

①② **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
09.11.88

⑤① Int. Cl.⁴ : **C 22 C 38/60, C 21 D 1/26//**
C23C8/38

②① Numéro de dépôt : **85401162.4**

②② Date de dépôt : **12.06.85**

⑤④ **Acier nitrurable à haute résistance et bonne usinabilité, utilisable comme acier de construction et procédé pour sa fabrication.**

③① Priorité : **13.06.84 FR 8409251**

④③ Date de publication de la demande :
05.02.86 Bulletin 86/06

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
09.11.88 Bulletin 88/45

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑤⑥ Documents cités :
FR-A- 1 597 415
FR-A- 2 445 388
Normes AFNOR, acier 30 CAD 6.12

⑦③ Titulaire : **ASCOMETAL**
Immeuble Elysées-La Défense 29, Le Parvis Cedex
34
F-92072 PARIS-LA DEFENSE 4 (FR)

⑦② Inventeur : **Confente, Mario**
26 rue Aristide Briand
54520 Laxou (FR)
Inventeur : **Bellot, Jean**
2, Chalet des Vannes
F-54340 Pompey (FR)

⑦④ Mandataire : **Polus, Camille et al**
c/o Cabinet Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cedex 09 (FR)

EP 0 170 546 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 concerne un acier de construction à haute résistance présentant une bonne usinabilité et une grande aptitude au durcissement superficiel par nitruration, l'utilisation de cet acier avant ou après nitruration comme acier de construction, ainsi qu'un procédé de fabrication de cet acier.

On connaît déjà par la demande de brevet français antérieure de la demanderesse FR-A-2 395 323, un
5 acier de construction à grain fin, à usinabilité améliorée présentant une très faible proportion d'aluminium (de 0,01 à 0,05 % en poids) et une teneur en carbone de 0,05 à 1,20 % en étant habituellement voisine de 0,40 % dans les exemples.

De même, la teneur en soufre, bien que prévue de 0,02 à 0,10 % en poids est voisine, en pratique, de 0,080 %.

10 Cet acier antérieur de la demanderesse présente une excellente usinabilité et des propriétés mécaniques moyennes.

D'autre part, cet acier ne présente pas d'aptitude au durcissement par nitruration, notamment par bombardement ionique, alors que cette technique permet de traiter superficiellement des pièces mécaniques entièrement terminées sans aucune reprise d'usinage.

15 On connaît d'autre part, par la demande de brevet français FR-A-2 212 432 un acier à grain fin, et son procédé de préparation, présentant également un usinage amélioré, contenant au maximum 0,70 % de carbone et de préférence 0,13 à 0,70 % de carbone, au maximum 0,45 % de silicium, 0,015 à 0,1 % et de préférence 0,03 à 0,06 % d'aluminium.

La teneur en calcium varie de préférence entre 2 et 30 ppm. Dans les exemples indiqués, la teneur en
20 carbone est supérieure à 0,2 %.

De même, ces aciers, notamment par une très faible teneur en aluminium comme dans les aciers précédents de la Demanderesse, ne présentent pas d'aptitude au durcissement par nitruration, ce qui en limite l'utilisation ou application comme acier de construction.

On connaît aussi par la demande de brevet français FR-A-2 088 862 un acier de décolletage amélioré
25 provoquant une abrasion minime des outils et de bonnes propriétés mécaniques contenant de 0,08 à 0,60 % de carbone, de 0,15 à 0,60 % de silicium, de 0,030 à 0,15 % de soufre, de 20 à 200 ppm de calcium et 0,005 à 0,05 % d'aluminium soluble.

D'autre part, et comme pour les autres aciers précédents la teneur en carbone est en pratique au moins de 0,40 (voir tableau 1, page 3). Egalement, la teneur en silicium est en pratique voisine de 0,2 à
30 0,3 %. Cet acier ne contient ni chrome ni même du nickel.

On connaît encore par la demande de brevet français FR-A-2 445 388 un acier de décolletage contenant des particules incluses de sulfure ayant un allongement, une taille, et une distribution déterminés.

La teneur en soufre est comprise entre 0,04 et 0,4 %. Il s'agit donc d'acier fortement resulfuré.

35 La demanderesse a pu observer que des teneurs en soufre supérieures à 0,1 % doivent être proscrites car elles conduisent à une fragilité excessive des couches superficielles élaborées à la surface d'un acier lorsqu'il est soumis au traitement de nitruration.

Ainsi, les aciers décrits dans ce document comme dans le document précédent, ne présenteront pas d'aptitude au durcissement par nitruration.

40 D'autre part, cet acier ne contient souvent pas d'aluminium ou en quantité très faible alors que la demanderesse a découvert que cet élément est essentiel pour obtenir l'effet recherché de haute aptitude à la nitruration. De même, la plupart des aciers selon ce document ont une teneur élevée en carbone supérieure à 0,20 %.

Par ailleurs, il est connu par la norme AFNOR 40 CAD 6-12 des aciers à usinabilité améliorée
45 contenant de 0,36 à 0,40 % de carbone, de 0,5 à 0,8 % de manganèse, de 0,10 à 0,40 % de silicium, de 0,8 à 1,30 % d'aluminium, une teneur en soufre non contrôlée pouvant aller jusqu'à 0,035 %, de 1,5 à 1,8 % de chrome et de 0,20 à 0,40 % de molybdène.

Ces aciers, selon cette norme AFNOR, présentent une aptitude à la nitruration, mais sont déficients en ce qui concerne leurs propriétés d'usinabilité et de soudabilité.

50 On connaît également par la norme AFNOR 30 CAD 6-12 des aciers de construction contenant de 0,28 à 0,35 % de carbone, de 0,20 à 0,40 % de silicium, de 0,50 à 0,80 % de manganèse, une teneur en phosphore et en soufre respectivement $\leq$ 0,035 %, de 1,5 à 1,8 % de chrome et de 0,25 à 0,40 % de molybdène.

On connaît également, par le brevet japonais SUMITOMO JP-B-12.133/1977, un acier à usinabilité
55 améliorée ayant une teneur en aluminium très faible (0,002 à 0,015 % d'aluminium soluble), une teneur en silicium de 0,05 à 0,40 %, la teneur en carbone étant préférée de 0,45 à 0,8 %. On peut ajouter dans cet acier du chrome, du nickel ou du molybdène à teneur respective de 0,5 à 3,5 % ; 1,0 à 3,5 % et 0,5 à 2 %.

Cet acier, présentant également une très faible teneur en aluminium, se prête difficilement à un traitement de nitruration.

60 On connaît encore d'autres aciers ayant une résistance mécanique élevée, n'ayant pas d'aptitude particulière en ce qui concerne l'usinabilité, ni en ce qui concerne la nitruration par les documents suivants : FR-A-2 488 285 ; FR-A-2 529 231, FR-A-2 516 942 ; FR-A-2 525 709 ; FR-A-2 526 122 ; et FR-2 531 998.

Les aciers connus de la technique ne permettent pas, dans le domaine de la construction mécanique, d'obtenir simultanément une simplification des gammes de fabrication et l'obtention de caractéristiques mécaniques élevées sur pièces à cœur et surtout en surface. Or, ceci implique l'utilisation d'aciers spéciaux présentant un ensemble de propriétés très spécifiques qu'aucun acier connu à ce jour ne présente.

La présente invention a donc pour but de résoudre le nouveau problème technique consistant à créer une nouvelle famille d'aciers qui présenterait à la fois :

- a) une résistance à l'état traité par normalisation et revenu comparable à celle atteinte sur acier au carbone et allié après trempe et revenu ;
- b) une bonne usinabilité, permettant une mise en œuvre suffisamment aisée par usinage dans cet état ;
- c) une bonne soudabilité, permettant l'assemblage par soudage ;
- d) une grande aptitude au durcissement par nitruration notamment par bombardement ionique, technique permettant de traiter superficiellement sous vide partiel et à des températures relativement basses, de l'ordre d'au moins 450 °C des pièces mécaniques entièrement terminées sans aucune reprise d'usinage.

La présente invention permet de résoudre ce nouveau problème technique pour la première fois.

Selon l'invention, on fournit ainsi une nouvelle famille d'aciers présentant simultanément les propriétés précédemment énoncées grâce à une faible teneur en carbone (inférieure à 0,30 %, de préférence inférieure à 0,20 % et encore de préférence inférieure à 0,15 %), avec simultanément une teneur relativement élevée en aluminium (0,20 à 2 %, de préférence au moins 0,5 % à 1,5 %) avec la présence simultanée de chrome (d'au moins 0,5 %) et de manganèse (d'au moins 0,5 %).

L'aluminium, le chrome et le manganèse sont les trois éléments de base pour l'effet recherché de haute aptitude à la nitruration.

D'autre part, la présente invention fournit des aciers de construction mécanique à basse teneur en soufre ou faiblement resulfurés, soit 0,01 à 0,1 % et de préférence de 0,020 à 0,040 %.

On observera que le pourcentage surfacique des amas d'alumine dans la section transversale de la matrice de l'acier selon l'invention est généralement inférieur à 0,1 %.

Ainsi, selon un premier aspect de la présente invention, on fournit un nouvel acier contenant du carbone, du manganèse, du silicium, du chrome, de l'aluminium, du soufre, du phosphore, caractérisé en ce qu'il a la composition chimique suivante en pourcentage en poids :

	C	Mn	Si	P	S
	0,05-0,30	0,50-2,00	0,10-0,80	≤ 0,100	0,01-0,10
	Cr	Ni	Mo	Al	
	0,50-6,00	0,10-2,00	0,10-0,50	0,20-2,00	
	Ca	Te			
	0,001-0,010	0,003-0,020			

et éventuellement au moins l'un des éléments choisis dans le groupe consistant en du Vanadium, du Niobium et du Titane, jusqu'à environ 1 % en poids au total, le solde étant du fer avec les impuretés résiduelles inévitables habituelles.

Ce nouvel acier peut présenter une teneur préférée en soufre comprise entre 0,020 et 0,040.

D'autre part, la teneur préférée en carbone est de 0,05 à 0,20, encore de préférence est comprise entre 0,11 et 0,15.

Le carbone a un effet important sur les propriétés mécaniques de l'acier. Au-delà de 0,30, les exigences de ductilité, ténacité et surtout soudabilité ne sont pas suffisamment satisfaisantes.

Un minimum de 0,05 est exigé pour avoir un effet visible du carbone. On préfère une teneur inférieure à 0,20 % de carbone pour obtenir de bonnes propriétés mécaniques avec une ductilité, une ténacité et une soudabilité excellentes. La teneur préférée de 0,11 à 0,15 constitue une plage de valeurs où les meilleures propriétés sont obtenues.

La teneur en manganèse est de 0,5 à 2 %, de préférence de 0,7 à 1,8 %. Le manganèse est présent pour améliorer les propriétés mécaniques de l'acier, en particulier grâce à son effet durcissant. D'autre part, il s'agit d'un élément favorable au durcissement par nitruration.

Il faut une teneur minimum de 0,5 % de manganèse pour obtenir l'effet minimum, tandis qu'au-delà de 2 %, le manganèse diminue la ductilité à chaud et donc le travail à chaud et provoque la corrosion des réfractaires du four. On préfère donc une teneur maximum de 1,8 %.

Une teneur encore préférée de manganèse est de 0,7 à 0,9 %.

Une teneur préférée de silicium est de 0,20 à 0,80 et encore de préférence de 0,5 à 0,80.

Le silicium est l'un des éléments essentiels pour améliorer la résistance mécanique de l'acier par son effet durcissant en solution solide.

D'autre part, il s'agit d'un élément augmentant l'aptitude à la nitruration de l'acier.

Ces objectifs sont de préférence atteints lorsque le silicium est présent dans les teneurs préférées mentionnées ci-dessus.

La teneur en phosphore est limitée à 0,10 et de préférence est inférieure ou égale à 0,030 car il s'agit d'une impureté dont la teneur doit être limitée pour éviter les effets néfastes habituels bien connus dans la littérature.

La teneur en soufre est selon l'invention strictement contrôlée à une valeur faible. Le soufre constitue un des éléments essentiels améliorant l'usinabilité de l'acier.

Pour cet effet, la teneur minimum en soufre est de 0,010 et la teneur maximale de 0,10 %.

De préférence, la teneur maximale en soufre est inférieure à 0,050 et encore de préférence comprise entre 0,020 % et 0,040 % de manière à obtenir la meilleure usinabilité sans nuire aux autres propriétés.

Il est à noter que lorsque la teneur en soufre est trop élevée, en particulier lorsque cette teneur est supérieure à 0,10, l'état des inclusions de sulfures est moins bon, ce qui diminue les propriétés mécaniques de l'acier.

Le chrome est un élément qui apporte une amélioration des caractéristiques mécaniques de l'acier. En outre, le chrome présente une forte affinité pour l'azote et constitue donc un élément de base pour la nitruration.

A cet effet, une teneur minimale de 0,5 % est exigée pour obtenir lors de la nitruration un durcissement suffisant de la zone de diffusion.

D'autre part, une teneur d'environ 4 % est souhaitée pour obtenir une grande profondeur de nitruration.

Au-delà de 6 % le chrome limite non seulement la profondeur totale de nitruration mais il forme de plus des phases alphas pouvant donner naissance à des difficultés de laminage. On préfère 3,90 à 4,30 % de chrome.

La présence du nickel est éventuelle et est préférée pour améliorer la trempabilité de l'acier, propriété qui est d'une grande importance dans le cas de produits de grande dimension. En outre, le nickel augmente la résistance à la rupture fragile (résilience).

La teneur en nickel est limitée à 2 % car au-delà, le nickel modifie la structure de l'acier. En outre, le nickel est un élément coûteux.

On préfère une teneur minimale de 0,10 % pour obtenir l'effet recherché. Une teneur davantage préférée en nickel est d'au moins 0,5 % et est encore de préférence comprise entre 0,6 et 0,90 %.

L'aluminium est un élément de base pour obtenir une aptitude excellente de l'acier à la nitruration.

L'aluminium conduit lors de la nitruration à une forte élévation de la dureté superficielle ainsi qu'à une augmentation importante de la longueur du palier de dureté.

Une teneur minimale à cet effet de l'aluminium est de 0,20 %. Au-delà de 2 %, l'aluminium provoque un grossissement des grains important, l'apparition de phases alphas, aboutissant à des problèmes de laminage et de fragilité du métal.

Une teneur préférée en aluminium est d'au moins 0,5 % et au maximum de 1,5 %. Encore, de préférence, la teneur en aluminium est comprise entre 0,7 et 1 %.

Le molybdène est éventuellement présent dans l'acier selon l'invention. Le molybdène est de préférence présent car il a un effet important sur la trempabilité et sur le durcissement et la résistance à l'adoucissement de la matrice. Une teneur minimale de 0,10 % est exigée pour obtenir cet effet tandis que sa teneur est limitée à 0,50 %, étant donné qu'il s'agit d'un élément coûteux et qu'au-delà de cette teneur, il se produit des modifications cristallographiques ayant une influence sur l'usinabilité.

Le calcium et le tellure sont des éléments préférés soigneusement contrôlés pour obtenir une excellente usinabilité de l'acier. Ils peuvent donc être éventuels.

Lors de leur emploi, une teneur minimum de 0,001 % de calcium est exigée à cet effet, au-delà de 0,010 % de calcium, on provoque l'apparition de grosses inclusions d'oxydes du type calcique préjudiciable aux propriétés d'emploi.

La teneur préférée en calcium est de 0,01 à 0,003 % (soit 10 à 30 ppm).

Une teneur minimale de 0,003 % de tellure est préférée pour améliorer l'usinabilité de l'acier. Au-delà de 0,010 % de tellure, on modifie la forme des inclusions de sulfures de façon défavorable vis-à-vis des propriétés de l'acier comme déjà décrit dans la demande antérieure de la demanderesse précitée FR-A-2 395 323.

Le vanadium est un élément éventuel qui est de préférence ajouté car il présente un effet carburigène provoquant un durcissement de la matrice. En outre, le vanadium limite l'adoucissement au cours du revenu provoqué par le traitement de nitruration. Le vanadium a aussi un effet favorable sur le durcissement par nitruration en fond de couches de diffusion de l'azote.

La teneur en vanadium est limitée à 1 %, de préférence 0,5 % et encore de préférence est comprise entre 0,10 et 0,20 % afin d'obtenir ces effets sans interférer sur la structure cristallographique de l'acier et donc sur les propriétés, notamment sur l'usinabilité.

Le niobium est également un élément éventuel ayant le même effet carburigène que le vanadium provoquant un durcissement de la matrice en limitant aussi l'adoucissement au cours du revenu provoqué par le traitement de nitruration. Le niobium a également un effet favorisant le durcissement par nitruration en fond de couches de diffusion de l'azote.

En outre, le niobium a un effet d'affineur de grain, notamment de ferrite.

Le niobium peut être présent jusqu'à 1 %, mais de préférence est limité lorsqu'il est présent à moins de 0,5 % en étant encore de préférence compris entre 0,1 et 0,2 %.

Le titane est également un élément éventuel ayant un effet carburigène provoquant un durcissement de la matrice comme le vanadium ou le niobium. Le titane présente également un effet affineur de grain comme le niobium. La teneur en titane peut également atteindre 1 % mais une teneur préférée maximum est de 0,5 % et encore de préférence le titane est limité à 0,1-0,2 % lorsqu'il est présent.

Enfin, lorsque l'on combine ces éléments, la teneur totale ne doit pas dépasser 1 % et de préférence est limitée à 0,5 %.

Parmi le vanadium, le niobium et le titane, on préfère utiliser le vanadium.

Ainsi, l'acier selon l'invention présente la composition préférée suivante, en pourcentage en poids :

	C	Mn	Si	P
	0,11-0,15	0,70-0,90	0,50-0,80	≤ 0,030
15	S	Cr	Ni	Mo
	0,020-0,040	3,90-4,30	0,60-0,90	0,15-0,25
20	Al	Ca	Te	V
	0,70-1,0	0,001-0,003	0,003-0,010	0,10-0,15

le solde étant le fer avec les impuretés résiduelles inévitables habituelles.

Les caractéristiques mécaniques de cet acier sont excellentes ainsi que son usinabilité et son aptitude à la nitruration.

A l'état brut de laminage ou de forgeage, ou à l'état normalisé, la résistance mécanique Rm est de l'ordre de 900-1 400 MNewton/m² suivant la dimension des produits (ronds ou laminés, produits forgés) et les conditions de refroidissement après laminage/forgeage ou normalisation.

En ce qui concerne l'usinabilité, à ce niveau de résistance, les performances d'usinage à vitesse de coupe basse ou moyenne (outils en acier rapide) et haute vitesse (outils carbure) sont très largement améliorées en combinaison par un contrôle rigoureux des inclusions de sulfure (globularisation par addition de tellure) et d'oxyde (transformation des chapelets d'alumine Al₂O₃ en inclusions polyphasées), alumine substituée en chaux xAl₂O₃, yCaO + sulfure substitué du type (Mn, Ca)S.

A ce sujet, on préfère un rapport tellure/soufre compris entre 0,07 et 0,13 comme indiqué dans la demande antérieure de la demanderesse FR-A-2 395 323, de préférence entre 0,09 et 0,11 et encore de préférence à environ 0,10.

D'autre part, et de manière également essentielle, les aciers selon la présente invention ont une dureté superficielle et une cinétique de nitruration, notamment par bombardement ionique, beaucoup plus élevées, de manière inattendue, que les aciers conventionnels pour nitruration traités par trempe et revenu, et notamment ceux selon la norme AFNOR 40 CAD 6-12, comme cela sera démontré dans l'exemple suivant.

L'invention concerne également un procédé de préparation de l'acier selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comprend l'addition de manière connue lors du processus métallurgique, et le contrôle de la teneur des divers constituants de manière à obtenir un acier ayant la composition chimique précédemment indiquée.

En outre, ce procédé selon l'invention comprend de préférence une étape supplémentaire de stabilisation par traitement de l'acier, directement sur l'état brut de laminage ou de forgeage, ou après normalisation, à une température comprise entre environ 500 et 620 °C.

Ce traitement de stabilisation a pour but d'éviter, au cours de traitement ultérieur de nitruration, toute déformation des pièces par relaxation des contraintes internes. Dans cet état, la résistance mécanique Rm est comprise entre 800 et 1 300 M.Newton/M².

Le procédé selon l'invention comprend en outre de préférence une étape de nitruration habituelle. De préférence, cette étape de nitruration consiste en un traitement de nitruration par bombardement ionique effectué à une température d'au moins 450 °C pendant un ou plusieurs jours selon la dureté superficielle désirée, la profondeur de nitruration désirée en surface ou à cœur.

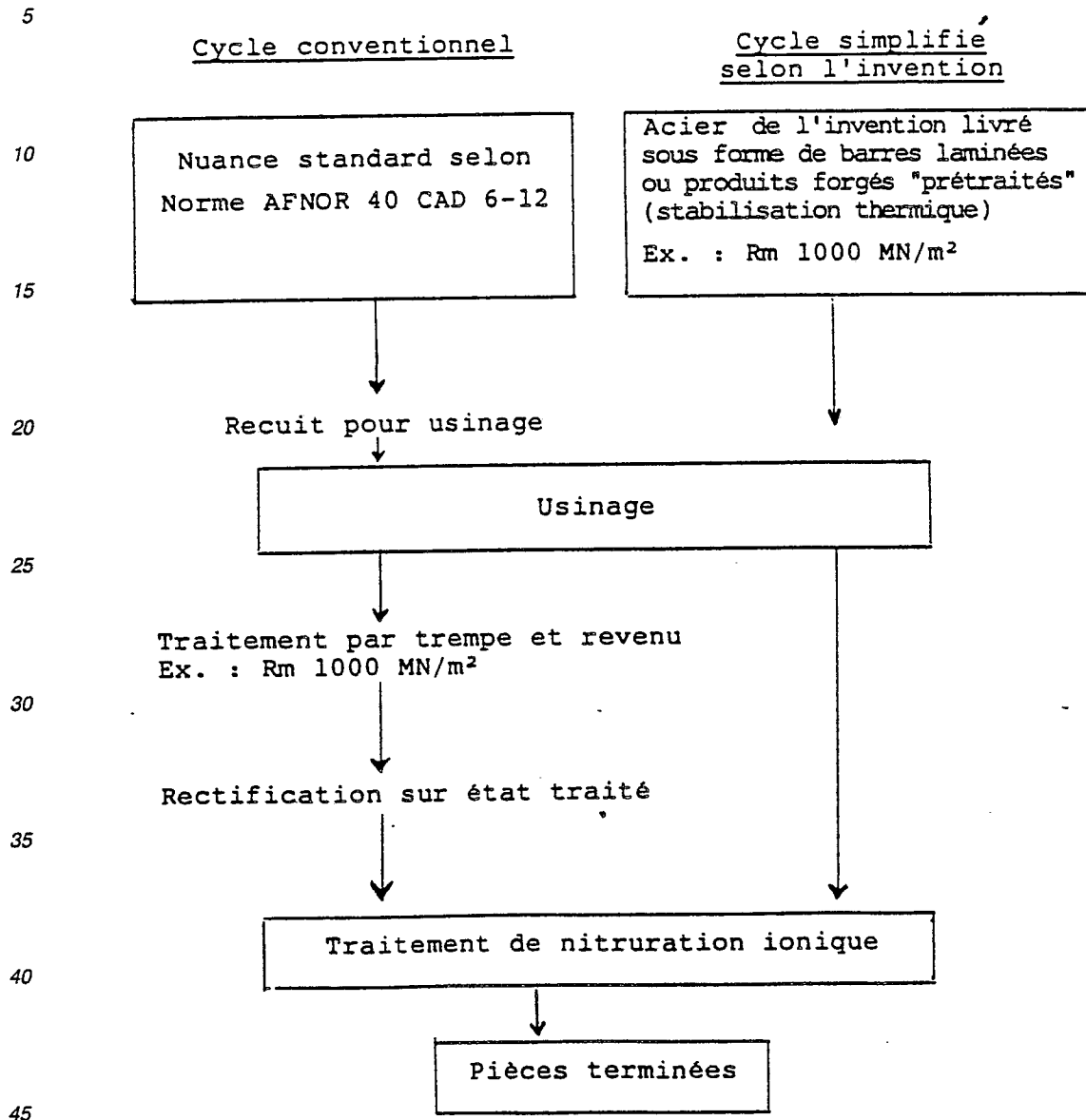
L'invention concerne également une utilisation de cet acier comme acier de construction.

L'invention permet de simplifier le cycle de traitement et de fabrication chez l'utilisateur en évitant le traitement de recuit pour usinage et un traitement de trempe et de revenu après usinage ainsi qu'un traitement de rectification sur l'état traité, comme cela ressort du tableau I suivant :

(Voir Tableau I page 6)

Tableau I

Simplification du cycle de traitement et de fabrication chez l'utilisateur



50 L'invention sera maintenant décrite en référence à un exemple de réalisation comprenant une comparaison avec un acier antérieurement connu selon la norme AFNOR 40 CAD 6-12. Cet exemple est naturellement donné à titre d'illustration et ne saurait en aucune façon limiter la portée de l'invention. Dans cet exemple, tous les pourcentages sont donnés en poids sauf indication contraire, le solde étant le fer.

Exemple

55 On élabore dans un four électrique de 80 tonnes des lingots de 5 tonnes à transformer par laminage en ronds de diamètre 90 à 220 mm, de manière classique, pour aboutir à un acier selon l'invention ayant la composition chimique suivante :

60

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr
0,135	0,81	0,508	0,016	0,026	0,73	4,01
Mo	Al	Ti	Te	Ca		
0,204	1,02	0,009	0,007	0,003		

65

On élabore de la même manière un acier de comparaison standard selon la norme AFNOR CAD 6-12, ci-après dénommé acier 40 CAD 6-12 ayant la composition chimique suivante :

C : 0,39 ; Mn : 0,59 ; Si : 0,32 ; P : 0,018 ; S : 0,024 ; Cr : 1,63 ; Mo : 0,29 ; Al : 1,00 ;

Dans ces deux aciers, le solde est naturellement du fer avec les impuretés inévitables habituelles. Les caractéristiques mécaniques comparées de ces deux aciers sur des lingots de 5 tonnes transformés par laminage en ronds de diamètre 100 mm sont répertoriées au tableau II suivant, ces caractéristiques étant mesurées à cœur :

Tableau II

	Re (MN/m ²) **		Rm (MN/m ²) **		A %		Z %	
	Invention	40CAD 6-12	Invention	40CAD 6-12	Invention	40CAD 6-12	Invention	40CAD 6-12
Brut de laminage	1050	:	1240	:	5,40	:	13	:
Normalisé	1020	:	1200	:	7	:	30	:
Stabilisé à 600°C	845	:	920	:	12,6	:	39	:
Nitruré 68h à 530°C	785	:	860	:	19	:	70	:
Nitruré 68h à 510°C	805	:	890	:	17,2	:	67,7	:

On a également déterminé l'aptitude à l'usinage par des essais de tournage longue durée.

Ces performances d'usinage obtenues sont répertoriées au tableau III ci-dessous. Celles-ci ont été obtenues en comparant un acier de construction standard ayant la composition suivante : C : 0,42 ; Mn : 0,79 ; Si : 0,20 ; P : 0,017 ; S : 0,026 ; Ni : 0,21 ; Cr : 1,03 ; Mo : 0,16 ; Al : 0,035 ; Ca : — ; solde Fer, avec un acier selon l'invention et l'acier de nitruration précité 40CAD 6-12, tous ces aciers ayant été traités à 950 M Newton/m² :

Tableau III

	Outil 6-5-2 (f=0,1 mm/t - a=1 mm)		Outil carbure P30 (f=0,25 mm/t - a=1,5 mm)	
	V ₂₀ m/mn *		V ₂₀ m/mn *	
Acier standard	70		160	
Acier de l'invention	60		166	
Acier 40 CAD 6-12 **	44		122	

* V₂₀ critères d'usinabilité : vitesse de coupe admissible pour une durée de vie d'outil de 20 mm

** après le traitement thermique ou recuit et après trempe et revenu à 650 °C.

On a également comparé la dureté superficielle et la cinétique de nitruration, notamment par bombardement ionique, entre l'acier selon l'invention et l'acier conventionnel pour nitruration traité par trempe et revenu précité 40CAD 6-12.

La figure 1 annexée représente les courbes de dureté Wickers obtenues sous une charge de 0,05 kg après un traitement de nitruration par séquences classiques de 70 heures. La durée Wickers est représentée en ordonnée, tandis qu'en abscisse on a indiqué la profondeur de couche où est mesurée la dureté.

Il est à noter une augmentation remarquable de dureté obtenue par l'acier selon l'invention, qui est tout à fait inattendue pour un homme du métier.

De même, la figure 2 représente la courbe de dureté de l'alliage selon l'invention avec l'alliage pour nitruration 40CAD 6-12, en fonction de la charge en abscisse.

D'autre part, la figure 3 représente à titre indicatif l'évolution de la dureté Wickers au cours du temps lors du traitement de nitruration à 530 °C. La dureté Wickers est indiquée en ordonnée, tandis qu'en abscisse on indique la profondeur de la couche où est mesurée la dureté comme pour la figure 1.

On peut indiquer que la dureté superficielle après nitruration par bombardement ionique effectuée à 530 °C pendant 64 heures, d'un acier selon l'invention, conduit, pour une configuration γ' aux performances suivantes :

- dureté superficielle : 1 400-1 600 HV_{0,1}
- profondeur de nitruration à HV_{0,05} ≥ 1 000 : 400 μm
- profondeur de nitruration à HV_{0,05} ≥ (HV cœur + 100) : 500 μm

Revendications

1. Acier contenant du carbone, du silicium, du manganèse, du chrome, de l'aluminium, du soufre et du phosphore, caractérisé en ce qu'il présente la composition chimique suivante, en pourcentage en poids :

	C	Mn	Si	P	S
	0,05-0,30	0,50-2,00	0,10-0,80	≤ 0,100	0,01-0,10
10	Cr	Ni	Mo	Al	
	0,50-6,00	0,10-2,00	0,10-0,50	0,20-2,00	
15	Ca	Te			
	0,001-0,010	0,003-0,020			

et éventuellement au moins l'un des éléments choisis dans le groupe consistant en du vanadium, du niobium et du titane jusqu'à environ 1 % en poids au total, le solde étant du fer avec les impuretés résiduelles inévitables habituelles.

2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en ce que sa teneur en carbone est inférieure à 0,20 % ; sa teneur en silicium est comprise entre 0,30 et 0,80 et de préférence entre 0,5 et 0,80 tandis que sa teneur en soufre est inférieure à 0,050.

3. Acier selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il présente la composition chimique suivante, en pourcentage en poids :

	C	Mn	Si	P
	0,11-0,15	0,70-0,90	0,50-0,80	≤ 0,030
30	S	Cr	Ni	Mo
	0,020-0,040	3,90-4,30	0,60-0,90	0,15-0,25
35	Al	Ca	Te	V
	0,70-1,0	0,001-0,003	0,003-0,010	0,10-0,15

le solde étant du fer avec les impuretés résiduelles inévitables habituelles.

4. Acier selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il présente la composition chimique suivante, en pourcentage en poids :

C: 0,135 ; Mn: 0,81 ; Si: 0,508 ; P: 0,016 ;
S: 0,016 ; Ni: 0,73 ; Cr: 4,01 ; Mo: 0,204 ;
Al: 1,02 ; Ti: 0,009 ; Te: 0,007 ; Ca: 0,003 .

5. Procédé de préparation d'un acier, caractérisé en ce qu'il comprend l'addition de manière connue lors du processus métallurgique et le contrôle de la teneur des divers constituants de manière à obtenir la composition de l'acier telle que définie selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de stabilisation comprenant un traitement de l'acier, directement sur l'état brut de laminage ou de forgeage, ou après normalisation, à une température comprise entre 500 et 620 °C.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comprend un étape de nitruration de l'acier, de préférence par bombardement ionique.

8. Utilisation de l'acier tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 comme acier de construction à haute résistance présentant une bonne usinabilité et une grande aptitude au durcissement superficiel par nitruration.

9. Utilisation selon la revendication 8, caractérisée en ce que l'acier a subi un traitement de nitruration et présente une dureté superficielle de 1 400 à 1 600 HV_{0,01}, une profondeur de nitruration à HV_{0,05} ≥ 1 000 : 400 μm et une profondeur de nitruration à HV_{0,05} ≥ (HV cœur + 100) : 500 μm.

Claims

1. A steel containing carbon, silicon, manganese, chromium, aluminium, sulphur and phosphorus, characterized in that it has the following chemical composition in percentage by weight :

C	Mn	Si	P	S
0.05-0.30	0.50-2.00	0.10-0.80	≤ 0.100	0.01-0.10
Cr	Ni	Mo	Al	
0.50-6.00	0.10-2.00	0.10-0.50	0.20-2.00	
Ca	Te			
0.001-0.010	0.003-0.020			

10 and possibly at least one of the elements selected from the group comprising vanadium, niobium and titanium to about a total of 1 % by weight, the residue being iron with the usual inevitable residual impurities.

2. A steel according to Claim 1, characterized in that its carbon content is less than 0.20 % ; its silicon content is between 0.30 and 0.80, and preferably between 0.5 and 0.80, while its sulphur content is less than 0.050.

15 3. A steel according to claims 1 or 2, characterized in that it has the following chemical composition in percentage by weight :

C	Mn	Si	P
0.11-0.15	0.70-0.90	0.50-0.80	≤ 0.030
S	Cr	Ni	Mo
0.020-0.040	3.90-4.30	0.60-0.90	0.15-0.25
Al	Ca	Te	V
0.70-1.0	0.001-0.003	0.003-0.010	0.10-0.15

the residue being iron with the usual inevitable residual impurities.

4. A steel according to claims 1 or 2, characterized in that it has the following chemical composition in percentage by weight :

35 C: 0.135 ; Mn: 0.81 ; Si: 0.508 ; P: 0.016 ;
S: 0.016 ; Ni : 0.73 ; Cr: 4.01 ; Mo: 0.204 ;
Al: 1.02 ; Ti : 0.009 ; Te: 0.007 ; Ca: 0.003 .

5. A process for the preparation of a steel, characterized in that it comprises the addition of the various constituents in known manner during the metallurgical process and the control of their contents, so as to obtain the composition of steel as defined in any of claims 1 to 4.

40 6. A process according to claim 5, characterized in that it also comprises a stabilization stage comprising a treatment of the steel at a temperature of between 500 and 620 °C directly as rolled or as forged, or after normalization.

7. A process according to claims 5 or 6, characterized in that it comprises a steel nitriding stage, preferably by ionic bombardment.

45 8. Use of the steel as defined in any of claims 1 to 4 as a high-strength constructional steel having good machinability and high aptitude for surface hardening by nitriding.

9. Use according to claim 8, characterized in that the steel has undergone a nitriding treatment and has a surface hardness of 1 400 to 1 600 HV_{0.01}, a nitriding depth with HV_{0.05} > 1 000 : 400 μm and a nitriding depth with HV_{0.05} > (HV core + 100) : 500 μm.

50

Patentansprüche

1. Stahl, welcher Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Chrom, Aluminium, Schwefel und Phosphor enthält, dadurch gekennzeichnet, daß er in Gewichtsprozent die folgende chemische Zusammensetzung aufweist :

C	Mn	Si	P	S
0,05-0,30	0,50-2,00	0,10-0,80	≤ 0,100	0,01-0,10
Cr	Ni	Mo	Al	
0,50-6,00	0,10-2,00	0,10-0,50	0,20-2,00	
Ca	Te			
0,001-0,010	0,003-0,020			

und gegebenenfalls mindestens eines der Elemente, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Vanadin, Niob und Titan, bis ungefähr 1 Gewichtsprozent insgesamt, wobei der Rest Eisen mit den üblichen unvermeidbaren Restverunreinigungen ist.

2. Stahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sein Gehalt an Kohlenstoff unter 0,20 % ist, sein Gehalt an Silizium zwischen 0,30 und 0,80 und vorzugsweise zwischen 0,5 und 0,80 liegt, während sein Gehalt an Schwefel unter 0,050 ist.

3. Stahl nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß er in Gewichtsprozent folgende chemische Zusammensetzung aufweist :

10	$\frac{\text{C}}{0,11-0,15}$	$\frac{\text{Mn}}{0,70-0,90}$	$\frac{\text{Si}}{0,50-0,80}$	$\frac{\text{P}}{\leq 0,030}$
	$\frac{\text{S}}{0,020-0,040}$	$\frac{\text{Cr}}{3,90-4,30}$	$\frac{\text{Ni}}{0,60-0,90}$	$\frac{\text{Mo}}{0,15-0,25}$
15	$\frac{\text{Al}}{0,70-1,0}$	$\frac{\text{Ca}}{0,001-0,003}$	$\frac{\text{Te}}{0,003-0,010}$	$\frac{\text{V}}{0,10-0,15}$

wobei der Rest Eisen mit den üblichen unvermeidbaren Restverunreinigungen ist.

4. Stahl nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß er in Gewichtsprozent die folgende chemische Zusammensetzung aufweist :

25
C: 0,135 ; Mn: 0,81 ; Si: 0,508 ; P: 0,016 ;
S: 0,016 ; Ni: 0,73 ; Cr: 4,01 ; Mo: 0,204 ;
Al: 1,02 ; Ti: 0,009 ; Te: 0,007 ; Ca: 0,003 .

5. Verfahren zur Herstellung eines Stahls, dadurch gekennzeichnet, daß es die Zugabe in bekannter Weise beim metallurgischen Prozeß und die Kontrolle des Gehalts der verschiedenen Bestandteile derart umfaßt, daß sich eine Zusammensetzung des Stahls nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4 ergibt.

30 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß es ferner einen Verfahrensschritt der Stabilisierung umfaßt, welcher eine Behandlung des Stahls direkt im Walz- oder Schmiedezustand, oder nach Normalglühen, bei einer Temperatur zwischen 500 und 620 °C umfaßt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Verfahrensschritt der Nitrierung des Stahls, vorzugsweise durch Ionenbeschuß, umfaßt.

35 8. Verwendung des Stahls nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4 als hochfesten Baustahl, welcher eine gute Abspanbarkeit und eine große Oberflächenhärte durch Nitrierung aufweist.

9. Verwendung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl eine Nitrierungsbehandlung durchgemacht hat und eine Oberflächenhärte zwischen 1 400 und 1 600 HV_{0,01}, eine Nitrierungstiefe zu HV_{0,05} $\geq$ 1 000 : 400 µm und eine Nitrierungstiefe zu HV_{0,05} $\geq$ (HV_{Kern} + 100) : 500 µm aufweist.

40

45

50

55

60

65

