

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 10854

(54) Procédé et dispositif d'amélioration de la planéité de tôles minces.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). B 21 D 1/06.

(22) Date de dépôt..... 29 mai 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° 48 du 3-12-1982.

(71) Déposant : INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANÇAISE, IRSID, établisse-
ment professionnel régi par la loi du 17 novembre 1943, résidant en France.

(72) Invention de : Marc Grumbach.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Institut de recherches de la sidérurgie française, IRSID,
78105 Saint-Germain-en-Laye Cedex.

PROCEDE ET DISPOSITIF D'AMELIORATION
DE LA PLANEITE DE TOLES MINCES

L'invention concerne l'amélioration de la planéité de tôles minces en
5 acier.

On sait que, au cours du laminage, les déformations produites ne sont pas exactement les mêmes dans toute la largeur du produit ; en effet, les phénomènes de flexion des cylindres, les dilatations thermiques, les effets de bord, font que la réduction d'épaisseur de la tôle n'est pas constante
10 sur toute la largeur. Cette variation du profil d'épaisseur s'accompagne nécessairement de différences d'allongement des fibres du métal, ce qui crée des défauts de planéité : centres longs, bords longs, symétriques ou dissymétriques.

On essaye, en général, de corriger ces défauts par des dispositifs
15 modifiant le profil des cylindres (bombés mécaniques ou thermiques, ou systèmes de cambrage), qui limitent les variations du profil et par conséquent de l'allongement ; mais les variations locales de vitesse de refroidissement, après la sortie du laminage, induisent aussi des contraintes internes qui provoquent des défauts de planéité. De plus, ces systèmes sont
20 compliqués et coûteux.

La meilleure méthode pour supprimer ces défauts est d'allonger toutes les fibres de la tôle car les parties courtes s'allongent d'abord. Cette méthode est couramment appliquée à froid au moyen de machines à planer avec traction. Elle est appliquée à chaud sur les tôles fortes uniquement avec
25 des planeuses à rouleaux sans traction grâce auxquelles l'allongement est obtenu par des flexions répétées. Ce procédé ne peut être appliqué sur des tôles minces car elles se refroidissent trop vite à l'air et au contact des rouleaux si l'opération se fait lentement.

Le but de la présente invention est de fournir un procédé de traitement
30 de tôles minces qui permet de réduire les difficultés de l'opération ultérieure de planage à froid, voire de la supprimer.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour améliorer la planéité des tôles minces en acier qui consiste à faire subir à la tôle un allongement plastique à chaud par flexion sous tension, dans la ligne de
35 laminage, avant son enroulement sur la bobineuse.

Selon une caractéristique de l'invention, l'allongement est réalisé à une température de 100°C à 750°C, et de préférence à une température de 500°C à 650°C.

39 Selon une autre caractéristique de l'invention, on réalise un allonge-

ment de 0,2 % à 2 %, et de préférence de 0,5 %.

Selon l'invention, on réalise l'allongement par passage de la tôle sur au moins un cylindre de planage. On règle l'angle d'enroulement de la tôle sur le cylindre en fonction du diamètre du cylindre, de l'épaisseur de la tôle, de la tension exercée sur la tôle et des propriétés de l'acier à la température considérée.

Comme on le comprend, le demandeur a étudié les possibilités et les avantages que présenterait la mise en oeuvre d'un planage à chaud. Compte tenu des considérations évoquées ci-dessus, il a orienté ses recherches vers un système opérant à grande vitesse et limitant le contact de la tôle avec des cylindres. Il a étudié plus particulièrement les gammes de températures dans lesquelles une opération de flexion sous tension à chaud serait possible.

En effet, dans le domaine des hautes températures, en particulier au-dessus de 900°C, l'acier est sous forme d'austénite qui ne présente pas d'élasticité ; si on le soumet à des tractions, il se strictionne facilement. En revanche, au-dessous de 700°C environ, l'acier doux est sous forme de ferrite qui a un comportement quasi-élastique et présente, en particulier en dessous de 400°C, un module et une limite d'élasticité (ou limite d'écoulement). Entre 400°C et 700°C, il y a un phénomène de fluage et les limites d'élasticité sont assez basses ; toutefois, si les vitesses de déplacement sont élevées, ce qui est le cas pour des vitesses de déplacement de l'ordre du mètre par seconde, on peut négliger le phénomène de fluage ; on a alors des modules d'élasticité à chaud que l'on peut évaluer et des limites d'élasticité qui baissent régulièrement quand la température augmente.

On rappelle que la flexion sous tension par passage d'une bande de tôle sur un rouleau est une opération de déformation plane avec une variation négligeable de la largeur.

Suivant les conditions de traction et de frottement, la position de la fibre neutre est le critère important pour relier la déformation moyenne aux déformations locales. Si la traction et l'écart angulaire sont suffisants, la tôle suit le rayon de courbure du rouleau et la déformation théorique de la fibre externe, c'est-à-dire l'allongement théorique, est $\epsilon_{th} = \frac{e}{2R}$ (e étant l'épaisseur de la tôle et R le rayon du rouleau), ce qui correspond à une contrainte théorique en surface $\sigma_{th} = \frac{Ee}{2R}$ (E étant le module d'élasticité).

Pour qu'il y ait début de déformation, il faut que la contrainte effective qui résulte de la flexion, c'est-à-dire la somme de la contrainte théorique σ_{th} et de la contrainte de traction σ_T soit supérieure à la

limite d'écoulement en déformation plane σ_o qui est proportionnelle à la limite d'élasticité en traction Re :

$$\sigma_{th} + \sigma_T > \sigma_o$$

soit

$$\frac{Ee}{2R} + \sigma_T > \sigma_o$$

ou

$$\frac{Ee}{2R\sigma_o} + \frac{\sigma_T}{\sigma_o} > 1 \quad (1).$$

- 10 On voit, d'après la formule (1), que les deux facteurs importants sont les rapports $\frac{E}{\sigma_o}$ et $\frac{\sigma_T}{\sigma_o}$ et que, pour avoir une déformation significative, il faut que le rapport $\frac{E}{\sigma_o}$ (et donc le rapport $\frac{E}{Re}$) soit grand.

On donne, dans le tableau ci-après, les valeurs du rapport $\frac{E}{Re}$ en fonction de la température, pour de l'acier doux dont la teneur en carbone
15 est inférieure à 0,10 % et la teneur en manganèse inférieure à 0,6 %.

Température (°C)	+ 20	+ 250	500	550	600
20 Module d'élasticité E (N/mm ²)	210 000	190 000	150 000	130 000	110 000
Limite d'élasticité Re (N/mm ²)	240	200	130	113	80
25 Rapport E/Re	875	950	1153	1150	1375

On voit, d'après ce tableau, que le rapport $\frac{E}{Re}$ reste supérieur à 1 000 à partir de 300°C et jusqu'aux environs de 700°C, et présente un optimum de 500°C à 650°C.

- 30 Compte tenu de ces considérations, le demandeur a estimé que l'on pouvait procéder à une flexion sous tension des tôles minces d'acier extra-doux dans une gamme de températures de 100°C à 700°C, et de préférence de 500°C à 650°C.

Le demandeur a alors étudié les possibilités de réalisation pratique
35 d'un tel planage à chaud et a découvert qu'il était possible d'installer un dispositif de flexion sous tension dans la ligne de laminage, avant la bobineuse, la bobineuse assurant une tension suffisante pour obtenir le résultat recherché.

- 39 Le demandeur a également étudié les conditions optimales de réglage de

l'angle d'enroulement de la tôle sur le cylindre en fonction des divers facteurs en présence, compte tenu de l'allongement que l'on désire obtenir. Il a démontré que ces conditions optimales étaient obtenues quand on réglait l'angle d'enroulement selon la formule :

$$\epsilon = k \frac{e}{2R} \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_0}} \frac{\sigma_T}{\sigma_0}$$

dans laquelle

ϵ est l'allongement

e est l'épaisseur de la tôle

R est le rayon du cylindre de planage

10 α est l'angle d'enroulement

α_0 est l'angle d'enroulement maximum pour lequel on n'a plus d'augmentation de la déformation

σ_T est la contrainte de traction

15 σ_0 est la limite d'écoulement (en déformation plane et à la vitesse de déformation correspondante)

k est une constante voisine de 2.

L'invention a également pour objet le dispositif de mise en oeuvre du procédé considéré. Ce dispositif comporte au moins un cylindre de planage placé dans la ligne de laminage, avant la bobineuse, et comprend des moyens 20 pour donner à la tôle un angle d'enroulement sur le cylindre compris entre 15° et 45° et des moyens pour assurer une flexion sous tension dans le domaine de plasticité de la tôle.

Selon un mode de réalisation préféré, le cylindre de planage est placé entre deux rouleaux pinceurs, disposés à la sortie du refroidisseur, et un 25 rouleau pinceur déflecteur placé avant la bobineuse.

De préférence, le diamètre du cylindre de planage est d'environ 30 à 100 fois l'épaisseur de la tôle.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, faite en se référant à la figure jointe qui représente, en coupe 30 longitudinale, un mode de réalisation du dispositif pour améliorer la planéité des tôles minces conforme à l'invention.

Sur la figure, on a représenté en 1 le cylindre de planage, placé dans une ligne de laminage, entre un refroidisseur 2 de type classique et une bobineuse 3 (non représentée sur la figure).

35 Deux rouleaux pinceurs 5, placés l'un au-dessus de l'autre, sont disposés entre le cylindre de planage 1 et les rouleaux 4 du refroidisseur 2. Un rouleau pinceur déflecteur 6 et un grand rouleau presseur 7, placé en face du rouleau 6 (les rouleaux 6 et 7 font partie du dispositif classique 39 de bobinage), sont disposés entre le cylindre de planage 1 et la bobineuse 3.

Deux rouleaux d'appui 8 soutiennent le cylindre de planage 1 pour l'empêcher de fléchir.

Un bras 9, mû par un vérin non représenté sur la figure, assure le positionnement du rouleau pinceur supérieur 5. Un bras 10, mû par un vérin 11, assure la mise en position du cylindre de planage 1 et des rouleaux d'appui 8. Un bras 12, mû par un vérin non représenté sur la figure, assure le positionnement du grand rouleau presseur 7.

La mise en oeuvre du procédé s'effectue de la façon suivante.

La tôle 13, sortant du refroidisseur 2, passe entre les deux rouleaux pinceurs 5 ; elle est alors déviée vers le cylindre de planage 1 sur lequel elle s'enroule partiellement ; puis, elle passe entre le rouleau pinceur déflecteur 6 et le rouleau presseur 7 pour aller vers la bobineuse 3. Ainsi, tout en défilant, la tôle 13 s'enroule sur le cylindre de planage 1 en étant, d'une part, retenue par les rouleaux pinceurs 5 et, d'autre part, tirée par le rouleau pinceur déflecteur 6. Ce passage sur le cylindre de planage 1 permet d'obtenir un allongement plastique, donc permanent, des fibres courtes de la tôle.

On obtient le résultat recherché en provoquant un allongement de 0,2 % à 2 % ; mais, en général, un allongement de 0,5 % est suffisant. En effet, les défauts de planéité courants correspondent à des différences d'allongement entre fibres de l'ordre de 0,3 %.

L'angle d'enroulement de la tôle sur le cylindre de planage 1 est compris entre 15° et 45° ; en général un angle de 30° est satisfaisant.

Le diamètre du cylindre de planage 1 est de 25 à 100 fois l'épaisseur de la tôle, en général 40 fois l'épaisseur de la tôle. Par exemple, pour des tôles de 2 mm d'épaisseur, le diamètre du cylindre est de 50 à 200 mm, avec une traction de l'ordre du cinquième de la limite d'écoulement et un angle d'enroulement de 30°. A titre indicatif, pour une tôle défilant à une vitesse de 10 m/sec., un cylindre de planage de diamètre 100 mm tourne à une vitesse de 2 000 tours/minute.

Le cylindre de planage, qui a une longueur d'environ 2 m et un faible diamètre, doit supporter une force verticale d'environ 3 tonnes. C'est pourquoi le dispositif comporte deux rouleaux de soutien 8, de plus grand diamètre, qui l'empêchent de fléchir.

Le rouleau presseur 7 joue le rôle de rouleau anti-tuile. En effet, lors du passage de la tôle sur le cylindre de planage 1, la zone en contact du rouleau est en compression ; la traction exercée provoque un redressage qui ramène la zone comprimée en traction et provoque l'allongement moyen désiré. Cette opération de redressage s'accompagne d'un effort de compres-

sion latéral qui a tendance à provoquer un cintrage transversal de la tôle (effet de tuile). La présence du grand rouleau presseur 7 permet de supprimer cet effet de tuile quand celà est nécessaire.

Selon une variante de réalisation du dispositif selon l'invention, le
5 cylindre de planage peut être légèrement fléchi à ses deux extrémités à l'aide de deux dispositifs de contreflexion tels que des vérins hydrauliques. Une telle disposition permet d'obtenir un effet d'allongement plus grand dans la partie centrale de la tôle qu'aux extrémités ; elle est donc utilisable dans le cas où, en sortie de laminoir, les fibres de la zone centrale
10 de la tôle sont plus courtes que les fibres des bords. On peut obtenir le même effet en utilisant un cylindre de planage qui a été préalablement usiné de façon à ce que le diamètre de ses extrémités soit plus petit que le diamètre de sa partie centrale.

On peut également envisager d'incliner un seul côté du cylindre de
15 planage grâce aux vérins, ce qui permettrait de corriger des différences éventuelles entre les bords de la tôle ; en effet, il arrive qu'en sortie de laminoir, les fibres de la tôle soient plus longues sur un bord que sur l'autre.

Pour éviter les problèmes de défauts de surface et d'usure, le cylindre
20 de planage est, de préférence, en acier dur très allié.

Lors de la mise en oeuvre du procédé de l'invention, la déformation plastique de la tôle provoque des décollements des oxydes constituant la calamine ; ces particules oxydées forment une poussière dure et abrasive. Il peut donc être nécessaire de nettoyer la surface du cylindre de planage
25 par projection d'eau ou air comprimé. De plus, un dispositif approprié tel qu'un dispositif à aspersion d'eau ou une barrière mécanique est placé à proximité de la bobineuse pour éviter que ces particules d'oxydes ne viennent s'incruster dans les spires de la bobine.

Ainsi, grâce au procédé et au dispositif selon l'invention, on provoque
30 un allongement plastique à chaud qui améliore sensiblement la planéité des tôles ainsi traitées et réduit, dans le cas où elles sont encore nécessaires, les difficultés des opérations ultérieures de laminage à froid ou de planage à froid. Le procédé de l'invention permet, de plus, d'améliorer sensiblement le profil d'épaisseur. En effet, en sortie de laminoir, les tôles sont
35 souvent plus épaisses dans la zone centrale que sur les bords. L'allongement plastique effectué selon l'invention intervenant sur les parties les plus courtes, donc celles de la zone centrale, provoque une diminution de l'épaisseur de la tôle à cet endroit-là. A titre indicatif, un allongement de
39 0,5 % sur une tôle de 2 mm d'épaisseur permet d'obtenir une réduction de

$\frac{1}{100}$ mm de l'épaisseur sur les parties les plus épaisses de la tôle.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation décrit, notamment en ce qui concerne la localisation du cylindre de planage dans la ligne de laminage, l'essentiel étant qu'il soit placé avant la

5 bobineuse.

REVENDECATIONS

1°) Procédé pour améliorer la planéité des tôles minces en acier, caractérisé en ce que l'on fait subir à la tôle un allongement plastique à chaud par flexion sous tension, dans la ligne de laminage, avant son enroulement sur la bobineuse.

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réalise l'allongement à une température de 100°C à 750°C.

3°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réalise l'allongement à une température de 500°C à 650°C.

4°) Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on réalise un allongement de 0,2 % à 2 %.

5°) Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on réalise l'allongement par passage de la tôle sur au moins un cylindre de planage et en ce que l'on règle l'angle d'enroulement de la tôle sur le cylindre en fonction du diamètre du cylindre, de l'épaisseur de la tôle, de la tension exercée sur la tôle et des propriétés de l'acier à la température considérée.

6°) Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'on règle l'angle d'enroulement de la tôle sur le cylindre selon la formule :

$$\epsilon = k \frac{e}{2R} \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_0}} \cdot \frac{\sigma_T}{\sigma_0}$$

dans laquelle

ϵ est l'allongement

e est l'épaisseur de la tôle

25 R est le rayon du cylindre de planage

α est l'angle d'enroulement

α_0 est l'angle d'enroulement maximum pour lequel on n'a plus d'augmentation de la déformation

σ_T est la contrainte de traction

30 σ_0 est la limite d'écoulement (en déformation plane et à la vitesse de déformation correspondante),

k est une constante voisine de 2.

7°) Dispositif pour améliorer la planéité des tôles minces en acier, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un cylindre de planage (1) placé dans la ligne de laminage, avant la bobineuse, et en ce qu'il comprend des moyens pour donner à la tôle un angle d'enroulement sur le cylindre (1) compris entre 15° et 45° et des moyens pour assurer une flexion sous tension dans le domaine de plasticité de la tôle.

39 8°) Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le

cylindre de planage (1) est placé entre deux rouleaux pinceurs (5), disposés à la sortie du refroidissoir, et un rouleau pinceur déflecteur (6) placé avant la bobineuse.

9°) Dispositif selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en
5 ce que le diamètre du cylindre de planage (1) est d'environ 25 à 100 fois l'épaisseur de la tôle.

10°) Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que le cylindre de planage (1) est légèrement fléchi à ses deux extrémités.

11°) Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en
10 ce que le diamètre du cylindre de planage (1) est plus petit à ses deux extrémités que dans sa partie centrale.

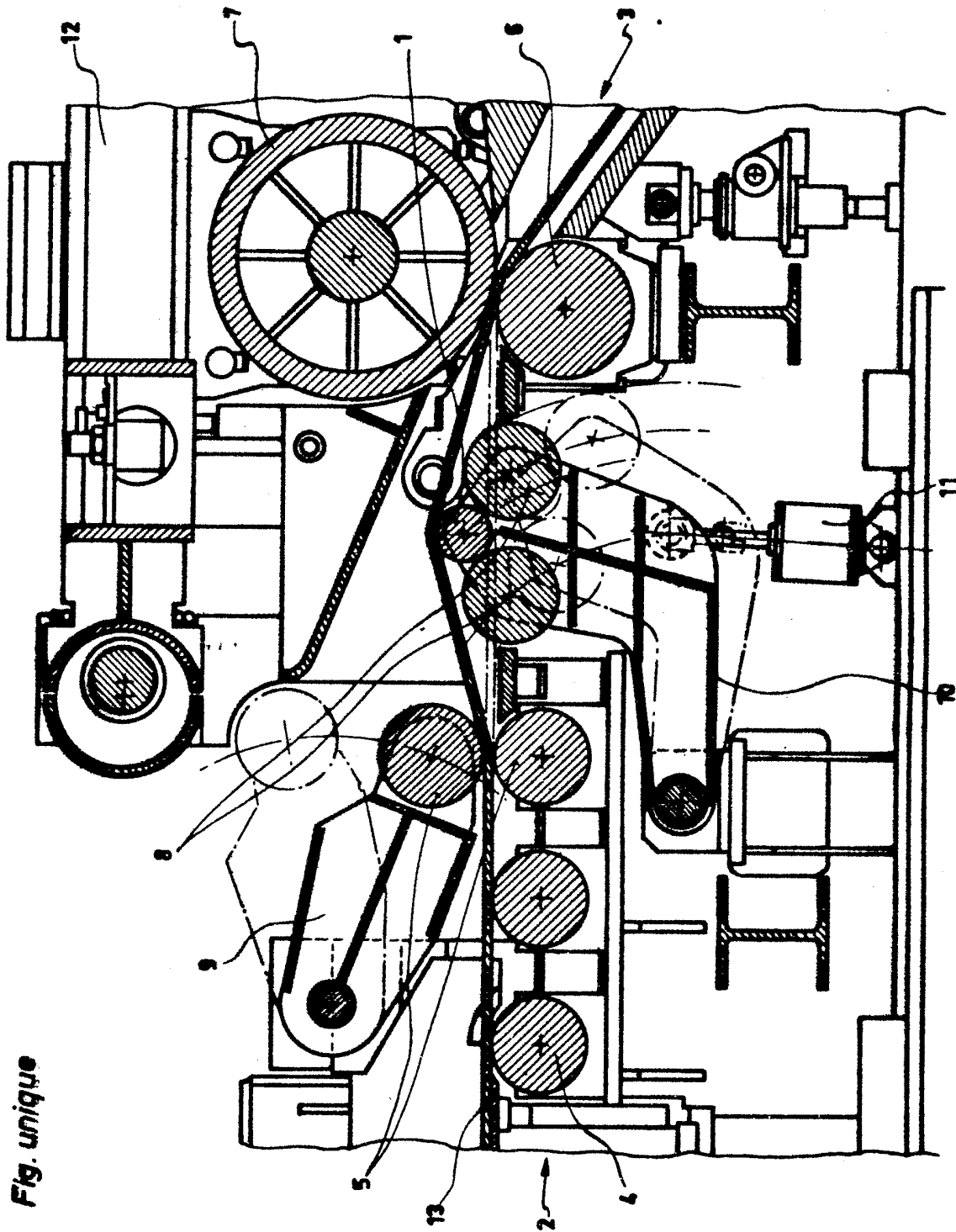


Fig. unique