

①9



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

①1

Numéro de publication:

**0 250 690
B1**

①2

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④5

Date de publication du fascicule du brevet:
07.11.90

⑤1

Int. Cl.⁵: **C22C 38/30, C22C 38/34,
C22C 38/36, C22C 38/38**

②1

Numéro de dépôt: **86420305.4**

②2

Date de dépôt: **18.12.86**

⑤4

Acier inoxydable austénitique au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive.

③0

Priorité: **30.06.86 CA 512811**

④3

Date de publication de la demande:
07.01.88 Bulletin 88/1

④5

Mention de la délivrance du brevet:
07.11.90 Bulletin 90/45

⑧4

Etats contractants désignés:
DE FR GB IT SE

⑤6

Documents cités:
**CH-A- 327 362
DE-A- 2 703 644
US-A- 1 866 836
US-A- 1 904 712**

⑦3

Titulaire: **HYDRO-QUEBEC, 75, Boulevard Dorchester
Ouest, Montréal Québec H2Z 1E4(CA)**

⑦2

Inventeur: **Simoneau, Raynald, 2130 de Salaberry, St
Bruno (Québec)(CA)**

⑦4

Mandataire: **Maureau, Philippe et al, Cabinet Germain &
Maureau Le Britannia - Tour C 20, bld Eugène Déruelle,
F-69003 Lyon(FR)**

EP 0 250 690 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention a pour objet un acier inoxydable austénitique au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive.

5 La demande de brevet EP-A 0 171 336 déposée le 24 juin 1985 par la Demanderesse décrit et revendique un acier inoxydable austénitique au cobalt possédant une très forte résistance à la cavitation érosive de forte intensité, lequel acier est, de par sa résistance, tout particulièrement utile pour la fabrication ou la réparation de pièces de machines hydrauliques.

10 L'acier inoxydable austénitique décrit et revendiqué dans ce EP-A 0 171 336 est caractérisé en ce que, d'une part, il comporte :
de 8 à 30 % en poids de Co,
de 13 à 30 % en poids de Cr,
de 0,03 à 0,3 % en poids de C,
15 jusqu'à 0,3 % en poids de N,
jusqu'à 3,0 % en poids de Si,
jusqu'à 1,0 % en poids de Ni,
jusqu'à 2 % en poids de Mo, et
jusqu'à 9 % en poids de Mn,
le pourcentage restant étant essentiellement constitué de Fe,
20 et en ce que, d'autre part et surtout, sa teneur en éléments connus comme ferritisants (Cr, Mo, Si), en éléments connus comme austénitisants (C, N, Co, Ni, Mn) et, parmi ces éléments ferritisants et austénitisants, en éléments connus pour augmenter ou abaisser l'énergie de faute d'empilement, est adéquatement choisie et ajustée de façon à ce qu'au moins 60 % et de préférence au moins 85 % en poids de l'acier soit, à la température ambiante, dans une phase cubique à face centrée métastable γ ayant une
25 énergie de faute d'empilement suffisamment faible pour qu'elle puisse se transformer sous l'effet de la cavitation en une phase hexagonale compacte ou en de la martensite montrant un mûlage fin de déformation.

Tel qu'indiqué dans le préambule du EP-A-85 420 115.9, la composition ainsi que la structure très particulière de cet acier inoxydable ont été "sélectionnées" par l'Inventeur après de nombreuses recherches effectuées suite à la découverte du fait que les aciers inoxydables au cobalt à faible dureté contenant
30 aussi peu que 8 % en poids de cobalt possèdent une résistance à la cavitation érosive aussi bonne que celle, excellente, que possèdent les alliages contenant jusqu'à 65 % de cobalt, à condition qu'au moins 60 % en poids desdits aciers inoxydables à faible teneur en cobalt soit, à température ambiante, dans une phase cubique à face centrée métastable γ ayant une énergie de faute d'empilement suffisamment faible
35 pour qu'elle puisse se transformer sous l'effet de la cavitation en une phase hexagonale compacte ϵ et/ou en de la martensite α montrant un mûlage fin de déformation.

En fait, il avait alors été découvert que, de façon fort surprenante, les alliages "mous" Fe-Cr-Co-C qui possèdent un mûlage fin induit par la cavitation, lequel mûlage est spécifique aux cristaux à faible énergie de faute d'empilement (E.F.E.), possèdent également une résistance efficace à la cavitation au
40 moyen des divers mécanismes suivants :

- écrouissage et accommodation de contraintes élevées, retardant l'initiation de fissures de fatigue ;
- extension du mûlage plan à toute la surface de l'alliage conservant ce dernier lisse durant toute une période d'incubation, et
- absorption continue de l'énergie de cavitation incidente par la production d'une grande densité de dislocation et de particules érodées fines conduisant ainsi à de faibles taux d'érosion.

45 La présente invention, telle que ci-après décrite et revendiquée, est basée sur la découverte du fait que des résultats et avantages similaires à ceux précédemment mentionnés, à savoir une très forte résistance à la cavitation érosive, un relativement bas prix de revient et une multitude d'utilisations possibles notamment pour la fabrication de pièces de machines hydrauliques, peuvent être obtenus avec des
50 aciers inoxydables au cobalt plus "durs", pouvant contenir jusqu'à 2 % en poids de carbone, jusqu'à 5 % en poids de silicium et jusqu'à 16 % en poids de manganèse.

Sur la base de cette nouvelle découverte, la présente invention a pour objet un nouvel acier inoxydable austénitique au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive:

- 55 (a) le dit acier consiste au:
de 8 à 30 % en poids de Co,
de 13 à 30 % en poids de Cr,
de 0,03 à 2,0 % en poids de C,
jusqu'à 0,3 % en poids de N,
60 jusqu'à 5,0 % en poids de Si,
jusqu'à 1,0 % en poids de Ni,
jusqu'à 2 % en poids de Mo, et
jusqu'à 16 % en poids de Mn,
le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles,
65 (b) il remplit au moins une des trois conditions suivantes :

- sa teneur en C est supérieure à 0,3 %, et/ou
- sa teneur en Si est supérieure à 3,0 %, et/ou
- sa teneur en Mn est supérieure à 9,0 %, et

5 (c) sa teneur en éléments connus comme ferritisants (Cr, Mo, Si), en éléments connus comme austénisants (C, N, Co, Ni, Mn) et, parmi ces éléments ferritisants et austénisants, en éléments connus pour augmenter ou abaisser l'énergie de faute d'empilement, est adéquatement choisie et ajustée de façon à ce qu'au moins 60 % en poids de l'acier soit, à température ambiante, dans une phase cubique à face centrée ayant une énergie de faute d'empilement suffisamment faible pour présenter sous l'effet de la cavitation, un mûlage fin de déformation ou pour, alternativement, pouvoir se transformer sous l'effet cavitation, en une phase hexagonale compacte ϵ et/ou en de la martensite montrant un mûlage fin de déformation.

15 Comme dans le cas de l'acier décrit et revendiqué dans le EP-A 0 191 336, au moins 60 % en poids de l'acier inoxydable au cobalt selon l'invention doit être, à température ambiante, dans une phase cubique à face centrée ayant la plus faible énergie de faute d'empilement possible. Cette dernière condition, à savoir une très faible énergie de faute d'empilement de la phase austénitique cubique à face centrée γ , est un élément essentiel de l'invention, puisqu'il est absolument nécessaire que l'acier soit capable, sous l'effet de la cavitation, de se déformer pour montrer un mûlage fin de déformation le rendant ultra résistant. Cette déformation peut s'effectuer dans certains cas sans changement de phase. Cette déformation peut également être obtenue par transformation de la phase cubique à face centrée γ , en phase hexagonale compacte ϵ et/ou en martensite α .

20 Cette possibilité d'une déformation ou d'une transformation de phase sous l'effet de la cavitation, de façon à montrer un mûlage fin, est spécifique aux cristaux à faible énergie de faute d'empilement. Pour obtenir cette faible énergie de faute d'empilement, il est nécessaire de tenir compte de la capacité de chaque élément à abaisser ou augmenter l'énergie de faute d'empilement, et d'ajuster la teneur respective des divers éléments choisis pour constituer l'acier, de façon à ce que l'énergie de faute d'empilement de l'ensemble des éléments combinés soit suffisamment faible pour qu'on obtienne un mûlage fin de déformation, lorsque l'acier est sujet à la cavitation. Parmi les éléments connus pour augmenter l'énergie de faute d'empilement (E.F.E.), on peut citer Ni et C. Parmi ceux connus pour abaisser l'E.F.E., on peut citer Co, Si, Mn et N. Bien sûr, ces derniers éléments devront être choisis en priorité pour obtenir le résultat voulu, à savoir une faible E.F.E. Parmi des éléments connus pour abaisser l'E.F.E., le cobalt est sans doute un des plus intéressants dans la mesure où il a l'avantage, en plus d'abaisser l'E.F.E., de conserver la stabilité de la phase austénitique de l'acier sur une grande gamme de concentration.

30 Il est également nécessaire de tenir compte de la nature même de ces éléments pour que 60 % au moins de l'acier soit effectivement en phase γ . Pour ce faire, il est nécessaire de choisir et adéquatement ajuster la teneur de l'acier en éléments respectivement connus ferritisants (Cr, Mo, Si) et austénisants (C, N, Co, Ni, Mn).

35 L'exigence pour l'acier selon l'invention de montrer un mûlage fin induit par la cavitation est compatible avec le résultat des observations faites dans la littérature, notamment par S. Vaidya et Al. ("The role of Twinning in the Cavitation Erosion of Cobalt Single Crystals", Met. Trans. A., Vol.11A, page 1139, juillet 1980) qui ont attribué la forte résistance de la cavitation des alliages à forte teneur en cobalt à la faible énergie de faute d'empilement de ces alliages et à leur mûlage plan de déformation. Il est à noter cependant qu'il est tout à fait surprenant au vu de l'état de la technique, que l'acier inoxydable selon l'invention qui contient moins de 30 % en poids de cobalt et jusqu'à 70 % en poids de fer, puisse ainsi posséder une énergie de faute d'empilement aussi faible que celle des alliages à forte teneur en cobalt, et un mûlage fin de déformation sensiblement identique (voir également l'article de D.A. Woodford et Al, "A Deformation Induced Phase Transformation Involving a Four-Layer Stacking Sequence in Co-Fe Alloy", Met. Trans., vol.2, page 3223, 1971) où il est indiqué que dans les alliages Fe-Co, seulement 15 % en poids de fer est suffisant pour faire complètement disparaître la transformation induite par cavitation de la phase γ en phase ϵ). Une explication possible à ce phénomène particulier est que, dans l'acier inoxydable selon l'invention, le chrome a une très forte interaction avec le cobalt et le fer pour promouvoir la formation de cristaux à faible énergie de faute d'empilement.

40 La couche de surface des alliages Fe-Cr-Co-C selon l'invention montre, après exposition à la cavitation, un réseau très fin de mûlage dans une phase cubique à face centrée (phase γ), dans une phase hexagonale compacte (phase ϵ) ou encore dans une phase martensitique α . La présence de ce mûlage fin et continu obtenu sous exposition à la cavitation explique la forte résistance à la cavitation de l'alliage, qui, de par son mûlage, possède un moyen efficace d'absorber l'énergie des chocs de cavitation par déformation de sa structure cristalline. Ce mûlage fin est également un excellent moyen d'accommoder les contraintes élevées et ainsi retarder la création et la propagation de fissures de fatigue. L'écrouissage localisé associé à ce mûlage fin assure une extension du mûlage à toute la surface exposée au début de l'exposition à la cavitation (période d'incubation). Ceci explique pourquoi la surface exposée demeure aussi plate et lisse durant la période d'incubation, si on la compare à la surface de fort relief que l'on obtient avec des matériaux plus déformables. Des surfaces plus lisses sont, en effet, moins sujettes à attaque par les microjets tangentiels localisés que se produisent lors de chaque implosion due à la cavitation. Ainsi, pendant la période d'incubation, le seul relief de surface que subissent

les aciers inoxydables au cobalt selon l'invention est le mâclage fin de déformation ci-dessus mentionné. Ce mâclage fin conduit à de très faibles taux d'érosion compte tenu du fait que les particules érodées à la jonction des mailles sont très fines. La quantité importante de surfaces nouvellement créées pour une quantité donnée de métal perdu par érosion est un autre moyen efficace d'absorber l'énergie de cavitation incidente.

Selon un mode tout particulièrement préféré de réalisation, l'acier inoxydable austénitique au cobalt selon l'invention, comprend avantageusement :

de 10 à 12 % en poids de Co,

de 16 à 18 % en poids de Cr,

de 0,4 à 0,5 % en poids de C,

de 2,5 à 3,5 % en poids de Si, et

de 4,5 à 5,5 % en poids de Mn,

le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles.

Bien entendu, la teneur en chacun des éléments ci-dessus mentionnés est adéquatement choisie et ajustée tel qu'expliqué ci-dessus.

Des aciers inoxydables tout particulièrement intéressants sont identifiés par les numéros S17-3 ; 23 et 59 dans le tableau donné ci-après. Il s'avère, en effet, que ces aciers particuliers sont non seulement très efficaces (ils ont une résistance à la cavitation sensiblement identique et même, dans le cas de l'acier S17-3, supérieure au STELLITE™ 6), mais également bon marché (à comparer au STELLITE™ qui contient 60 % de Co). On peut, en effet, noter que la composition de ces aciers est très proche de la composition des aciers inoxydables de la série standard 300, la seule différence résidant dans l'absence de nickel (connu pour augmenter l'énergie de faute d'empilement (E.F.E.)), remplacé par une quantité accrue de Co (connu pour abaisser l'E.F.E.).

Tel que précédemment indiqué, les aciers inoxydables au Co selon l'invention sont mous. Ces aciers sont moins chers que les alliages conventionnels à forte teneur en Co tels que le STELLITE 6™ ou le STELLITE 21™, tout en ayant sensiblement la même résistance à la cavitation. Il en résulte que l'acier inoxydable selon l'invention offre une alternative économique aux alliages de type STELLITE 21™ utilisés actuellement pour protéger les machines hydrauliques contre les effets de cavitation érosive. Des fils ou électrodes de soudure faits à partir de l'acier selon l'invention peuvent être utilisés pour réparer des dommages dus à la cavitation. Des pièces de machines hydrauliques ou des groupes entiers peuvent également être coulés ou complètement recouverts de cet acier qui est moins cher que le STELLITE et est capable d'être laminé à chaud et à froid pour le développement et la fabrication d'éléments de machines hydrauliques à forte résistance à la cavitation.

A la lumière de ce qui précède, l'invention a pour autre objet toute pièce en acier inoxydable pour la fabrication ou la réparation de machines hydrauliques, lorsque ladite pièce est faite ou recouverte d'un acier inoxydable au Co à forte résistance à la cavitation selon l'invention.

Les pièces en acier inoxydable selon l'invention ont une résistance à la cavitation au moins égale aux pièces faites d'alliages plus durs du type STELLITE-1 ou -6. Les aciers inoxydables selon l'invention étant mous, ils sont beaucoup plus faciles à meuler. En fait, les pièces selon l'invention ont tous les avantages des pièces faites à partir d'alliages mous à forte teneur en Co, du type STELLITE-21, mais à moindre coût.

D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention ressortiront mieux à la lecture de la description non restrictive qui va suivre d'essais effectués par l'inventeur.

PROCEDURE EXPERIMENTALE

La résistance à la cavitation érosive des aciers et alliages testés a été mesurée par essai de cavitation ultrasonique selon la norme ASTM-G32. Les pertes en poids d'échantillons cylindriques de 16 mm vibrant à 20 kHz sous une double amplitude de 50 µm dans de l'eau distillée à 22°C furent mesurées toutes les cinq heures pendant vingt cinq heures au moyen d'une balance électrique précise au dixième de milligramme. Les matériaux testés sont listés dans le TABLEAU I suivant, où l'on trouve également leur composition nominale, leur dureté ainsi que leur taux d'érosion à la cavitation.

TABLEAU I

COMPOSITION ET PERFORMANCE DES ACIERS TESTES

Numéros identi- fication	COMPOSITION CHIMIQUE (% en poids)							Dureté Rockwell (RC)	Taux d'érosion par cavi- tation dm/dt (mg/h)
	C	Mn	Si	Cr	Co	Mo	N		
S17-3	0.46	5.30	3.30	16.60	11.60	0.02	0.050	29	0.78
STEL- LITE 6	1.10	1.00	0.50	28.00	60.00	0.00	0.050	40	0.80
23	0.41	5.00	3.50	16.40	8.00	0.00	0.042	26	0.86
59	0.40	5.00	3.00	16.00	8.00	0.00	0.020	30	0.90
34	0.78	0.10	1.40	18.40	8.00	0.00	0.090	34	1.00
40D	0.90	0.10	1.10	26.00	8.00	0.00	0.010	33	1.06
S15-4	0.45	4.90	1.70	18.10	10.00	0.02	0.050	26	1.06
57	0.60	2.00	1.00	18.00	10.00	0.00	0.020	27	1.06
S16-4	0.39	5.20	3.50	15.80	10.80	0.02	0.050	23	1.08
40B	1.10	0.10	1.30	25.00	8.00	0.00	0.017	31	1.11
S17-4	0.46	4.90	3.10	16.90	11.60	0.02	0.050	26	1.11
S6	0.27	10.20	1.36	12.90	10.40	2.60	0.078	26	1.12
55	0.50	2.00	1.00	18.00	10.00	0.00	0.020	26	1.12
S15-3	0.39	4.40	1.60	18.60	9.10	0.02	0.050	25	1.17
S14	0.37	5.00	0.76	19.00	11.00	0.02	0.050	26	1.18
S8	0.34	11.40	1.25	13.50	9.90	2.50	0.050	23	1.26
47	0.26	10.26	1.10	13.20	11.60	0.00	0.020	12	1.30
54	0.40	2.00	1.00	18.00	10.00	0.00	0.020	26	1.32
24	0.41	5.50	0.00	15.10	12.00	0.00	0.040	21	1.34
S5	0.26	10.20	1.43	13.00	9.70	2.70	0.047	21	1.35
45	0.27	10.40	1.16	12.50	7.30	0.00	0.020	15	1.36
S7	0.31	10.70	1.23	14.20	9.00	2.50	0.050	26	1.36
46	0.27	10.20	1.11	13.50	9.96	0.00	0.020	15	1.36
60	0.40	2.00	3.00	16.00	8.00	0.00	0.020	30	1.37
S2	0.11	15.80	0.55	12.80	9.10	3.30	0.057	26	1.40
# 3742	0.32	10.90	1.18	14.50	9.30	2.40	0.050	26	1.40
S12	0.34	3.31	0.99	18.50	11.60	0.02	0.050	26	1.40
STEL- LITE 21	0.25	1.00	0.50	28.00	60.00	5.00	0.050	30	1.40

Les aciers au Co selon l'invention énumérés dans le TABLEAU I furent préparés en faisant fondre sur une plaque de cuivre refroidie à l'eau dans un petit four à arc de laboratoire ou dans un four à induction, un mélange approprié de plusieurs des constituants suivants : acier au carbone, acier inoxydable 304, STELLITE 21, ferrochrome, cobalt électrolytique, ferromanganèse et ferrosilicium. Il est à noter que les compositions de tous ces aciers expérimentaux à l'exception des deux STELLITES qui furent testés à titre de référence, tombent tous dans la fourchette de composition de l'acier inoxydable au cobalt selon l'invention.

INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats des essais de cavitation érosive reportés sur le TABLEAU I démontrent clairement que tous les aciers expérimentaux testés ont une résistance à la cavitation supérieure ou égale à celle du STELLITE 21, tout en ayant une dureté sensiblement comparable. Un des aciers expérimentaux selon l'in-

vention, le S17-3 a même montré une résistance à la cavitation supérieure à celle du STELLITE 6, tout en ayant une dureté inférieure.

Des essais de diffraction aux rayons X et des observations micrographiques effectués concurremment sur certains des aciers testés ont montré également que l'excellente résistance à la cavitation des aciers au cobalt selon l'invention peut être attribuée au réseau fin de mûlage accompagnant la déformation de la phase austénitique γ ou sa transformation en phase hexagonale compacte ϵ ou en martensite α , ce mûlage induit par cavitation étant spécifique aux cristaux à faible énergie de faute d'empilement.

Le fait qu'aucun mûlage fin et qu'une faible résistance à la cavitation aient pu être observés sur les aciers testés dans le EP-A-85 420 115.9 et qui étaient principalement soit ferritiques, soit martensitiques avant d'être sujets à l'exposition à la cavitation, semble indiquer que la déformation ou transformation induite par cavitation en la phase C.F.C γ , en une phase H.C. ϵ et/ou en de la martensite α , montrant un mûlage fin de déformation, est essentiel pour obtenir une forte résistance à la cavitation. Cette exigence à son tour implique que l'acier inoxydable selon l'invention soit principalement dans une phase austénitique γ à température ambiante.

Il est donc clair que, tout comme dans le cas de l'acier inoxydable 301, la teneur de l'acier inoxydable au cobalt selon l'invention en éléments connus comme ferritisants (Cr, Mo, Si) et austénitisants (C, N, Co, Ni, Mn) doit être adéquatement choisie et ajustée de façon à stabiliser l'austénite particulièrement dans le cas d'un refroidissement rapide, pour ainsi promouvoir une déformation de la phase γ ou une transformation induite de cette phase γ en phase ϵ ou en martensite, la forte résistance à la cavitation des aciers selon l'invention résultant principalement de leur composition où les éléments connus pour augmenter l'énergie de faute d'empilement, à savoir, par exemple, le nickel, sont remplacés autant que possible par des éléments connus pour abaisser cette énergie de faute d'empilement tels que Co, Si, Mn et N et ainsi conduire à un mûlage de déformation plus fin.

Les aciers inoxydables au cobalt selon l'invention peuvent avantageusement être utilisés pour la fabrication et la réparation de pièces ou de groupes de machines hydrauliques, tels que des turbines, des pompes, des robinets, etc... Ils peuvent être utilisés soit comme recouvrements soudés sur de l'acier au carbone, soit comme matériaux de base, coulés ou sous forme de tôle, pour la fabrication de machines toutes faites en acier inoxydable. Ces aciers peuvent, en outre, être laminés à chaud ou à froid et être développés en fils ou électrodes de soudage pour remplacer le STELLITE-21 beaucoup plus cher utilisé pour réparer les dommages de cavitation des turbines hydrauliques.

On doit noter qu'aucun traitement thermique ou mécanique spécial n'est requis, dans l'état tel que coulé ou soudé, pour obtenir la meilleure résistance à la cavitation de ces aciers inoxydables austénitiques au cobalt. S'ils doivent être déformés à froid pour des besoins de mise en forme de fil ou de tôle par exemple, on doit alors leur faire subir un traitement thermique de recuit à haute température, comme pour les aciers inoxydables austénitiques standards. Leur meilleure formabilité que les alliages à base de cobalt est un autre avantage économique surtout pour la fabrication en fil de soudage.

Revendications

- 1- Acier inoxydable austénitique au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive:
 - (a) le dit acier consiste au:
 - de 8 à 30 % en poids de Co,
 - de 13 à 30 % en poids de Cr,
 - de 0,03 % à 2,0 % en poids de C,
 - jusqu'à 0,3 % en poids de N,
 - jusqu'à 5,0 % en poids de Si,
 - jusqu'à 1,0 % en poids de Ni,
 - jusqu'à 2 % en poids de Mo, et
 - jusqu'à 16,0 % en poids de Mn,
 - le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles,
 - (b) il remplit au moins une des trois conditions suivantes :
 - sa teneur en C est supérieure à 0,3 %,
 - sa teneur en Si est supérieure à 3,0 %,
 - sa teneur en Mn est supérieure à 9,0 %, et
 - (c) sa teneur en éléments connus comme ferritisants (Cr, Mo, Si), en éléments connus comme austénitisants (C, N, Co, Ni, Mn) et, parmi ces éléments ferritisants et austénitisants, en éléments connus pour augmenter ou abaisser l'énergie de faute d'empilement, est adéquatement choisie et ajustée de façon à ce qu'au moins 60 % en poids de l'acier soit, à température ambiante, dans une phase cubique à face centrée ayant une énergie de faute d'empilement suffisamment faible pour présenter, sous l'effet de la cavitation, un mûlage fin de déformation ou pour, alternativement, pouvoir se transformer, sous l'effet de la cavitation, en une phase hexagonale compacte ϵ et/ou en de la martensite α montrant un mûlage fin de déformation.
- 2- Acier inoxydable au cobalt selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - de 10 à 12 % en poids de Co,
 - de 16 à 18 % en poids de Cr,

- de 0,4 à 0,5 % en poids de C,
de 2,5 à 3,5 % en poids de Si, et
de 4,5 % à 5,5 % en poids de Mn,
le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles avec, le cas échéant, des traces
de Mo et N.
- 3- Acier inoxydable au cobalt selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend :
11,6 % en poids de Co,
16,6 % en poids de Cr,
0,46 % en poids de C,
3,3 % en poids de Si, et
5,3 % en poids de Mn,
le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles avec, le cas échéant, des traces
de Mo et N.
- 4- Acier inoxydable au cobalt selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend :
8 % en poids de Co,
16,4 % en poids de Cr,
0,41 % en poids de C,
3,5 % en poids de Si, et
5 % en poids de Mn,
le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles avec, le cas échéant, des traces
de Mo et N.
- 5- Acier inoxydable au cobalt selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend :
8 % en poids de Co,
16 % en poids de Cr,
0,4 % en poids de C,
3 % en poids de Si, et
5 % en poids de Mn,
le pourcentage restant étant constitué de Fe et d'impuretés résiduelles avec, le cas échéant, des traces
de Mo et N.
- 6- Application des aciers inoxydables austénitiques au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive,
tels que définis dans la revendication 1 à la réalisation ou au revêtement de pièces d'acier inoxydable au
cobalt pour la fabrication ou la réparation de machines hydrauliques.
- 7- Application des aciers inoxydables austénitiques au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive,
tels que définis dans la revendication 2 à la réalisation ou au revêtement de pièces d'acier inoxydable au
cobalt pour la fabrication ou la réparation de machines hydrauliques.
- 8- Application des aciers inoxydables austénitiques au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive,
tels que définis dans la revendication 4 ou la revendication 5 à la réalisation ou au revêtement de pièces
d'acier inoxydable au cobalt pour la fabrication ou la réparation de machines hydrauliques.
- 9- Application des aciers inoxydables austénitiques au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive,
tels que définis dans la revendication 1, à la réalisation d'électrodes ou fils de soudage pour la fabrica-
tion ou la réparation de machines hydrauliques.
- 10- Application des aciers inoxydables austénitiques au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive,
tels que définis dans la revendication 2, à la réalisation d'électrodes ou fils de soudage pour la fabrica-
tion ou la réparation de machines hydrauliques.
- 11- Application des aciers inoxydables austénitiques au cobalt ultra résistant à la cavitation érosive,
tels que définis dans la revendication 3, à la réalisation d'électrodes ou fils de soudage pour la fabrica-
tion ou la réparation de machines hydrauliques.

Patentansprüche

1. Rostfreier, austenitischer, kobalthaltiger, gegen Kavitationskorrosion extrem beständiger Stahl,
(a) bestehend aus:
8 bis 30 Gew.-% Co,
13 bis 30 Gew.-% Cr,
0,03 bis 2,0 Gew.-% C,
bis zu 0,3 Gew.-% N,
bis zu 5,0 Gew.-% Si,
bis zu 1,0 Gew.-% Ni,
bis zu 2 Gew.-% Mo und
bis zu 16 Gew.-% Mn,
wobei sich der verbleibende prozentuale Anteil aus Eisen und Restverunreinigungen zusammensetzt,
(b) wobei der Stahl zumindest eine der drei folgenden Bedingungen erfüllt:
– sein C-Gehalt ist mehr als 0,3%,
– sein Si-Gehalt ist mehr als 3,0%,
– sein Mn-Gehalt ist mehr als 9,0% und

- (c) wobei sein Gehalt an Elementen, die als Ferritisierer bekannt sind (Cr, Mo, Si), sein Gehalt an Elementen, die als Austenitisierer bekannt sind (C, N, Co, Ni, Mn) und, unter diesen Elementen an Ferritisierern und Austenitisierern sein Gehalt an Elementen, die bekannterweise die Gitterfehlerenergie erhöhen oder herabsetzen, derart angemessen ausgewählt und angepaßt ist, daß sich bei Raumtemperatur zumindest 60 Gew.-% des Stahles in einer solchen kubisch flächenzentrierten, eine ausreichend geringe Gitterfehlerenergie aufweisenden Phase befinden, die, unter der Wirkung der Kavitation eine ausgeprägte Deformationsverwachsung aufweist, oder, die sich, alternativ, unter der Wirkung der Kavitation in eine, eine ausgeprägte Deformationsverwachsung zeigende, kompakte, hexagonale ϵ -Phase und/oder eine α -Martensit-Phase umwandelt.
2. Rostfreier, kobalthaltiger Stahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er folgendes enthält:
- 10 bis 12 Gew.-% Co,
 - 16 bis 18 Gew.-% Cr,
 - 0,4 bis 0,5 Gew.-% C,
 - 2,5 bis 3,5 Gew.-% Si und
 - 4,5 bis 5,5 Gew.-% Mn,
- wobei sich der verbleibende prozentuale Anteil aus Eisen und Restverunreinigungen, sowie ggf. aus Spuren an Mo und N zusammensetzt.
3. Rostfreier, kobalthaltiger Stahl nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß er folgendes enthält:
- 11,6 Gew.-% Co,
 - 16,6 Gew.-% Cr,
 - 0,46 Gew.-% C,
 - 3,3 Gew.-% Si und
 - 5,3 Gew.-% Mn,
- wobei sich der verbleibende prozentuale Anteil aus Eisen und Restverunreinigungen, sowie ggf. aus Spuren an Mo und N zusammensetzt.
4. Rostfreier, kobalthaltiger Stahl nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß er folgendes enthält:
- 8 Gew.-% Co,
 - 16,4 Gew.-% Cr,
 - 0,41 Gew.-% C,
 - 3,5 Gew.-% Si und
 - 5 Gew.-% Mn,
- wobei sich der verbleibende prozentuale Anteil aus Eisen und Restverunreinigungen, sowie ggf. aus Spuren an Mo und N zusammensetzt.
5. Rostfreier, kobalthaltiger Stahl nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß er folgendes enthält:
- 8 Gew.-% Co,
 - 16 Gew.-% Cr,
 - 0,4 Gew.-% C,
 - 3 Gew.-% Si und
 - 5 Gew.-% Mn,
- wobei sich der verbleibende prozentuale Anteil aus Eisen und Restverunreinigungen, sowie ggf. aus Spuren an Mo und N zusammensetzt.
6. Verwendung von rostfreien, austenitischen, kobalthaltigen, gegen Kavitationskorrosion extrem beständigen Stähle nach Anspruch 1 zum Bilden oder zum Umhüllen von rostfreien, kobalthaltigen Stahlelementen für die Herstellung oder die Reparatur von hydraulischen Maschinen.
7. Verwendung von rostfreien, austenitischen, kobalthaltigen, gegen Kavitationskorrosion extrem beständigen Stählen nach Anspruch 2 zum Bilden oder zum Umhüllen von rostfreien, kobalthaltigen Stahlelementen für die Herstellung oder die Reparatur von hydraulischen Maschinen.
8. Verwendung von rostfreien, austenitischen, kobalthaltigen, gegen Kavitationskorrosion extrem beständigen Stählen nach Anspruch 4 oder 5 zum Bilden oder zum Umhüllen von rostfreien, kobalthaltigen Stahlelementen für die Herstellung oder die Reparatur von hydraulischen Maschinen.
9. Verwendung von rostfreien, austenitischen, kobalthaltigen, gegen Kavitationskorrosion extrem beständigen Stählen nach Anspruch 1 zur Bildung von Schweißelektroden oder Schweißfäden für die Herstellung oder die Reparatur von hydraulischen Maschinen.
10. Verwendung von rostfreien, austenitischen, kobalthaltigen, gegen Kavitationskorrosion extrem beständigen Stählen nach Anspruch 2 zur Bildung von Schweißelektroden oder Schweißfäden für die Herstellung oder die Reparatur von hydraulischen Maschinen.
11. Verwendung von rostfreien, austenitischen, kobalthaltigen, gegen Kavitationskorrosion extrem beständigen Stählen nach Anspruch 3 zur Bildung von Schweißelektroden oder Schweißfäden für die Herstellung oder die Reparatur von hydraulischen Maschinen.

Claims

1. A austenitic Co-containing stainless steel alloy showing a high cavitation erosion resistance, where-
in:
 - a) said alloy consists of:
 - from 8 to 30% by weight of Co;
 - from 13 to 30% by weight of Cr;
 - from 0.03 to 2.0% by weight of C;
 - up to now 0.3% by weight of N;
 - up to 5.0% by weight of Si;
 - up to 1.0% by weight of Ni;
 - up to 2.0% by weight of Mo; and
 - up to 16.0% by weight of Mn, the balance consisting of Fe and residual impurities;
 - b) it satisfies at least one of the following conditions:
 - the amount of C is higher than 0.3%;
 - the amount of Si is higher than 3.0%;
 - the amount of Mn is higher than 9.0%; and
 - c) its amount of elements known as ferrite formers (Cr, Mo, Si) and as austenite former (C, N, Co, Ni, Mn) and, amongst said austenite and ferrite formers, of each of these elements known to increase and lower the stacking fault energy, are suitably selected and balanced so that at least 60% by weight of the alloy is, at ambient temperature, in a face centered cubic face having a stacking fault energy low enough to show a fine deformation twinning under cavitation exposure or, alternatively, to make this face centered cubic face transformable under cavitation exposure to an hexagonal close pack ϵ -phase and/or to α -martensite showing a fine deformation twinning.
2. A Co-containing stainless steel alloy as claimed in claim 1, characterized in that it comprises:
 - from 10 to 12% by weight of Co;
 - from 16 to 18% by weight of Cr;
 - from 0.4 to 0.5% by weight of C;
 - from 2.5 to 3.5% by weight of Si; and
 - from 4.5 to 5.5% by weight of Mn;
 the balance consisting of Fe and residual impurities with possible traces of Mo and N.
3. A Co-containing stainless steel alloy as claimed in claim 2, characterized in that it comprises:
 - 11.6% by weight of Co;
 - 16.6% by weight of Cr;
 - 0.46% by weight of C;
 - 3.3% by weight of Si; and
 - 1.3% by weight of Mn,
 the balance being consisting of Fe and residual impurities with possible traces of Mo and N.
4. A Co-containing stainless steel alloy as claimed in claim 2, characterized in that it comprises:
 - 8% by weight of Co;
 - 16.4% by weight of Cr;
 - 0.41% by weight of C;
 - 3.5% by weight of Si; and
 - 5% by weight of Mn,
 the balance consisting of Fe and residual impurities with possible traces of Mo and N.
5. A Co-containing stainless steel alloy as claimed in claim 2, characterized in that it comprises:
 - 8% by weight of Co;
 - 16% by weight of Cr;
 - 0.4% by weight of C;
 - 3% by weight of Si;
 - 5% by weight of Mn,
 the balance consisting of Fe and residual impurities with possible traces of Mo and N.
6. Use of Co-containing austenitic stainless steel alloys showing a high cavitation erosion resistance, as claimed in claim 1, for making or covering stainless steel components for use in the manufacture or repair of hydraulic machine.
7. Use of Co-containing austenitic stainless steel alloys showing a high cavitation erosion resistance, as claimed in claim 2, for making or covering stainless steel components for use in the manufacturing or repair of hydraulic machines.
8. Use of Co-containing austenitic stainless steel alloys showing a high cavitation erosion resistance, as claimed in claim 4 or claim 5, for making or converging stainless steel components for use in the manufacturing or repair of hydraulic machines.
9. Use of Co-containing austenitic stainless steel alloys showing a high cavitation erosion resistance, as claimed in claim 1, for making electrodes or welding wires for the manufacture or repair of hydraulic machines.
10. Use of Co-containing austenitic stainless steel alloys showing a high cavitation erosion resist-

ance, as claimed in claim 2, for making electrodes or welding wires for the manufacture or repair of hydraulic machines.

11. Use of Co-containing austenitic stainless steel alloys showing a high cavitation erosion resistance, as claimed in claim 3, for making electrodes or welding wires for the manufacture or repair of hydraulic machines.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65