



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1996/10/22

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1997/05/04

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2003/12/09

(30) Priorité/Priority: 1995/11/03 (95 12976) FR

(51) Cl.Int.⁶/Int.Cl.⁶ C22C 38/18, B23P 17/06, C22C 38/40

(72) Inventeurs/Inventors:

TERRIEN, PASCAL, FR;
PEDARRE, PIERRE, FR;
SICOLI, BERNADETTE, FR;
BIOTEAU, CLAUDE, FR

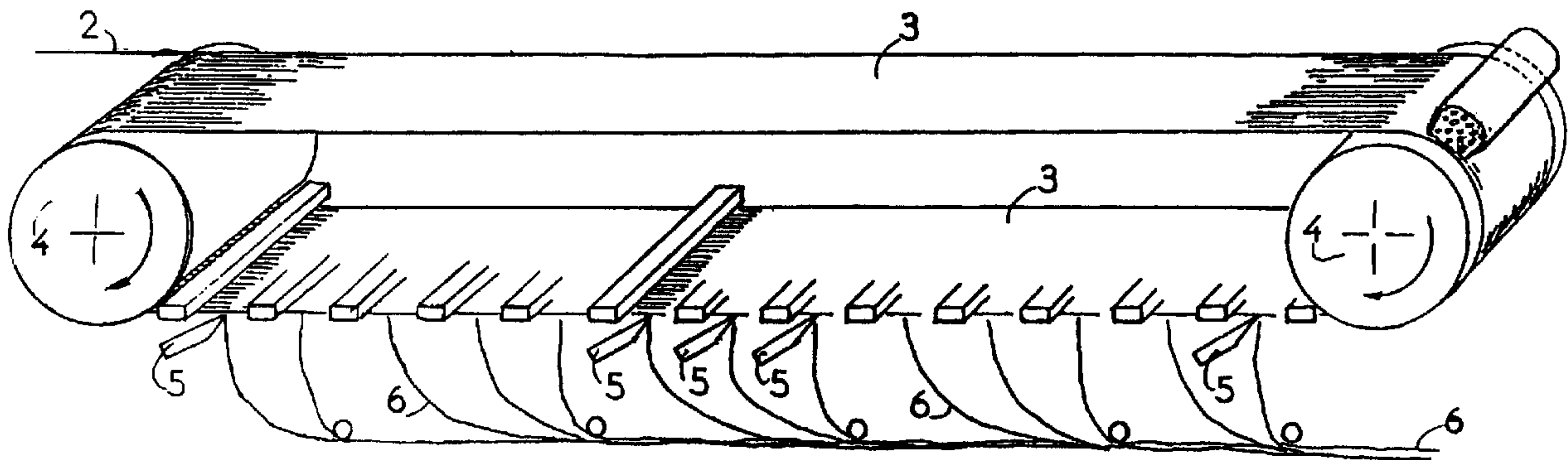
(73) Propriétaire/Owner:

UGINE SAVOIE, FR

(74) Agent: OGILVY RENAULT

(54) Titre : ACIER INOXYDABLE FERRITIQUE UTILISABLE POUR LA PRODUCTION DE LAINE D'ACIER

(54) Title: FERRITIC STAINLESS STEEL USABLE FOR STEEL WOOL PRODUCTION



(57) Abrégé/Abstract:

Acier inoxydable ferritique utilisable pour la production de laine d'acier caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante: - carbone $\leq 0,2\%$, - silicium $\leq 2\%$; - manganèse $\leq 2\%$, - $11\% \leq$ chrome $\leq 30\%$, - nickel $\leq 1\%$, - soufre $\leq 0,030\%$, - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4} \%$, - oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}\%$, la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante: $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7$.

2188505

Société : UGINE SAVOIE.

Acier inoxydable ferritique utilisable pour la production de laine d'acier.

Abrégé descriptif de l'invention.

Acier inoxydable ferritique utilisable pour la production de laine d'acier caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante:

- carbone $\leq 0,2\%$,
- silicium $\leq 2\%$;
- manganèse $\leq 2\%$,
- $11\% \leq \text{chrome} \leq 30\%$,
- nickel $\leq 1\%$,
- soufre $\leq 0,030\%$,
- calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4} \%$,
- oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}\%$,

la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :
 $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7$.

Figure 1.

Acier inoxydable ferritique utilisable pour la production de laine d'acier.

La présente invention concerne un acier inoxydable ferritique utilisable pour la production de laine d'acier.

La laine d'acier est obtenue par une technique appelée rasage. La
5 laine d'acier est élaborée sur une installation de rasage à partir d'un fil d'acier enroulé en une ou plusieurs nappes de fils jointifs sur des cylindres entraînés en rotation. Une nappe de fils jointifs passe sur des outils de coupe qui vont produire des copeaux constituant la laine. La
profondeur de passe qui correspond à l'épaisseur du copeau est
10 déterminée par la force d'appui de l'outil sur la nappe de fils.

La vitesse de défilement du fil sur les outils, qui correspond à une vitesse de coupe, est de l'ordre de 30 mètres par minute pour le rasage de fils en acier inoxydable et de 50 mètres par minute pour le rasage de fils en acier doux.

15 Les copeaux qui forment la laine sont entraînés vers l'avant de l'installation où ils sont enroulés sur un manchon.

La qualité de la laine est évaluée en fonction de critères comme par exemple:

- la quantité de freintes: les freintes sont les débris ou copeaux qui ne
20 sont pas entraînés par la nappe de laine d'acier, copeaux trop courts qui tombent en dessous de l'installation et qui sont ramassés régulièrement par l'opérateur pour le suivi quantitatif et qualitatif de l'installation. Il est donc nécessaire d'obtenir lors du rasage, des copeaux longs qui ne se fragmentent pas.

25 - la qualité de la laine: Elle est appréciée au toucher et par son aspect visuel. Une laine de bonne qualité est homogène et douce. La présence de copeaux épais due par exemple à l'usure d'outils lui donne un aspect hétérogène et une consistance moins agréable. La surveillance de l'opérateur est primordiale car à tout moment, il peut modifier la pression
30 des outils sur les nappes de fils.

L'invention a pour but de proposer un acier qui, mis sous forme de fil, peut être utilisé pour des opérations de rasage destinées à la fabrication de laine d'acier.

L'invention a pour objet un acier inoxydable ferritique utilisable
35 pour la production de laine d'acier. Il se caractérise en la composition pondérale suivante :

- carbone $\leq 0,2\%$,
- silicium $\leq 2\%$;

- manganèse ≤ 2 %,
- $11 \% \leq \text{chrome} < 30$ %,
- nickel ≤ 1 %,
- soufre $\leq 0,030$ %,
- 5 - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4}$ %,
- oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}$ %,

la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :

$$0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7,$$

le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables.

- 10 Selon un premier mode de réalisation préféré de l'invention, l'acier a la composition pondérale suivante:

- carbone $\leq 0,08$ %,
- silicium ≤ 1 %,
- manganèse ≤ 2 %,
 - 15 - $15 \% \leq \text{chrome} \leq 19$ %,
 - nickel ≤ 1 %,
 - soufre $\leq 0,030$ %,
 - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4}$ %,
 - oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}$ %,
 - 20 la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :

$$0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7,$$

le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables.

Selon un deuxième mode de réalisation préféré de l'invention, l'acier a la composition pondérale suivante :

- 25 - carbone $\leq 0,1$ %,
 - silicium ≤ 1 %,
 - manganèse ≤ 2 %,
 - $20 \% \leq \text{chrome} \leq 28\%$,
 - nickel ≤ 1 %,
 - 30 - soufre $\leq 0,030$ %,
 - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4}$ %,
 - oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}$ %,
 - la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :

la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :

$$0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7,$$

- 35 le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables.

Les autres caractéristiques préférentielles de l'acier sont :

- l'acier comprend dans sa composition pondérale :

- calcium $\geq 30 \cdot 10^{-4} \%$,
 - 5 - oxygène $\geq 70 \cdot 10^{-4} \%$,
 - les teneurs en calcium et oxygène satisfont la relation suivante :
- $0,3 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$,
- la composition contient, en outre, moins de 3 % de molybdène,

-la composition contient en outre moins de 1% des éléments titane, tantale, zirconium, niobium pris seuls ou en combinaison.

L'invention concerne également un fil pour la production de laine d'acier, fil obtenu par tréfilage et qui contient des inclusions de type anorthite et/ou pseudo-wollastonite et/ou gehlénite et/ou tridymite.

La description qui suit et les figures annexées, le tout donné à titre d'exemple non limitatif fera bien comprendre l'invention.

La figure 1 est un schéma représentant une installation pour la production de laine d'acier.

La figure 2 est un schéma, en perspective, d'un enroulement formant une nappe inférieure et une nappe supérieure d'une installation.

La figure 1 présente un schéma d'une installation 1 de rasage. Par exemple, la taille de l'installation 1 est de l'ordre de 10 mètres de longueur de 3 mètres de largeur et de 2 mètres de hauteur. Le fil 2 d'acier destiné au rasage est enroulé en nappes 3, entre deux cylindres 4 entraînés en rotation. Une nappe 3 est constituée d'environ 15 fils 2 jointifs.

Chacune des nappes 3 se déplace sur des outils 5 de coupe appelés peignes, qui produisent des copeaux 6 constituant les fibres de la laine d'acier.

Les copeaux 6 formant les fibres de la laine d'acier sont entraînés vers l'avant de l'installation et enroulés sur un manchon 7 de récupération de la laine.

La figure 2 est un schéma, en perspective, d'un enroulement formant une nappe 3 inférieure et une nappe 3 supérieure. La nappe 3 inférieure passe sur des outils 5 en forme de couteau, placés sensiblement perpendiculairement au mouvement des fils 2. Les outils 5 sont en acier rapide et comportent, en dépouille, des stries dont l'espacement définit un grade de laine d'acier ou encore la largeur des copeaux 6.

La vitesse de défilement du fil 2 entre les cylindres 4, qui correspond à la vitesse de coupe des outils 5, est comprise entre 30 et 50 mètres par minute, vitesse qui doit rester relativement faible pour éviter l'échauffement des fins copeaux 6 de laine d'acier.

La profondeur de passe du rasage est assurée par la force d'appui des outils 5 sur les nappes 3 de fils 2. C'est cette force qui définit l'épaisseur du copeau. L'épaisseur des copeaux 6 est en général inférieure à 50 micromètres, sachant qu'elle est de manière courante,

d'environ 20 micromètres. La largeur des copeaux 6, fonction de l'outil 5 de coupe ou peigne est communément d'environ 50 à 70 micromètres. Ces dimensions restent finalement du même ordre de grandeur que celles des inclusions comme présentées sur le tableau 3 . Il n'est pas
5 rare que l'acier sous forme de fil présente des inclusions ayant une largeur d'environ 15 micromètres, la majorité ayant une largeur comprise entre 5 et 15 micromètres.

Le fil étant soumis à l'opération de rasage dans le sens de sa longueur, c'est bien la largeur des inclusions qu'il faut considérer, la
10 longueur ne devant que peu influencer sur l'aptitude au rasage. Pour une même quantité d'inclusions, il faut donc préférablement un fil comportant des inclusions allongées, ce qui est confirmé par les exemples de réalisation qui suivent.

Pour un homme du métier, la qualité de la laine selon les critères
15 énumérés ci-dessus est définie, sur des fiches de suivi, par des qualificatifs du type: recommandé, déconseillé, rejeté.

Il semble que la qualité de la laine soit liée à la nature et à la forme des inclusions contenus dans l'acier des fils.

Il est connu des aciers à usinabilité améliorée pour décolletage
20 utilisant des outils en carbure revêtus travaillant à des vitesses de coupe de l'ordre de 200 mètres par minute. Le décolletage est l'usinage de barres de petit diamètre, ce qui induit des limitations notamment pour les vitesses de coupe.

Le comportement de ces aciers de décolletage est attaché aux
25 caractéristiques des inclusions, inclusions qui, déformées par l'usinage et soumises à une élévation de température à la pointe de l'outil de coupe, assurent, du fait de leur ramollissement, une lubrification à l'interface métal - outil, un refroidissement dudit outil, ainsi qu'une fragmentation des copeaux de décolletage. Dans ce domaine
30 d'application les copeaux issus de l'usinage doivent être courts et fragmentés pour assurer leur évacuation, l'usinage étant effectué à *grande vitesse*.

Dans le domaine de la production de la laine d'acier, il est constaté que l'acier inoxydable ferritique selon l'invention de
35 composition pondérale suivante:

- carbone $\leq 0,2\%$,
- silicium $\leq 2\%$;
- manganèse $\leq 2\%$,

- $11\% \leq \text{chrome} \leq 30\%$,
- $\text{nickel} \leq 1\%$,
- $\text{soufre} \leq 0,030\%$,
- $\text{calcium} \geq 15 \cdot 10^{-4} \%$,
- 5 - $\text{oxygène} \geq 40 \cdot 10^{-4}\%$,

la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation :

$0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7$, donne une laine d'acier de qualité améliorée tant du point de vue de l'aspect de la fibre que du point de vue productibilité.

10 L'acier selon l'invention peut contenir en outre du titane, tantale, zirconium, niobium qui améliorent la résistance à l'oxydation. L'introduction de molybdène dans la composition de l'acier améliore la résistance à la corrosion et la tenue à chaud.

15 L'acier selon l'invention, élaboré sous forme de fil présente des inclusions déformées après laminage et tréfilage, inclusions dont la largeur est inférieure à 5 micromètres, les inclusions étant des aluminosilicates de chaux de type anorthite et/ou pseudo-wollastonite et/ou gehlénite et/ou tridymite.

20 Les caractéristiques de l'acier du point de vue mécanique comme par exemple la cohésion entre les inclusions et la matrice dudit acier assurent une bonne qualité de la fibre pour laine d'acier. D'autre part, l'acier est adapté pour un usinage du type rasage à faible vitesse de coupe.

25 Du point de vue de la composition, le carbone est un élément qui a tendance à stabiliser la phase austénitique par rapport à la phase ferritique. En outre cet élément est très peu soluble dans la ferrite à température ambiante. Compte tenu de la valeur élevée de coefficient de diffusion du carbone dans la matrice du type cubique centré de la ferrite, il en résulte qu'à moins de baisser la concentration de cet élément en dessous de teneurs très faibles, il est très difficile de limiter la

30 précipitation de carbures de chrome, à température ambiante. En parallèle, ces carbures de chrome détournent l'utilisation du chrome et sont entourés de zones appauvries en chrome. Le matériau voit donc sa résistance à la corrosion dégradée. Il peut être préférable de baisser la teneur en carbone à moins de 0,08%.

35 Cependant, le carbone augmente les caractéristiques mécaniques de l'acier, et, pour certaines applications, la teneur en carbone peut atteindre 0,2%.

Le fait d'avoir de basses teneurs en calcium et oxygène, en respectant le rapport Ca/O permet d'obtenir un excellent comportement de l'acier au rasage. Il a été remarqué que la présence de plus de $30 \cdot 10^{-4}\%$ de calcium et plus de $70 \cdot 10^{-4}\%$ d'oxygène était également favorable.

- 5 Il est ainsi possible d'éviter une désoxydation poussée au cours de l'élaboration de l'acier, à condition cependant d'avoir un rapport Ca/O compris entre 0,2 et 0,7.

- Les aciers ayant de 15 à 19% de chrome sont largement utilisés et donnent satisfaction dans des applications courantes. Ils peuvent être
10 améliorés, notamment du point de vue de la corrosion inter granulaire, par l'ajout d'éléments tels que le titane, le niobium, le zirconium. Une autre voie d'amélioration, efficace mais coûteuse, consiste à augmenter la teneur en chrome. La résistance à la corrosion caverneuse et par piquûre est très améliorée quand les teneurs en chrome sont comprises
15 entre 20 et 30%.

Le tableau 1 présente 6 aciers dont trois sont des aciers de référence, les aciers A, B, C, étant des aciers selon l'invention.

TABLEAU 1

		acier ref 1	acier ref 2	acier ref 3	acier A	acier B	acier C
20	carbone %	0,040	0,038	0,037	0,042	0,036	0,039.
	- silicium %	0,37	0,36	0,45	0,38	0,36	0,39
	- manganèse %	0,39	0,41	0,32	0,37	0,40	0,35
	- nickel %	0,21	0,028	0,42	0,31	0,24	0,17
	- chrome %	16,4	16,4	16,4	16,3	16,4	16,3
25	- molybdène %	0,94	0,76	0,6	0,93	0,72	0,81
	- cuivre %	0,09	0,30	0,15	0,27	0,10	0,08
	- azote $10^{-4}\%$	45	58	42	53	39	48
	- soufre $10^{-4}\%$	131	182	192	172	105	121
	- calcium $10^{-4}\%$	<2	<2	54	24	16	55
30	- oxygène $10^{-4}\%$	65	45	75	85	51	120
	- Ca/O	0	0	0,72	0,28	0,31	0,46

- Le tableau 2 présente les caractéristiques mécaniques des aciers cités ci dessus, lesdits aciers pour rasage étant mis sous la forme de fil de 3,1
35 mm de diamètre.

TABLEAU 2

		acier ref 1	acier ref 2	acier ref 3	acier A	acier B	acier C
	Rm (MPa)	966	1045	1070	1021	960	1015
	Rp0,2 (MPa)	860	948	800	839	880	754
40	Z %	62	65	36	64	40	35

Le tableau 3 résume la nature inclusionnaire des aciers de la description.

TABLEAU 3

	Inclusions oxydes largeur (µm)	Nature des oxydes majoritaires.
5		
acier ref 1	5 à 15	Al2O3-SiO2-CrO3-MnO + Al2O3-MgO
acier ref 2	5 à 15	Al2O3-MgO
acier ref 3	3 à 8 (globulaires)	CaO-Al2O3-SiO2
acier A	<à 2	Al2O3-SiO2-CaO
acier B	<à 2	Al2O3-SiO2-CaO
10		
acier C	<à 2	Al2O3-SiO2-CaO

Le tableau 4 résume des caractéristiques obtenue dans des opérations de rasage effectuées avec les aciers de référence et les aciers selon l'invention, ainsi que l'appréciation de la qualité de la laine.

15 TABLEAU 4

	Poids au mètre pour ép. usure					Aspect	Appréciation
	1h	3h	5h	8h	résid peigne	laine	
acier ref 1	90	92	95	100	75/80 Mauvais	mauvais	à rejeter
acier ref 2	100	105	106	115	70/75 Mauvais	moyen	déconseillé
20							
acier ref 3	110	112	113	118	69/72 Mauvais	moyen	déconseillé
acier A	145	147	149	150	65/68 Normal	Bon	recommandé
acier B	130	132	135	137	70/72 Normal	Bon	recommandé
acier C	151	152	152	154	45/50 Bon	bon	recommandé

25 La comparaison entre les aciers de référence 1, 2 et 3, présentés ci dessus et les aciers A, B, C, selon l'invention montre que les inclusions naturellement obtenues, après élaboration de l'acier de référence et sa mise sous forme de fil pour rasage, sont de grande largeur. En outre elles sont par nature dures et abrasives. Les inclusions
30 contenues dans le fil pour rasage selon l'invention sont allongées, leur largeur est significativement plus faible que les inclusions contenues dans les aciers de référence. Cet allongement des inclusions traduit une faible contrainte d'écoulement desdites inclusions et de ce fait, une dureté réduite par rapport à celle des aciers de référence.

35 Le tableau 4 met en évidence les gains de productivité en laine d'acier fait par l'utilisation des aciers selon l'invention. En effet, le poids au mètre de laine est nettement plus élevé avec les aciers selon l'invention et l'épaisseur de fil résiduel est plus faible, ce qui réduit les pertes de matière première.

40 En outre, l'observation de l'usure des outils de coupe ou peignes prouve l'influence néfaste des inclusions dures et abrasives. Les outils

utilisés pour le rasage des aciers de référence ont une usure rapide par rapport à l'usure des outils utilisés pour le rasage des aciers selon l'invention. De plus, du point de vue aspect de la laine d'acier obtenue par rasage, on remarque que la laine est de meilleure qualité lorsqu'elle
5 est obtenue par rasage des aciers selon l'invention. En d'autres termes, les inclusions de type Al_2O_3 - SiO_2 - CaO satisfaisant, du point de vue teneurs en éléments, le rapport Ca/O qui est compris entre 0,2 et 0,7.

On peut également remarquer, dans l'analyse des caractéristiques du tableau 2, que des caractéristiques mécaniques élevées ont tendance
10 à améliorer l'aptitude au rasage des aciers.

L'invention ne consiste pas à introduire dans l'acier une quantité d'inclusions d'un certain type mais consiste en l'élaboration d'un acier contenant des inclusions inhérentes à son élaboration, les inclusions réduites en nombre étant, selon l'invention, des inclusions
15 d'aluminosilicates de chaux.

En résumé, l'invention consiste principalement en une modification de la nature des inclusions résiduelles d'oxydes, sans rechercher une augmentation de leur densité, de façon à obtenir après laminage et tréfilage, des inclusions résiduelles de faible largeur.

20 En contrôlant l'apparition inévitable des oxydes de nature telle que définie par l'invention, il est possible d'améliorer la productivité et la qualité de la laine d'acier obtenue par rasage en générant des copeaux long et réguliers sous usinage à faibles vitesses avec des outils en acier rapide.

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme suit :

- 5 1. Acier inoxydable ferritique utilisable pour la production de
laine d'acier caractérisé en ce que sa composition pondérale est la
suivante :
- carbone $\leq 0,2$ %,
 - silicium ≤ 2 %,
 - manganèse ≤ 2 %,
 - 10 - $11\% \leq \text{chrome} \leq 30\%$,
 - nickel ≤ 1 %,
 - soufre $\leq 0,030$ %,
 - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4}$ %,
 - oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}$ %,
 - 15 la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :
 $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7$,
 - le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables.

- 20 2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en la composition
pondérale suivante :
- carbone $\leq 0,08$ %,
 - silicium ≤ 1 %,
 - manganèse ≤ 2 %,
 - $15\% \leq \text{chrome} \leq 19\%$,
 - 25 - nickel ≤ 1 %,
 - soufre $\leq 0,030$ %,
 - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4}$ %,
 - oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4}$ %,
 - la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :
 - 30 $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7$.

3. Acier selon la revendication 1, caractérisé en la composition pondérale suivante :

- carbone $\leq 0,1 \%$,
- 5 - silicium $\leq 1 \%$,
- manganèse $\leq 2 \%$,
- $20 \% \leq \text{chrome} \leq 28\%$,
- nickel $\leq 1 \%$,
- soufre $\leq 0,030 \%$,
- 10 - calcium $\geq 15 \cdot 10^{-4} \%$,
- oxygène $\geq 40 \cdot 10^{-4} \%$,

la teneur en calcium et oxygène satisfaisant la relation suivante :
 $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,7$.

- 15 4. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend dans sa composition pondérale :
 - calcium $\geq 30 \cdot 10^{-4} \%$,
 - oxygène $\geq 70 \cdot 10^{-4} \%$.

- 20 5. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu les teneurs en calcium et oxygène satisfont la relation suivante :
 $0,3 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

- 25 6. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la composition contient en outre moins de 3 % de molybdène.

- 30 7. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la composition contient en outre moins de 1 % des éléments titane, tantale, zirconium, niobium pris seuls ou en combinaison.

- 35 8. Fil d'acier pour la production de laine d'acier, caractérisé en ce qu'il est obtenu par le tréfilage de l'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Fil d'acier selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il contient des inclusions de type anorthite et/ou pseudo-wollastonite et/ou gehlénite et/ou tridymite.

5

10. Laine d'acier réalisée par rasage, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par utilisation de l'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, mis sous forme de fil selon la revendication 8 ou 9.

1, 2

2188505

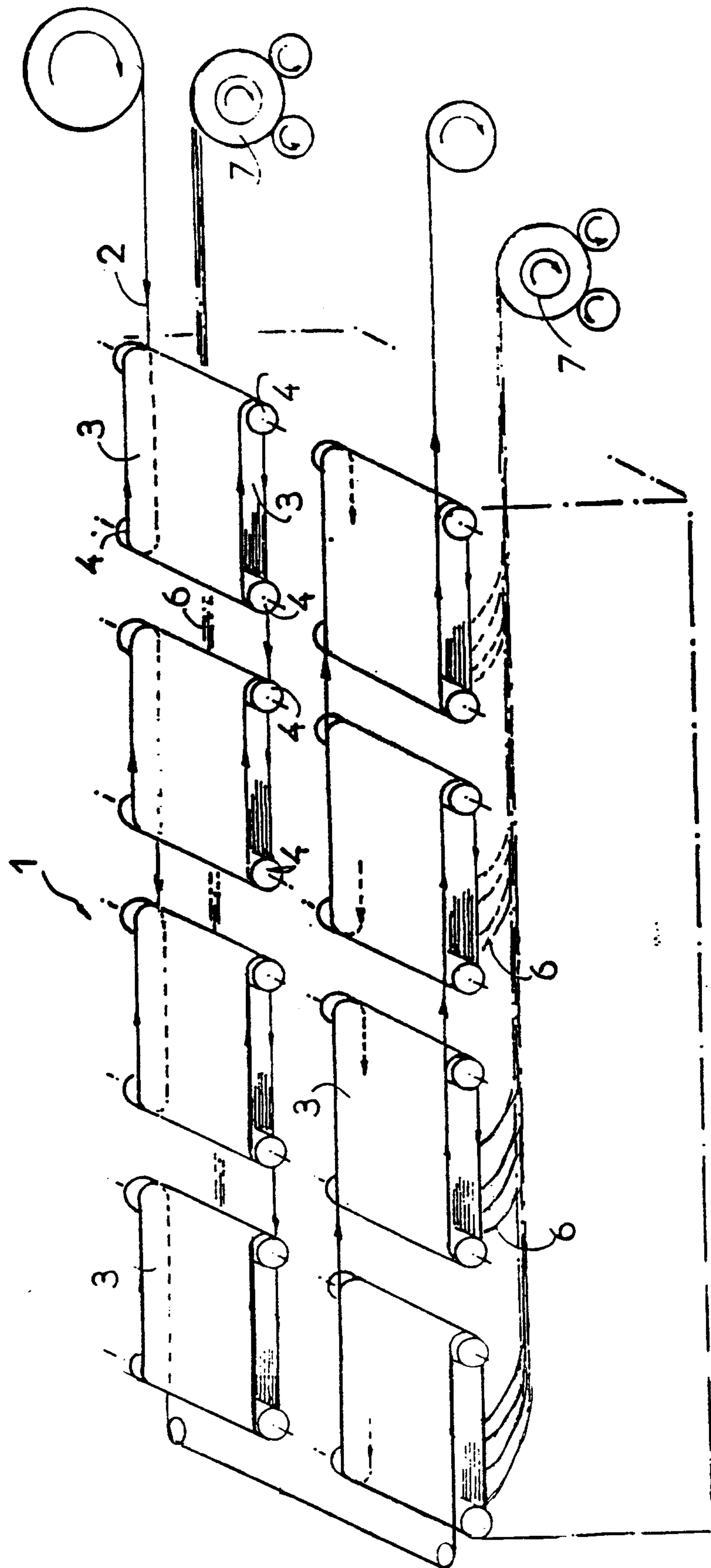


FIG. 1

AGENTS DE BREVETS

Dubouche Ogilvy Renault

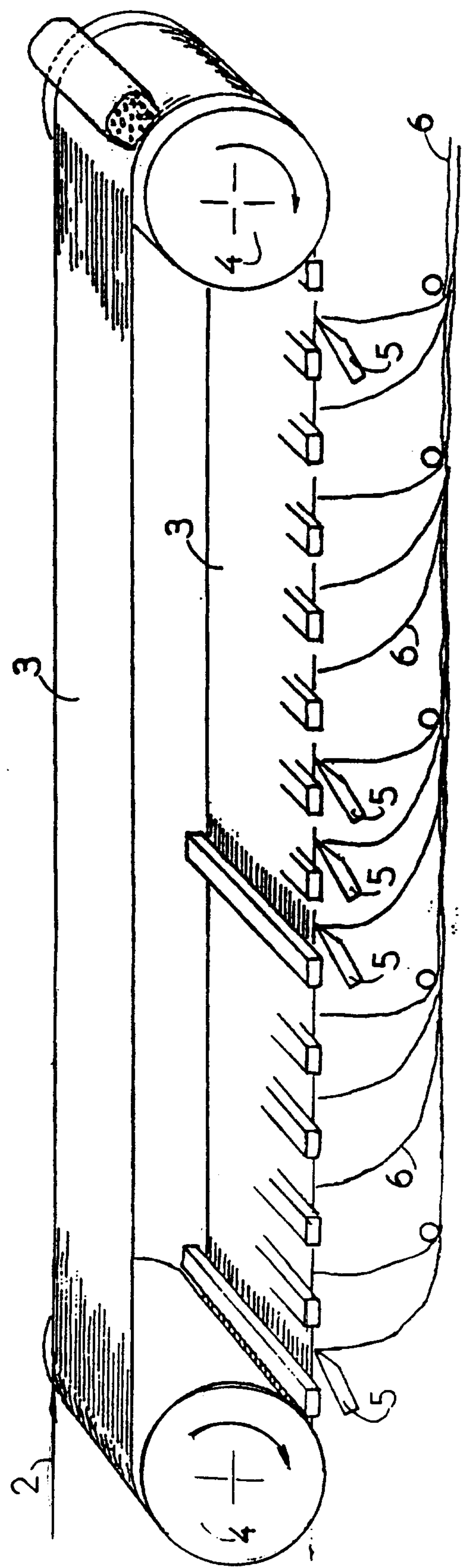


FIG. 2

AGENTS DE BREVETS

Dubouché Ogilvy Renault

