrossissage universel primaire, dont
les masses sont pratiquement dans le rapport de celles
du rail fini, et se distinguant de l'ébauche unique
b de l'état de l'art par :

- . des bourrelets aux raccordements des flancs
du champignon avec les pentes d'éclissage
supérieures,
- . des flancs de champignon concaves,
- . une table de roulement de forme aplatie,
- . une section plus proche de celle du rail
fini.

Le procédé comprenant le formage secondaire
peut encore être suivi d'un laminage conventionnel de
l'ébauche secondaire et former ainsi un procédé perfectionné de laminage universel des rails comprenant :

- . lorsque la prise de fer initiale est déjà
préformée ou est de section rectangulaire,
une phase de formage primaire d'une ébauche
primaire,
- . une phase de dégrossissage universel primaire
de l'ébauche primaire,
- . une phase de formage secondaire d'une ébauche
secondaire,
- . une phase de laminage de l'ébauche secondaire
par le procédé universel de l'état de
l'art, pour produire le rail fini.

Les caractéristiques de l'invention ressorti-

- 10 -

ront de la description ci-après des réalisations préférentielles. La description est faite avec référence aux dessins annexés pour lesquels :

5 - les figures 1 et 2 représentent comparative-
ment :

Figure 1 : dans le procédé universel de laminage de l'état de l'art, le profil (a) de la prise de fer initiale de section rectangulaire, le profil (b) de l'ébauche unique de l'état de l'art, en hachures la section du rail fini, l'axe de symétrie du rail fini est désigné par YY' et son axe neutre par XX'.

10 Figure 2 : dans la présente invention, le profil de la prise de fer initiale de section rectangulaire (a), le profil de l'ébauche primaire 1 de l'invention, en hachures la section du rail fini et enfin le profil de l'ébauche secondaire 13 de l'invention.

15 - Les figures 3 et 4 représentent comparative-
ment :

Figure 3 : dans le procédé universel de laminage de l'état de l'art, le dégrossissage d'une prise de fer initiale (a) de section appropriée, non représentée.

20 Figure 4 : dans la présente invention, la cannelure 2 de formage de l'ébauche primaire 1 à partir d'une prise de fer initiale déjà préformée ou de section rectangulaire appropriée, non représentée.

25 - La figure 5 représente la section transversale de l'ébauche primaire 1 subdivisée en trois parties A, B et C, pour les besoins de sa description.

30 - La figure 6 représente schématiquement le dégrossissage universel primaire de l'invention, en trois passes I à III, ainsi que la passe IV de formage secondaire selon l'invention, de l'ébauche secondaire 13 de l'invention.

35 - La figure 7 représente schématiquement la séquence des passes du laminage universel selon l'é-

tat de l'art (la passe finisseuse n'étant pas représentée).

5 - La figure 8 représente schématiquement une passe de dégrossissage universel primaire de l'invention avec indication des forces appliquées sur et dans l'ébauche primaire 1.

 - La figure 9 représente schématiquement le profil selon l'invention de la partie active du galet vertical côté champignon.

10 - La figure 10 représente schématiquement et partiellement une partie du cylindre horizontal supérieur, une portion de l'ébauche primaire 1 ainsi qu'une portion du champignon du rail dans les positions d'attaque a et de sortie s des passes I et II du
15 dégrossissage universel primaire de l'invention.

 - La figure 11 est un agrandissement de la représentation de la passe IV de formage secondaire de l'invention de la figure 6:

20 Pour atteindre certains des buts fixés, l'ébauche primaire 1 de l'invention (figures 5 et 2) ne comporte préférentiellement que des faces planes reliées par des arrondis. Elle présente une section en forme de T couché que l'on peut théoriquement subdiviser, pour des raisons fonctionnelles et pour les
25 besoins de sa description, en trois parties désignées par A, B et C. La partie A qui correspond à la petite branche du T, est de section polygonale. Elle préfigure la forme du patin (pa) du rail fini. La grande
30 branche du T peut être subdivisée en une partie centrale B, de section sensiblement rectangulaire, contiguë à la partie A, et en une partie C contiguë à la partie B, de section trapézoïdale biseautée de son côté libre. Le profil de l'ébauche pri-
35 maire 1 est symétrique par rapport à un plan horizontal représenté par sa trace YY' sur le plan de la

section de l'ébauche primaire 1. Le plan et sa trace YY', désignés ci-après respectivement par plan et axe de symétrie YY', sont également le plan et l'axe de symétrie de la section de la prise de fer initiale (a) et du rail fini. La partie A de l'ébauche primaire 1 est la seule à être légèrement préformée. Elle comprend cinq faces préférentiellement planes. Deux faces sont parallèles au plan de symétrie YY', une lui est perpendiculaire. Les plans contenant les deux autres faces lui sont sécants sur la même droite. La partie B, qui n'est pas préformée, comprend deux faces préférentiellement planes et parallèles au plan YY'. Si on la compare à la partie correspondante de l'ébauche unique (b) de l'état de l'art, la partie B a une épaisseur qui diffère peu de celle de la prise de fer initiale (a) et encore moins de celle de la partie A.

La partie C comprend une face préférentiellement plane, perpendiculaire au plan YY' et deux faces planes inclinées dont les plans qui les contiennent concourent sur la même droite du plan YY', du côté libre de la partie C. De ce fait, l'épaisseur de cette partie C, qui est identique à celle de la partie B à l'interface des deux parties, diminue selon une pente constante vers le côté libre de la partie C. Le profil donné à l'ébauche primaire 1 est aussi proche que possible du profil rectangulaire compatible avec les contraintes liées à l'écoulement du métal lors du laminage universel consécutif. Contrairement à l'ébauche unique (b) de l'état de l'art, pour l'ébauche primaire 1 de l'invention, la variation d'épaisseur d'une extrémité à l'autre se fait pratiquement toujours dans le même sens.

L'ébauche primaire 1 est formée dans une cannelure roulante 2 de l'invention, telle que représentée en figure 4, à partir d'une prise de fer initiale

éventuellement préformée ou de section (a) appropriée, non représentée. La prise de fer initiale (a) peut être obtenue directement par coulée continue, ou par la voie lingot. L'un des avantages considérables que procure l'ébauche primaire 1 apparaît nettement de la comparaison du dégrossissage de l'ébauche unique (b) (figure 3) et du formage primaire de l'ébauche primaire 1 (figure 4). A partir d'une même prise de fer initiale de section appropriée, une seule cannelure suffit (cannelure 2) pour former l'ébauche primaire 1 de l'invention, alors qu'il en faut 6 à 8 pour former l'ébauche unique (b) de l'état de l'art. L'ébauche primaire 1 permet donc la suppression de six cannelures dont 3 fermées génératrices d'usure importante. Cette réduction du nombre de cannelures a une incidence considérable sur les frais de fabrication et les frais d'investissement d'un laminoir à rails.

La diminution du nombre de cannelures - et surtout la suppression des cannelures fermées génératrices de grande usure, comme les cannelures (f), (g) et (h) (figure 3) - permet de réduire considérablement la consommation de cylindres à la tonne de rail produite. La durée de vie de la cannelure 2 plus élevée que celle des cannelures (f) à (h), permet d'augmenter la durée des campagnes de laminage et la durée de vie des cylindres. La durée de vie accrue des cylindres permet d'en réduire le stock nécessaire. La diminution du stock nécessaire peut être optimisée en logeant sur un même jeu de cylindres (ou deux jeux de cylindres selon le cas) un plus grand nombre, voire même la totalité des cannelures 2 de formage primaire des ébauches primaires 1 nécessaires pour assurer tout le programme de fabrication de rails d'un laminoir. Alors que sur un train universel à rail disposant de deux cages dégrossisseuses duo on ne pouvait, à de très rares ex-

ceptions près, former l'ébauche unique (b) que d'un seul profil de rail, l'invention peut permettre, en fonction de la longueur de table des cylindres, de logger une pluralité de cannelures 2 pour former la totalité ou la majeure partie des ébauches primaires 1 des profils de rails de la gamme de production du train universel à rails. En outre, si on a pris la précaution de prévoir des cannelures de réduction de la prise de fer initiale, le train à rails peut être alimenté en prises de fer initiales de section quelconque en particulier la même pour un grand nombre de profils de rails, ce qui est un avantage considérable permettant de rentabiliser au mieux la filière de production amont (voie lingot ou coulée continue). Il est également envisageable, pour des raisons d'économie d'exploitation, de n'utiliser qu'une seule cage duo pour former l'ébauche primaire 1. Cette cage duo unique, qui n'a pas à être aussi coûteuse qu'une cage dégrossisseuse appelée breakdown, peut être, par exemple, une cage refouleuse de la partie universelle du train à rails, placée de préférence en amont de la première cage universelle.

Dans le cas d'un train neuf, l'investissement nécessaire serait considérablement diminué par la suppression d'une cage et de ses auxiliaires (moteurs, train de rouleau, gain de place, etc....). Les quelques exemples indiqués montrent suffisamment les voies à explorer pour tirer l'avantage maximum sur le plan économique des possibilités offertes par l'ébauche primaire 1 pour qu'il ne soit pas nécessaire de les énumérer de façon exhaustive et fastidieuse dans tous les cas de figure possibles. Les avantages que procure l'ébauche primaire 1 sur le plan métallurgique méritent également qu'on s'y arrête. Elle permet de laminier le métal exclusivement par pressions directes, ce

qui n'était pas le cas jusqu'à présent avec l'ébauche unique (b). Pour un métal issu de la voie lingot et pour un taux de corroyage global inchangé, l'ébauche primaire 1 permet d'améliorer la qualité du corroyage parce qu'il est fait par pressions directes exclusivement. En outre, comme il apparaît clairement sur la figure 2, la hauteur 3 de l'ébauche primaire 1 étant supérieure à la plus grande dimension 4 de la prise de fer initiale (a), le corroyage subséquent des parties constituant le champignon et le patin du rail est encore plus énergique que dans l'état de l'art. Comme le montre la figure 2, les parties hachurées horizontalement 5 et 6 de l'ébauche primaire 1 sortent du profil de la prise de fer (a), contrairement à l'ébauche unique (b) de l'état de l'art qui s'inscrit totalement dans la prise de fer initiale (a). L'ébauche primaire 1 permet, lorsque le taux de corroyage global est moindre (avec des prises de fer initiales de coulée continue), de compenser le taux de corroyage global réduit par la qualité du corroyage du métal qui est forgé plus vigoureusement et plus à coeur, par des pressions directes exclusivement, d'abord en phase de formage primaire, dégrossissage universel primaire et formage secondaire de l'invention, et ensuite selon l'état de l'art du laminage universel des rails.

Le nombre réduit de passes nécessaires pour la former et la forme massive et ramassée de l'ébauche primaire 1 réduisent les déperditions de chaleur. La température est plus homogène et le reste plus longtemps dans les différentes parties de l'ébauche primaire 1. Pour faciliter le guidage de l'ébauche primaire 1 à son entrée dans la première passe universelle, on peut marquer une empreinte longitudinale de faible profondeur dans chacune des faces planes de la deuxième partie (B) de l'ébauche primaire.

Ainsi que cela a été mentionné, l'invention apporte également des perfectionnements au laminage universel des rails constituant la seconde phase de l'état de l'art. Le premier de ces perfectionnements est relatif à un dégrossissage universel primaire, le second à une passe roulante non universelle de formage secondaire, d'un type nouveau, en laminage universel des rails, insérée entre le premier perfectionnement et le procédé de l'état de l'art. Le troisième concerne une nouvelle forme d'ébauche qualifiée de secondaire, destinée au laminage universel des rails selon l'état de l'art. Le perfectionnement apporté à la seconde phase du procédé de laminage universel des rails de l'état de l'art consiste en un dégrossissage universel primaire, fait exclusivement en passes universelles, sans passes de refoulement. Il s'écarte donc en cela de l'enseignement de l'état de l'art qui indique l'alternance des passes universelles et des passes refouleuses.

La figure 6 montre une séquence en trois passes du dégrossissage universel primaire de l'invention. Les passes universelles, faites entre des cylindres horizontaux 7 et 8 et des galets verticaux 9 et 10, travaillant dans un même plan, sont numérotées de I à III et leur succession est indiquée par des flèches. Le profil de la barre entrant dans une passe est dessiné en traits pointillés. Celui de la barre à la sortie d'une passe est dessiné en traits pleins et sa section de sortie est figurée par des hachures. L'élargissement E1 provoqué sur chaque joue du champignon lors de la passe I de l'invention n'est pas supprimé par la passe suivante. Il est au contraire accentué par l'élargissement additionnel E2 de la passe II de l'invention. L'élargissement E3 de la passe III de l'invention s'ajoute aux élargissements E1 et E2. La

figure 7 montre, à titre de comparaison, le dégrossissage mixte universel et non universel de l'état de l'art comportant une séquence de trois passes universelles de l'état de l'art (passes I', III' et V'), chaque passe universelle étant suivie d'une passe refouleuse non universelle (passes II', IV' et VI'). L'élargissement provoqué sur les joues du champignon lors de chaque passe universelle est supprimé par la passe refouleuse qui la suit. Les traits pointillés et pleins, ainsi que les hachures ont les mêmes significations que sur la figure 6.

L'élargissement E'1 produit par la passe I' de l'état de l'art est supprimé par la passe II' qui la suit et ainsi de suite. L'un des principes du dégrossissage universel primaire de l'invention est d'assurer le maximum de réduction du métal par pressions directes selon l'axe des YY' (figures 2 et 5), dans les parties C et A de l'ébauche primaire 1 devant respectivement former le champignon et le patin du rail. Le patin et le champignon qui sont les plus sollicités en voie seront ainsi mieux corroyés par des pressions directes à fortes réductions appliquées selon l'axe du profil le plus sollicité lors de l'utilisation du rail.

L'âme du rail est formée par pressions directes selon l'axe des XX'. La figure 8 montre la section de la barre à sa sortie d'une passe quelconque du dégrossissage universel primaire. La section de la barre est pour les besoins de l'explication subdivisée en parties A', B', et C' qui sont issues des parties A, B et C de l'ébauche primaire 1 et qui formeront respectivement le patin, l'âme et le champignon du rail fini. Les forces exercées sur la barre par les galets verticaux et cylindres horizontaux sont désignées respectivement par Fp, Fa et Fc lorsqu'elles s'appliquent sur les parties patin, âme et champignon de la barre. Selon l'in-

vention, on a donné à la partie B de l'ébauche primaire 1 une largeur qui sera pratiquement celle de l'âme de la barre au cours de la passe I (figure 6) de l'invention. Selon l'invention, la formation de l'âme par pressions directes exercée par les forces Fa (figure 8) selon l'axe des XX' se fait sans élargissement de l'âme, c'est-à-dire de la partie B'. La formation de l'âme par pressions directes exercées par les forces Fa selon l'axe des XX' engendre aux interfaces de la partie B' avec les parties A' et C' des forces (fi) et des écoulements de métal qui s'opposent à l'effet des forces Fc et Fp dans les parties C' et hors de l'empreinte des cylindres horizontaux. Les flancs des cylindres horizontaux exercent de leur côté des forces F'c sur le champignon et F'p sur le patin. La formation de la partie C de l'ébauche primaire 1, et plus particulièrement des flancs (fc) du champignon, de la table de roulement (tr) et de leurs congés de raccordement est assurée par un profil nouveau donné à la partie active du galet vertical 10 situé du côté du champignon. On donne (figure 9) à la partie active du galet vertical 10 côté champignon une courbure telle qu'elle favorise, à partir des points d'attaque successifs Poa1, Poa2, Poa3 (figure 10) de l'ébauche primaire 1 par le galet vertical 10, les élargissements E1, E2, E3 (figure 6) des flancs du champignon.

La courbure de la partie active du galet vertical 10 côté champignon présente, pour ce faire, un profil P1 P2 P3 P4 P5 P6 qui se définit par une ou plusieurs formes polynomiales favorisant l'écoulement plastique du métal (figure 9). Dans une variante, la forme polynomiale peut être telle qu'elle corresponde à la branche P2 P3 de la parabole eubique du solide d'égale résistance inscrit dans la profondeur Pr du galet vertical 10 diminuée du rayon R du congé extérieur

et dans sa demi-hauteur $\frac{H}{2}$ diminuée de la partie P3 P4 du fond plat du galet vertical 10. Le profil du galet vertical 10 étant symétrique par rapport à l'axe des YY', il va sans dire que la définition ci-dessus s'ap-
5 plique également à l'autre moitié du profil, à savoir P3 P4 P5 P6. La figure 10 montre le galet vertical 10 et la partie C de l'ébauche primaire 1 pendant la passe I, Poa1 étant le point d'attaque du galet 10 sur l'ébauche primaire 1, Poa2 étant le point de sortie
10 du galet 10 sur le flanc (fc) du champignon. On remarquera que pour la passe II le point Poa2 devient point d'attaque et Poa3 sera le point de sortie et ainsi de suite. Les positions du cylindre horizontal 7 sont également indiquées. Un autre but est d'empêcher
15 la formation d'arêtes sur les congés de raccordement. Le rail issu de la dernière passe de dégrossissage universel primaire est laminé entre deux cylindres horizontaux supérieur 11 et inférieur 12 (figure 6 passe IV) dont seule la partie active est représentée. La
20 passe IV de l'invention n'est pas une passe de refoulement du type des passes II', IV' et VI' de l'état de l'art (figure 7). Le rail y est laminé dans toute sa section avec de fortes réductions, par pression directe selon le plan YY' pour qu'en particulier les parties
25 libres non corroyées dans les passes universelles précédentes I, II et III, parties libres (figure 11) telles que les flancs du champignon (fc), les extrémités du patin (ep), les portées d'éclissage supérieures (pes) et inférieures (pei) et leurs congés de raccordement
30 soient soumises à une forte action de forgeage.

A ce stade, le profil obtenu à la passe IV doit présenter une très bonne caractéristique de symétrie par rapport au plan YY', d'équilibre des demi-sections des parties patin et champignon, c'est-à-dire
35 la forme générale définie pour subir les opérations de

laminage universel de l'état de l'art du brevet français 1.447.939. Cette ébauche secondaire 13 (figure 11) de l'invention ainsi préparée se caractérise par des bourrelets 14 situés entre les portées d'éclissage supérieures (pes) et les flancs du champignon (fc) ainsi que par une forme concave des flancs 15 du champignon. Ces bourrelets et cette forme concave constituent une réserve de métal qui, entretenue et affinée par l'action des passes de refoulement II', IV' et VI', permettra de former avec précision le profil du rail fini au niveau des flancs du champignon, des portées d'éclissage supérieures et de leurs rayons de raccordement pendant la passe finisseuse.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Ebauche primaire, obtenue directement par coulée continue ou par dégrossissage d'une prise de fer initiale déjà préformée ou de section rectangulaire, destinée à être transformée en rail fini à l'aide
- 5 de passes universelles faites entre deux cylindres horizontaux et deux galets verticaux d'au moins une cage universelle, de passes refouleuses faites entre deux cylindres horizontaux et éventuellement un galet vertical d'au moins une cage duo, trio ou semi-universelle, d'une passe finisseuse faite entre deux cylindres horizontaux et un ou deux galets verticaux d'une cage semi-universelle ou universelle,
- 10 c a r a c t é r i s é e en ce que :
- elle comporte des faces sensiblement planes, les
- 15 faces voisines étant reliées par des arrondis,
- elle présente une section en forme générale de T majuscule comportant trois parties distinctes (A, B et C), la première partie (A), constituée par la petite branche du T, étant destinée à former le patin du rail, les deuxième et troisième parties (B et C),
- 20 constituées par la grande branche du T, étant destinées à former respectivement l'âme et le champignon du rail,
- son profil est symétrique par rapport à un plan
- 25 longitudinal (YY') passant par sa plus grande dimension,
- la première partie (A), de section polygonale, comprend cinq faces planes, dont deux sont parallèles au plan de symétrie (YY'), une lui est perpendiculaire,
- 30 les plans des deux autres faces étant sécants sur la même droite du plan de symétrie (YY'),
- la deuxième partie (B), de section rectangulaire, contiguë à la première partie (A), comprend deux faces

- planes, parallèles au plan de symétrie (YY'),
- la troisième partie (C), contiguë à la deuxième
partie (B), comprend trois faces planes, une étant
perpendiculaire au plan de symétrie (YY'), les plans
5 contenant les deux autres faces étant sécants sur la
même droite du plan de symétrie (YY') vers le côté li-
bre de la troisième partie C,
- la variation d'épaisseur de sa section, d'une extré-
mité à l'autre, se fait toujours dans le même sens.
- 10 2. Ebauche primaire de la revendication 1,
c a r a c t é r i s é e en ce que sa deuxième partie
(B) comporte sur chacune de ses faces une rainure lon-
gitudinale destinée à assurer son guidage dans la pre-
mière passe universelle.
- 15 3. Procédé de formage primaire d'une prise de
fer initiale déjà préformée ou de section rectangulaire
(a) issue de la coulée continue ou de la voie lingot,
pour former l'ébauche primaire (1) des revendications
1 et 2, c a r a c t é r i s é en ce que la prise de
20 fer initiale (a) est laminée exclusivement en canne-
lure roulante.
4. Procédé utilisant l'ébauche primaire (1) des
revendications 1 à 2, pour le dégrossissage universel
primaire de ladite ébauche en une ou plusieurs passes
25 universelles faites entre deux cylindres horizontaux
(7,8) et deux galets verticaux (9,10), en vue d'obtenir
une barre dégrossie,
c a r a c t é r i s é en ce que :
- l'ébauche primaire (1) est dégrossie exclusivement
30 en universel, sans passe de refoulement,
- les réductions appliquées et les allongements sont
conjugués pour que les forces internes engendrées par
les pressions des cylindres (7,8) et galets (9,10) sur
l'ébauche primaire (1) y provoquent des mouvements in-
35 ternes du métal dans le plan de travail des cylindres et

des galets, d'une part de la portion centrale de la deuxième partie (B) de l'ébauche primaire (1) vers ses première et troisième parties (A et C) et, d'autre part, des portions des première et troisième parties (A et C) de l'ébauche primaire (1) en contact avec les cylindres (7,8) et galets (9,10), lesdits mouvements de métal étant centrés vers les coeurs des première et troisième parties (A et C) pour y brouiller et détruire, par leurs collisions, la structure de solidification,

- il est donné à la partie active du galet vertical côté champignon (10) un profil curviligne (P1, P2, ... P6) tel que les portions des faces de la troisième partie (C) devant former la table de roulement (tr), des portions des flancs (fc) du champignon ainsi que les épaulements de roulement qui les raccordent soient arrondies,

- les réductions et allongements appliqués ainsi que les profils donnés aux parties actives des cylindres et galets favorisent par prépondérance le corroyage de la troisième partie (C) de l'ébauche primaire ainsi que l'élargissement des portions de ses faces devant former les flancs du champignon du rail.

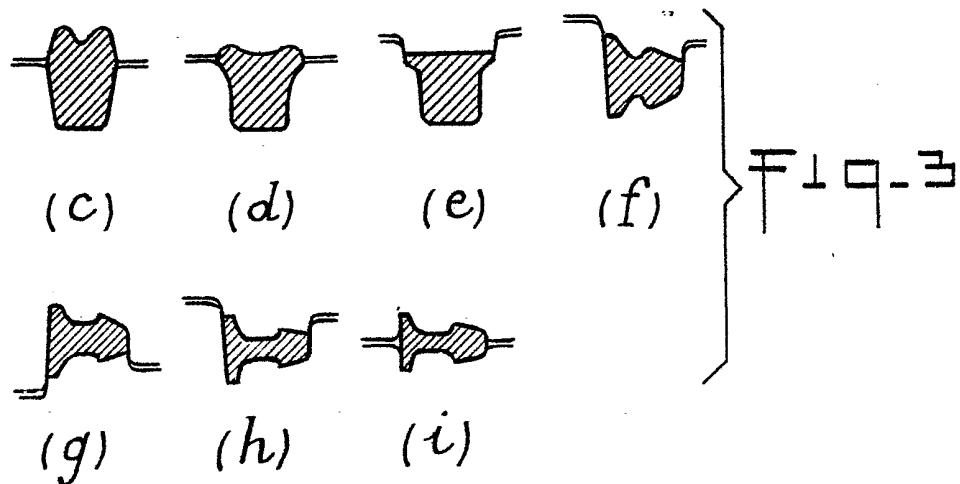
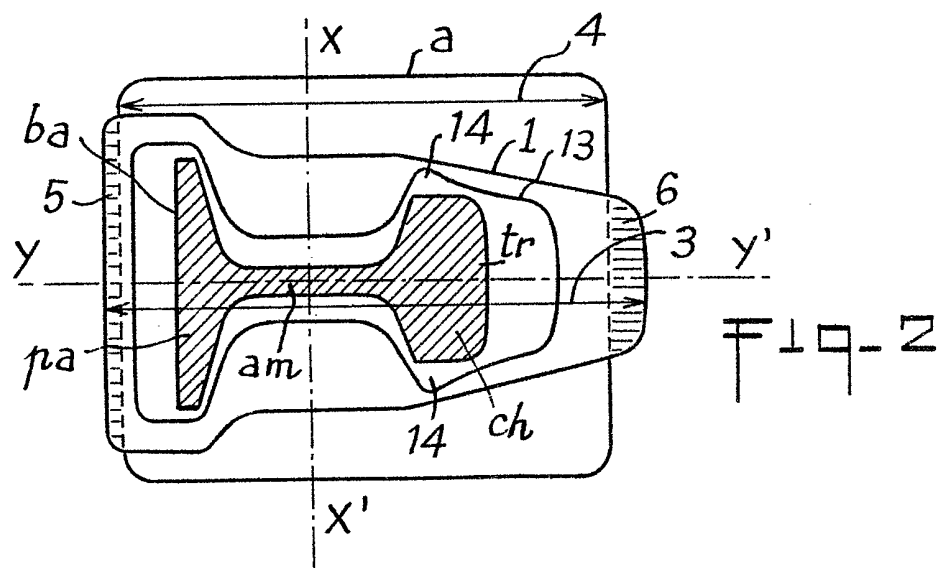
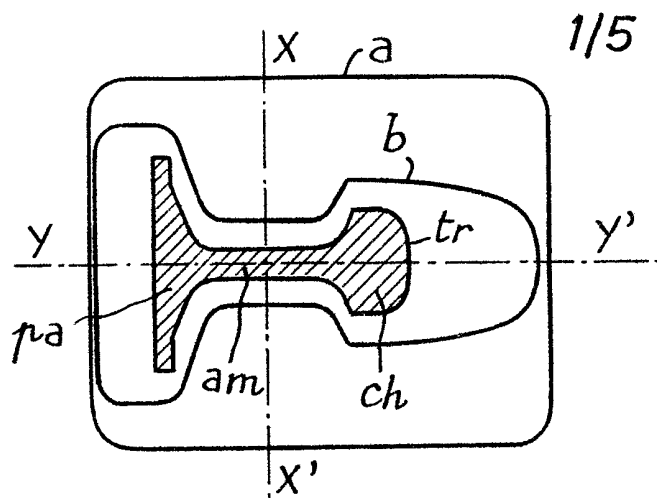
5. Procédé de la revendication 4,

c a r a c t é r i s é en ce qu'on donne au profil curviligne de révolution de la partie active ou cannelure du galet vertical côté champignon du rail une courbure définie par une forme polynomiale favorisant l'écoulement plastique du métal.

6. Procédé de la revendication 5,

c a r a c t é r i s é en ce que la forme polynomiale est telle qu'elle corresponde à la branche (P1, P2; P4, P5) d'une parabole cubique définie en fonction de la profondeur (Pr) et de la hauteur (H) de la cannelure du galet vertical (10) côté champignon.

7. Procédé de la revendication 6,
c a r a c t é r i s é en ce que le profil de la
cannelure dudit galet vertical (10) comporte une par-
tie rectiligne (P3,P4) dans sa partie centrale.
- 5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendica-
tions 4 à 7, c a r a c t é r i s é en ce qu'il
comprend, en outre, le formage secondaire d'une ébau-
che secondaire (13), ce formage secondaire étant fait
dans une cannelure roulante (11,12) qui lamine toutes
10 les parties de la section de la barre dégrossie, à
l'exception de la table de roulement proprement dite
et de la base du patin.
9. Procédé selon la revendication 8, appliqué à
une barre dégrossie dont les masses constitutives
15 sont pratiquement dans le rapport de celles du rail
fini et destinée à être transformée en rail fini par
le procédé de laminage universel de l'état de l'art,
c a r a c t é r i s é en ce que le formage est con-
duit de manière à créer des bourrelets (14) aux rac-
20 cordements des flancs (fc) du champignon avec les pen-
tes d'éclissage supérieures (pes), des flancs (15)
de champignon concaves et une table de roulement (tr)
de forme aplatie.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendica-
25 tions 8 ou 9, c a r a c t é r i s é en ce qu'il
comporte, en outre, une phase de laminage de l'ébau-
che secondaire pour produire le rail fini selon le
procédé de laminage universel connu en soi.
11. Procédé de la revendication 10,
30 c a r a c t é r i s é en ce que toutes les passes
sont roulantes.



2/5

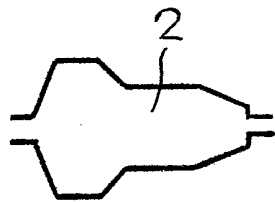


Fig. 4

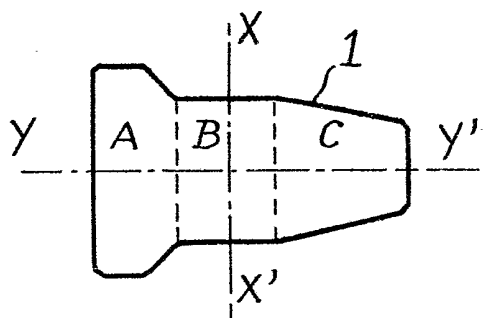
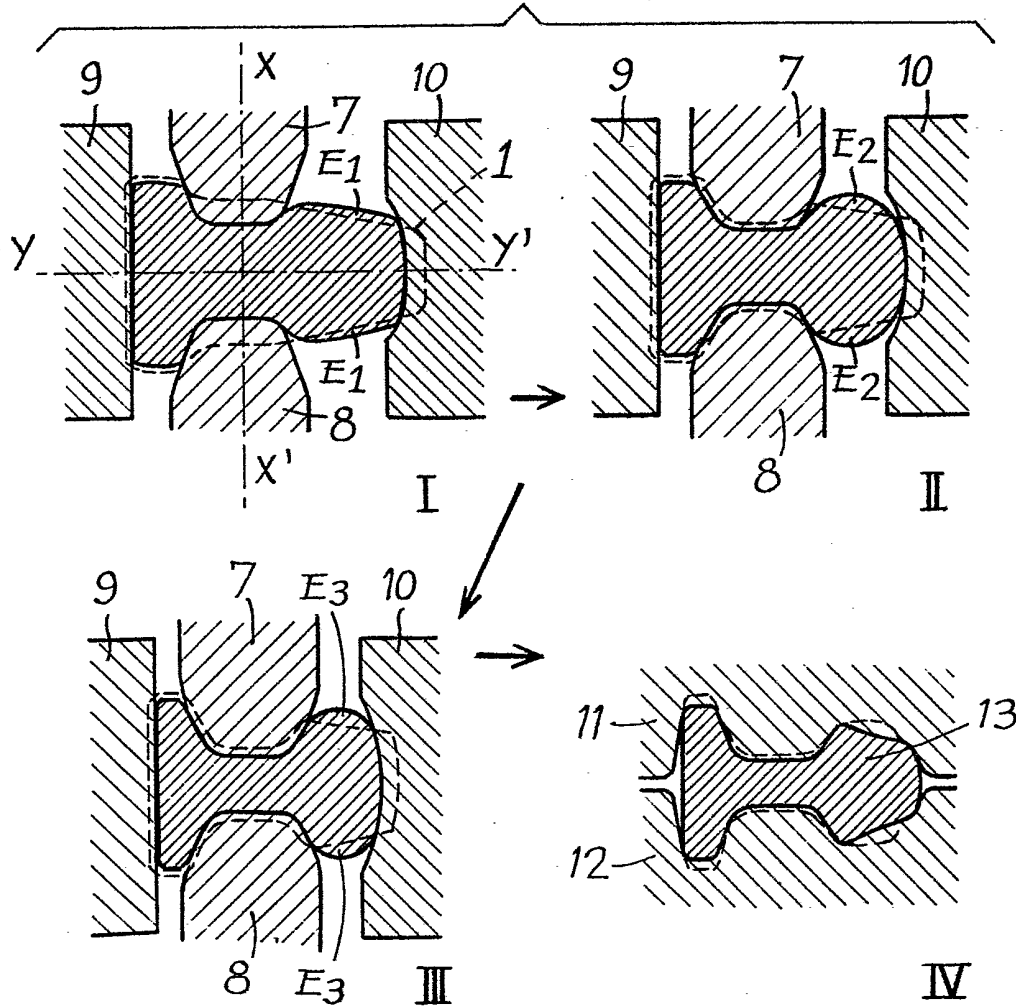
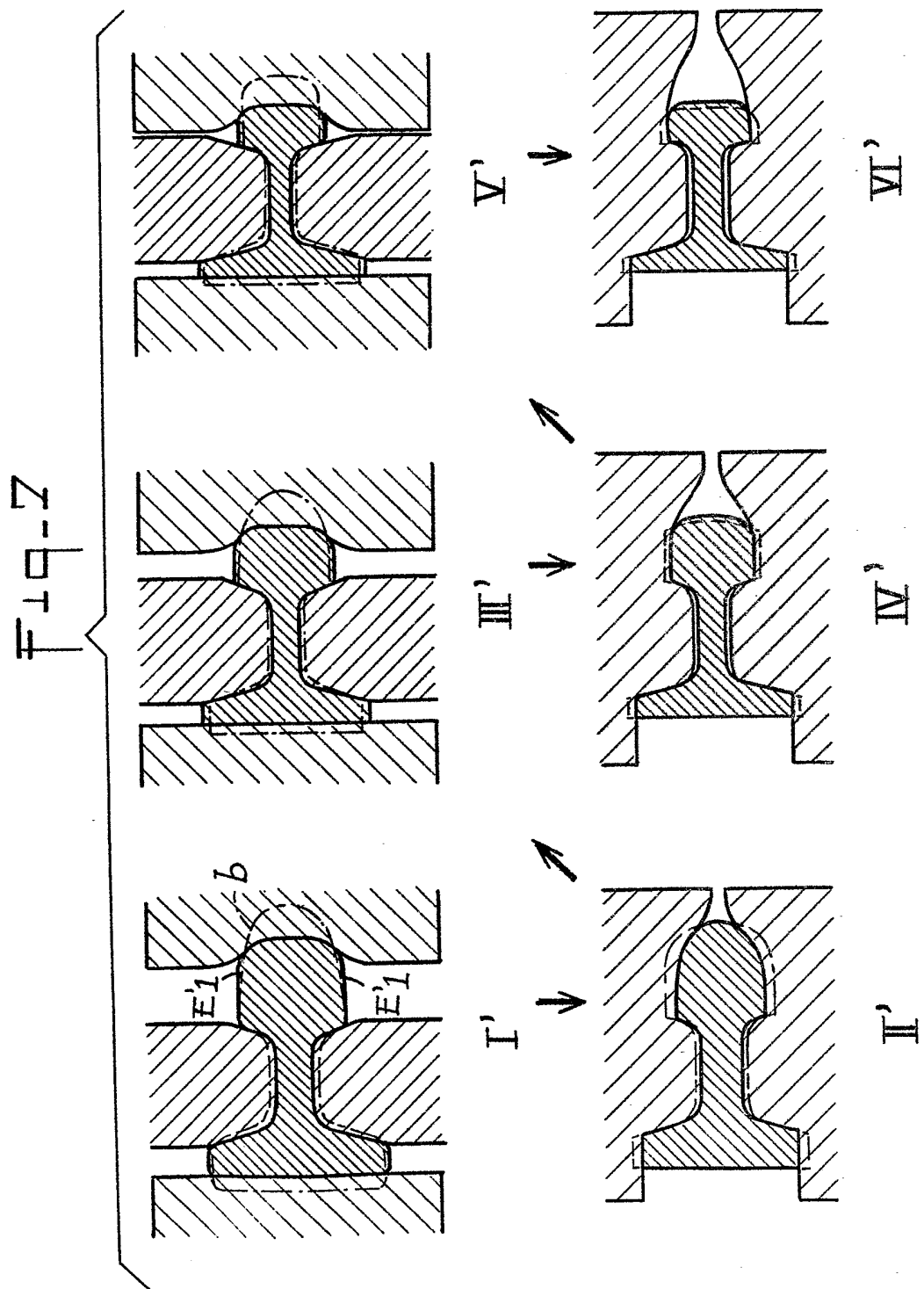


Fig. 5

Fig. 6



3/5



4/5

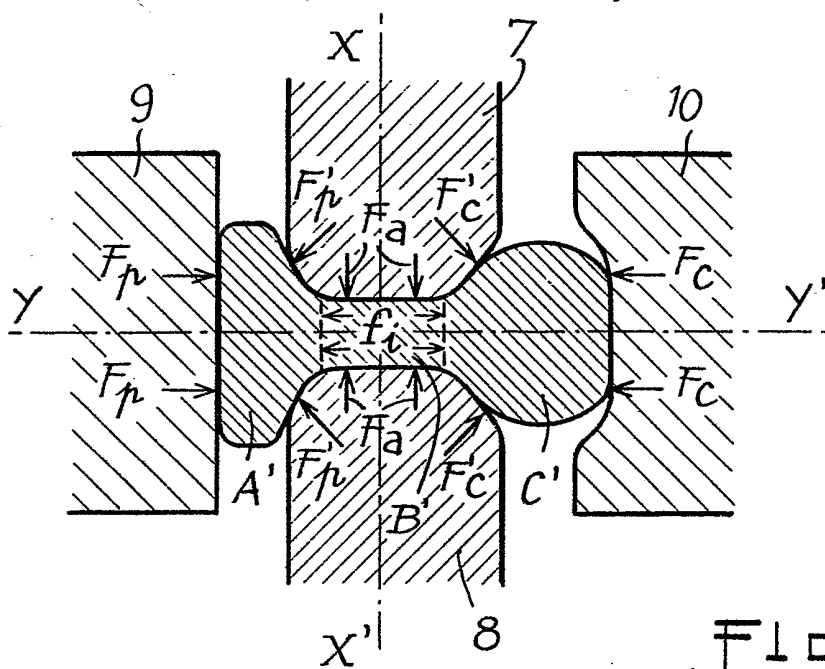


Fig. 8

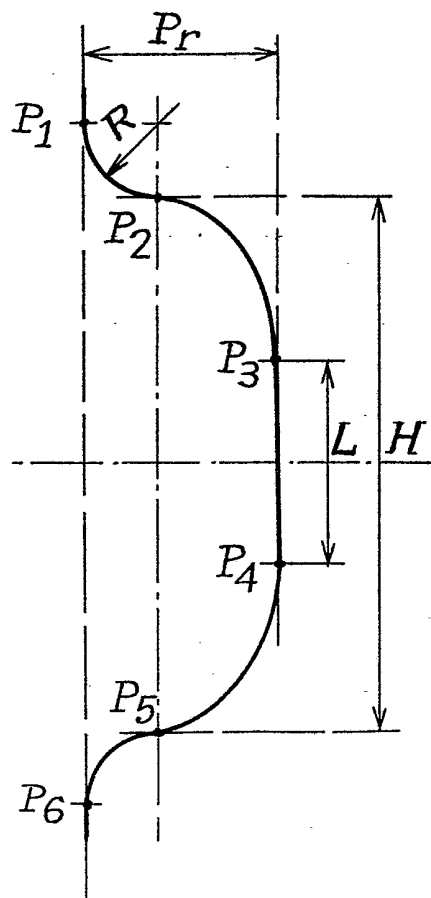


Fig. 9

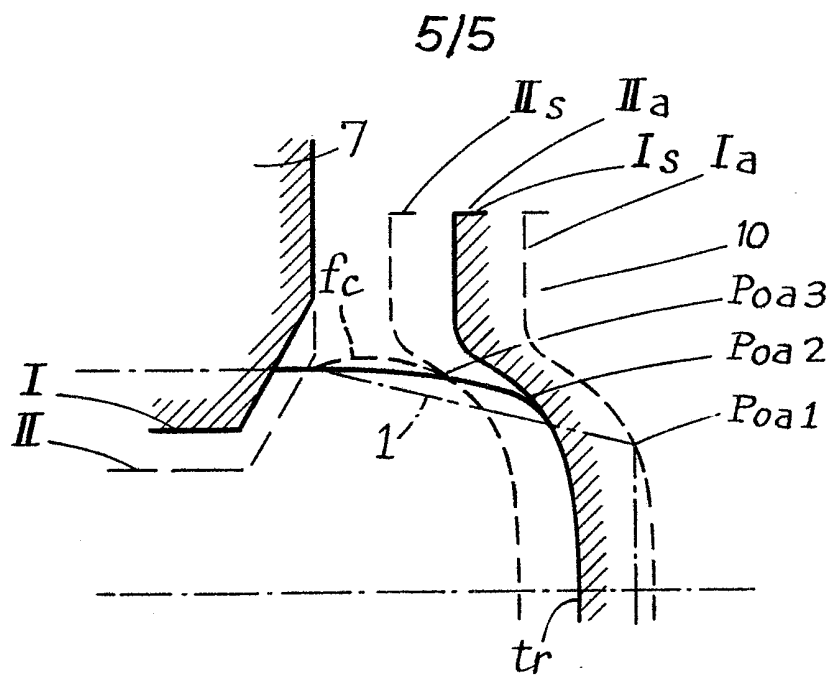


Fig-10

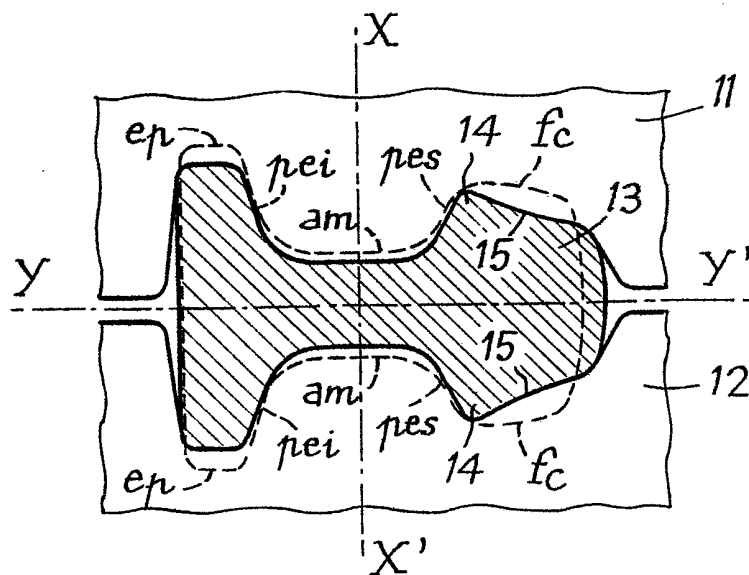


Fig-11