(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 601 697**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **87 07998**

(51) Int Cl⁴ : C 22 C 38/60.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 9 juin 1987.

(30) **Priorité :** US, 10 juin 1986, n° 872 544.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 3 du 22 janvier 1988.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : STANADYNE, INC.* — US.

(72) **Inventeur(s) :** Stephen P. Birman, Richard B. Smith et Richard L. Thomson.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Rinuy, Santarelli.

(54) Barres en acier resulfuré et rephosphorisé étiré à froid, permettant un usinage aisé, possédant des propriétés mécaniques et une usinabilité ajustées.

(57) Acier resulfuré et rephosphorisé, comprenant en poids : jusqu'à 0,08 % de C; 0,6 % à 1,4 % de Mn; jusqu'à 0,1 % de Si; au moins 0,03 % de P; 0,25 % à 0,50 % de S; 0,01 % à 0,10 % de Nb; jusqu'à 0,1 % de V; Ni, Cr, Mo et Cu en des quantités dont la somme atteint 0,15 %; le reste étant du fer.

Le rapport % Mn/% S est compris entre 1,6 et 4,0, et le rapport (% Mn - 1,62 × % S)/% Nb est compris entre 2 et 50.

Application : production de barres étirées à froid possédant des propriétés mécaniques et une usinabilité améliorées et ajustées.

FR 2 601 697 - A1

La présente invention a pour objet une barre en acier resulfuré et rephosphorisé et étiré à froid permettant un usinage aisé et, plus précisément, une telle barre en acier de composition chimique ajustée et dont la limite élastique est déterminée non seulement par la composition chimique ajustée, mais également par les dimensions de la barre après laminage à chaud et le taux d'étirage utilisé dans la réduction d'épaisseur de la barre.

La présente invention a principalement pour objet une barre en acier étiré à froid permettant un usinage aisé, telle qu'elle est décrite dans le présent mémoire, dont les propriétés mécaniques, en particulier la limite élastique, peuvent être déterminées d'après la composition chimique de la barre et les dimensions, la section transversale, et le taux d'étirage applicable.

Un autre objectif est une barre en acier étiré à froid permettant un usinage aisé, telle que décrite dans le présent mémoire, contenant une quantité de carbone réduite, accompagnée par des quantités ajustées de niobium qui, lorsqu'elles sont accompagnées par une optimisation, dépendant des dimensions, des rapports des ingrédients dans la composition chimique, offrent un moyen permettant de fixer des limites élastiques pour une application désirée concernant une barre.

Un autre objectif est une barre en acier étiré à froid permettant un usinage aisé, telle que décrite dans le présent mémoire, dans laquelle les caractéristiques nécessaires pour une usinabilité accrue sont optimisées par la composition chimique et par la configuration mécanique de la barre.

Un autre objectif est une barre en acier resulfuré et rephosphorisé permettant un usinage aisé telle que décrite dans le présent mémoire, possédant

des caractéristiques d'usinabilité excellentes qui sont obtenues par une optimisation du rapport entre la composition chimique de l'acier, l'élaboration de l'acier, la pratique d'étirage à froid et les conditions d'usinage.

Un autre objectif est un procédé de production d'une barre en acier étiré à froid permettant un usinage aisé, utilisant les caractéristiques chimiques de la barre, les dimensions et les procédés d'élaboration de l'acier utilisés pour la barre, pouvant s'appliquer à l'acier au carbone, à l'acier au manganèse, à l'acier resulfuré et rephosphorisé, à l'acier microallié et à l'acier à haute résistance.

Un autre objectif est une barre en acier étiré à froid permettant un usinage aisé, telle que décrite dans le présent mémoire, dans laquelle les quantités et rapports de manganèse, de soufre et de niobium, et le taux et le type de déformation lors de l'étirage à froid sont ajustés pour parvenir à une usinabilité optimale.

D'autres objectifs apparaîtront dans la description et les revendications suivantes.

Il est bien connu que certains éléments, comme le soufre, le plomb, le bismuth, le tellure et le sélénium, sont utiles pour améliorer l'usinabilité de l'acier. L'usinabilité est un complexe et non une propriété bien définie. Le problème est l'impossibilité de déterminer aisément l'effet de la composition de l'alliage, du fluage plastique de la pièce métallique à usiner et de la dynamique de coupe d'après la manière dont l'alliage est usiné par des outils de découpage dans des opérations comme le tournage en un seul point, le formage, le perçage, l'alésage, le forage, l'arasage et le filetage. Il existe un hiatus dans les connaissan-

ces actuelles concernant le comportement d'un matériau entre les résultats des essais obtenus à partir d'expériences classiques de tension en régime discontinu et les résultats obtenus d'après les efforts de coupe résultant d'un usinage en cours de fabrication.

Les métallurgistes ont longtemps cherché à améliorer l'usinabilité des barres en acier permettant un usinage aisé en modifiant la composition chimique, en rendant optimales les dimensions, la forme, la distribution et la composition chimique des inclusions pour accroître la fragilité du copeau et augmenter la lubrification à l'interface outil/copeau. En outre, on souhaite empêcher la formation des particules et microconstituants abrasifs qui se trouvent dans la barre en acier. Par exemple, afin d'améliorer l'usinabilité, des quantités variables d'un ou plusieurs éléments comme le bismuth et le tellure (brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 4 236 939) ; le plomb, le bismuth et le tellure et/ou le soufre (brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 4 244 737) ; le tellure et le soufre (brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 4 279 646) ont été incorporés à des aciers resulfurés et rephosphorisés permettant un usinage aisé. Cependant, ces produits n'ont pas répondu de manière totalement satisfaisante aux besoins d'usinabilité accrue permettant un usinage aisé. Les efforts antérieurs destinés à accroître l'usinabilité ont été portés plus spécifiquement sur la composition chimique plutôt que sur la tentative d'optimiser la composition chimique, le taux d'étirage ou le pourcentage de réduction des dimensions lors du formage à froid, et les dimensions et la section transversale de la barre. La présente invention concerne précisément l'augmentation d'usinabilité par une association du rapport optimal des ingrédients chimiques, en particulier du manganèse, du soufre et du niobium,

à des dimensions et sections transversales optimales de la barre, ainsi qu'au taux de travail à froid. Ainsi, dans la présente invention, la composition chimique, le taux d'étirage, les dimensions et la section transversales d'une barre sont ajustées pour satisfaire à des applications d'usinage particulières.

La barre en acier resulfuré et rephosphorisé et étiré à froid permettant un usinage aisé de la présente invention possède une composition chimique, en poids, comprenant une quantité de C allant jusqu'à 0,08% ; une quantité de Mn comprise entre 0,6% et 1,4% ; une quantité de Si allant jusqu'à 0,1% ; une quantité de P d'au moins 0,3% ; une quantité de S comprise entre 0,25% et 0,50% ; une quantité de Nb comprise entre 0,01% et 0,10% ; une quantité de V allant jusqu'à 0,1% ; la somme de Ni, Cr, Mo, et Cu allant jusqu'à 0,15%, le reste étant du fer. Le rapport du manganèse, du soufre et du niobium est particulièrement important pour obtenir une barre en acier ayant les caractéristiques chimiques appropriées et pour prévoir la limite élastique d'une barre particulière. Ainsi, le rapport %Mn/%S est compris entre 1,6 et 4,0 et le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb est compris entre 2 et 50.

La limite élastique de la barre, et, en conséquence, son usinabilité sont déterminées par la matière première, les dimensions et le taux d'étirage. La matière première peut être, en considérant les types de produits disponibles provenant du laminage, un rouleau laminé à chaud, des barres laminées à chaud ayant jusqu'à 5,08 cm de diamètre et des barres laminées à chaud ayant un diamètre au moins égal à 5,08 cm. Ce matériau, après un laminage à chaud aux dimensions spécifiées, et étant coupé aux longueurs appropriées, est alors étiré à froid et le taux d'étira-

ge ou la réduction de dimensions lors de l'étirage à froid sont également extrêmement importants pour déterminer la limite élastique de la barre finie.

Teneur en carbone allant jusqu'à 0,08%

En considérant les rôles des différents éléments chimiques dans la composition et leur influence sur l'usinabilité et les performances de l'acier, une teneur réduite en carbone est essentielle pour garantir un durcissement à froid et un écrouissage faibles d'un acier soumis à un étirage à froid et à un usinage. Une faible teneur en carbone conférant une résistance faible à un acier resulfuré et rephosphorisé, lorsqu'elle est associée à la somme des éléments résiduels, comme le nickel, le chrome, le molybdène et le cuivre, ne dépassant pas 0,15%, donne un produit ayant une ductilité relativement faible et une aptitude à la rupture accrue du copeau formé à l'interface outil-pièce à usiner. Si les teneurs en éléments résiduels sont accrues à une valeur supérieure au taux mentionné, avec la teneur réduite en carbone précisée, le produit présente une ductilité accrue et une aptitude à la rupture diminuée du copeau, qui sont désavantageuses pour un produit permettant un usinage aisé. De plus, un accroissement de la teneur en carbone au-dessus de 0,08% augmente la formation de particules abrasives, crée une probabilité d'effort de rupture accru et provoque une augmentation de dureté en surface, en particulier pour les barres hexagonales étirées à froid.

Teneur en manganèse comprise entre 0,6% et 1,4%

La quantité de manganèse mentionnée est importante pour la formation d'inclusions à base de sulfure de manganèse (MnS) qui influent sur la durée de vie des outils. Le manganèse favorise la trempabilité et augmente la résistance des barres étirées à froid.

La spécification réelle concernant le manganèse dans une barre particulière dépend du diamètre de l'acier laminé à chaud, des propriétés mécaniques requises pour la barre et de la conception de l'usinage. La teneur en manganèse est accrue avec une augmentation des dimensions de la barre et une augmentation du taux fixé de limite élastique.

Teneur en silicium allant jusqu'à 0,1%

La teneur en silicium doit être limitée à 0,1%, une quantité accrue de silicium augmentant notablement la quantité de silicates abrasifs dans le produit fini.

Teneur en soufre comprise entre 0,25% et 0,50%

Le soufre est également nécessaire pour la formation d'inclusions de MnS et, pour cette raison, la teneur en soufre doit être au moins égale à 0,25%. La spécification particulière concernant le soufre dans une barre particulière dépend des dimensions de la barre et de la teneur en manganèse. La teneur minimale en soufre est utilisée avec un rouleau laminé à chaud comme matière première, tandis que la teneur maximale en soufre est requise pour des barres de grand diamètre étirées à froid avec une limite élastique accrue, allant jusqu'approximativement 560 MPa. Un excès de soufre provoque une fragilité à chaud et une ductilité faible et, en conséquence, une teneur égale à 0,5% est la limite supérieure de la teneur en soufre du produit décrit dans le présent mémoire.

Teneur en phosphore au moins égale à 0,03%

Le phosphore est nécessaire pour améliorer le poli du fini de surface. Cependant, le phosphore peut accroître le durcissement à froid et la dureté du copeau formé lors de l'usinage. Ainsi, la quantité de phosphore doit être réduite par rapport à celle

qui est courante dans des barres de ce type (habituellement jusqu'à 0,09%) pour permettre des opérations d'usinage à grande vitesse de barres d'acier étiré à froid ayant une résistance accrue.

Teneur en niobium comprise entre 0,01% et 0,10%

Le niobium est essentiel dans l'acier de l'invention pour accroître la résistance, ajuster les propriétés mécaniques suivant l'épaisseur de la barre et pour réduire la résistance du copeau. La spécification concernant le niobium est différente pour des taux de limite élastique et des dimensions de barres différents. Le niobium favorise la trempabilité et augmente le durcissement à froid du noyau pour les barres étirées à froid de grand diamètre . L'acier contenant du niobium peut être étiré à froid avec un taux d'étirage réduit afin d'obtenir un renforcement minimal de la surface et un renforcement notable du noyau. Cependant, à une teneur supérieure à celle mentionnée, l'effet du niobium consiste en une augmentation excessive de résistance et diminue de ce fait la durée de vie des outils.

Teneur en vanadium allant jusqu'à 0,1%

Le vanadium procure une augmentation des propriétés mécaniques de la surface au centre de la barre en acier, en particulier pour des barres étirées à froid de grand diamètre . Lorsque la teneur en vanadium est accrue au-dessus de la teneur mentionnée, les caractéristiques d'usinabilité de la barre sont altérées.

Teneur en éléments résiduels allant jusqu'à 0,15%

Les éléments résiduels, à savoir le nickel, le chrome, le molybdène et le cuivre, sont généralement néfastes à l'usinabilité car ils augmentent la résistance et la ductilité et favorisent la formation de particules abrasives, tout cela nuisant aux caractéristiques

d'usinabilité d'un acier. Ainsi, les éléments résiduels doivent être maintenus à une teneur comprise dans l'intervalle mentionné.

Le rapport %Mn/%S doit être compris entre 1,6 et 4,0 et ce rapport définit la quantité de manganèse en solution solide et la quantité d'inclusions de FeS.

La relation entre le manganèse, le soufre et le niobium, mentionnée sous forme du rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb définit les contributions relatives du manganèse et du niobium au renforcement du produit. Le manganèse affecte la résistance en faisant varier la cinétique de décomposition de l'austénite, tandis que le niobium diminue les dimensions des grains et favorise le durcissement structural. Les rapports mentionnés varient suivant les dimensions du produit laminé à chaud, le taux d'étirage impliqué dans la réduction en un produit étiré à froid et la résistance à la rupture désirée dans l'application finale de la barre en acier.

Outre les éléments décrits, l'usinabilité est améliorée par l'addition d'un ou plusieurs des éléments suivants : du plomb en une quantité, en poids, comprise entre 0,03% et 0,35% ; du zirconium en une quantité, en poids, comprise entre 0,005% et 0,05%; du bismuth en une quantité, en poids, comprise entre 0,05% et 0,25% ; du plomb en une quantité, en poids, comprise entre 0,03% et 0,15% et du bismuth en une quantité, en poids, comprise entre 0,05% et 0,15%; de l'azote en une quantité, en poids, comprise entre 0,006% et 0,012% ; du bismuth en une quantité, en poids, comprise entre 0,05% et 0,25% et du tellure en une quantité, en poids, comprise entre 0,005% et 0,05%. Le zirconium permet d'obtenir une usinabilité maximale en favorisant les inclusions de MnS de forme

globulaire, tandis que l'azote favorise l'aptitude à la rupture des copeaux, ce qui facilite les opérations de perçage.

Les tableaux suivants illustrent la relation entre les quantités de manganèse, de soufre et de niobium, et la matière première laminée à chaud, c'est-à-dire s'il s'agit d'un rouleau laminé à chaud, de barres laminées à chaud ayant un diamètre allant jusqu'à 5,08 cm ou une barre laminée à chaud ayant un diamètre d'au moins 5,08 cm. Les tableaux donnent une indication de la limite élastique pour des produits particuliers provenant d'associations particulières d'éléments. Le tableau 1 illustre la relation entre la limite élastique, le pourcentage de manganèse, le pourcentage de niobium, le pourcentage de soufre et le rapport de ces trois éléments lors de l'application à un rouleau laminé à chaud destiné à être mis sous forme de barres étirées à froid, avec un intervalle de limites élastiques compris entre 420 et 560 MPa. Le tableau 2 mentionne la spécification concernant le manganèse, le soufre et le niobium pour des barres laminées à chaud ayant un diamètre allant jusqu'à 5,08 cm et comprend l'effet du pourcentage de réduction de surface de la barre lors de l'étirage à froid sur la limite élastique. Le tableau 3 est similaire au tableau 2 et donne les mêmes informations pour des barres laminées à chaud ayant un diamètre d'au moins 5,08 cm.

TABLEAU 1

Spécification concernant Mn, S et Nb pour un rouleau laminé à chaud destiné à des barres étirées à froid avec un intervalle de limites élastiques compris entre 420 et 560 MPa

Limite élastique, MPa	Manganèse %	Niobium %	Soufre %	% Mn - 1,62%S / % Nb
		0,010		13 à 25
420	0,65		0,25 à 0,32	
		0,020		6,5 à 12,5
		0,010		23 à 35
420	0,75		0,25 à 0,32	
		0,020		12,5 à 17,5
		0,020		5 à 12,5
455	0,70		0,28 à 0,35	
		0,045		2 à 5
		0,020		15 à 22,5
455	0,90		0,28 à 0,35	
		0,045		6,5 à 10
		0,035		3,5 à 7
490	0,75		0,30 à 0,38	
		0,055		2,5 à 4,5
		0,035		10 à 14,5
490	1,00		0,30 à 0,38	
		0,055		7 à 9
		0,060		6,5 à 8,5
560	1,05		0,32 à 0,40	
		0,080		5 à 6
		0,060		8 à 10
560	1,15		0,32 à 0,40	
		0,080		6 à 8,5

TABLEAU 2

Spécification concernant Mn, S et Nb pour des barres laminées à chaud ayant un diamètre allant jusqu'à 5,08 cm, destinées à des barres étirées à froid, avec un intervalle de limites élastiques compris entre 420 et 560 MPa.

Limite élastique, MPa	Manganèse %	Niobium %	Soufre %	%Mn-1,62%S / % Nb	Réduction d'étirage à froid %
		0,010		13,3 à 25	
420	0,70		0,28 à 0,35		5 à 9
		0,020		6,5 à 12,5	
		0,010		33 à 45	
420	0,90		0,28 à 0,35		4 à 8
		0,020		16,5 à 22,5	
		0,010		18 à 31	
455	0,8		0,30 à 0,38		5 à 10
		0,020		9 à 15,5	
		0,010		38 à 51	
455	1,0		0,30 à 0,38		4 à 9
		0,020		19 à 25,5	
		0,040		6,2 à 9,5	
490	0,9		0,32 à 0,40		5 à 9
		0,060		4,2 à 6,3	
		0,040		11,3 à 14,5	
490	1,1		0,32 à 0,40		4 à 8
		0,060		7,5 à 9,7	
		0,070		5,6 à 7,4	
560	1,1		0,36 à 0,44		5 à 10
		0,090		4,3 à 5,7	
		0,070		8,4 à 10,3	
560	1,3		0,36 à 0,44		4 à 8
		0,090		6,6 à 8,0	

TABLEAU 3

Spécification concernant Mn, S et Nb pour des barres laminées à chaud ayant un diamètre d'au moins 5,08cm, destinées à des barres étirées à froid, avec un intervalle de limites élastiques compris entre 420 et 560 MPa.

Limite élastique, MPa	Manganèse %	Niobium %	Soufre %	%Mn-1,62%S / % Nb	Réduction d'étirage à froid, %
		0,020		9 à 15,7	
420	0,8		0,30 à 0,38		5 à 6
		0,040		4,5 à 7,8	
		0,020		19 à 25,7	
420	1,0		0,30 à 0,38		4 à 5
		0,040		8,5 à 12	
		0,030		8,3 à 12,7	
455	0,9		0,32 à 0,40		5 à 6
		0,050		5 à 7,6	
		0,030		15 à 19,3	
455	1,1		0,32 à 0,40		4 à 5
		0,050		9 à 11,6	
		0,040		11,2 à 14,5	
490	1,1		0,32 à 0,40		5 à 6
		0,060		7,5 à 9,7	
		0,040		16,3 à 19,5	
490	1,3		0,32 à 0,40		4 à 5
		0,060		10,8 à 13	
		0,080		6,1 à 7,8	
560	1,2		0,36 à 0,44		5 à 6
		0,10		4,9 à 6,2	
		0,080		8,6 à 10,3	
560	1,4		0,36 à 0,44		4 à 5
		0,10		6,9 à 8,2	

D'autres exemples particuliers de produits formés conformément à la présente invention sont les suivants.

Exemple 1 : Acier pour rouleaux laminés à chaud, comprenant :

C jusqu'à 0,06%
Mn 0,6% à 1,5%
Si jusqu'à 0,1%
P 0,03% à 0,06%
S 0,25% à 0,40%
Nb 0,01% à 0,07%

La somme de Ni, Cr, Mo et Cu va jusqu'à 0,15%, le reste étant du fer. Le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb est compris entre 2,0 et 22,5 et le rapport %Mn/%S est compris entre 2,0 et 3,5. En outre, le pourcentage de soufre est déterminé en multipliant la limite élastique désirée en MPa, par $\frac{(0,0042 - 0,0054)}{7}$.

Exemple 2 : barre laminée à chaud ayant un diamètre allant jusqu'à 5,08 cm, comprenant :

C jusqu'à 0,08%
Mn 0,7% à 1,30%
Si jusqu'à 0,1%
P 0,03% à 0,09%
S 0,28% à 0,50%
Nb 0,02% à 0,08%
V jusqu'à 0,1%

La somme de Ni, Cr, Mo et Cu va jusqu'à 0,15%, le reste étant du fer. Le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb est compris entre 4 et 51 et le rapport %Mn/%S est compris entre 2,0 et 3,2. En outre, le pourcentage de soufre est déterminé en multipliant la limite élastique désirée, en MPa, par $\frac{(0,0045 - 0,0058)}{7}$.

Exemple 3 : barre laminée à chaud ayant un diamètre d'au moins 5,08 cm, comprenant :

C jusqu'à 0,08%
Mn 0,8% à 1,4%
Si jusqu'à 0,1%
P 0,03% à 0,9%
S 0,3% à 0,5%
Nb 0,02% à 0,10%
V jusqu'à 0,1%

La somme de Ni, Cr, Mo et Cu va jusqu'à 0,15%, le reste étant du fer. Le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb est compris entre 5 et 25 et le rapport %Mn/%S est compris entre 2,0 et 3,5. En outre, le pourcentage de soufre est déterminé en multipliant la limite élastique désirée, en MPa, par $\frac{0,0045 - 0,0063}{7}$.

Les pourcentages de manganèse, de soufre et de niobium augmentent avec une augmentation de la limite élastique désirée du produit. La contribution du niobium au renforcement de la barre en acier augmente également avec un accroissement de la limite élastique fixée pour le produit. On parvient à une usinabilité excellente par perçage et formage à grande vitesse en utilisant des barres étirées à froid ayant une limite élastique comprise entre 420 et 455 MPa. On parvient à un fini de surface amélioré en utilisant des barres étirées à froid ayant une limite élastique comprise entre 455 et 490 MPa.

Un aspect important de la présente invention réside dans le fait que des barres avec des conceptions, une aptitude et une application d'usinage différentes peuvent être choisies dans l'intervalle de l'association des propriétés mécaniques et chimiques mentionnées dans le présent mémoire. Le pourcentage de réduction lors de l'étirage à froid possède de manière similaire

un effet notable sur la limite élastique. La limite élastique est liée directement au pourcentage de réduction lors de l'étirage à froid, au type de matière laminée à chaud utilisé pour former la barre et au pourcentage de manganèse, de niobium et de soufre.

Il va de soi que la présente invention n'a été décrite qu'à titre explicatif, mais nullement limitatif, et que de nombreuses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDICATIONS

1. Barre en acier resulfuré et rephosphorisé étiré à froid permettant un usinage aisé, caractérisée en ce que l'acier possède la composition, en poids, suivante :

C jusqu'à 0,08%
Mn 0,6% à 1,4%
Si jusqu'à 0,1%
P au moins 0,03%
S 0,25% à 0,50%
Nb 0,01% à 0,10%
V jusqu'à 0,1%,
Ni, Cr,Mo et Cu en des quantités dont la somme atteint 0,15%,
le reste étant du fer,
le rapport %Mn/%S étant compris entre 1,6 et 4,0 et le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb étant compris entre 2 et 50.

2. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre du Pb en une quantité, en poids, comprise entre 0,03% et 0,35%.

3. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre du Zr en une quantité, en poids, comprise entre 0,005% et 0,05%.

4. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre du Bi en une quantité, en poids, comprise entre 0,05% et 0,25%.

5. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre, en poids, du Pb en une quantité comprise entre 0,03% et 0,15% et du Bi en une quantité comprise entre 0,05% et 0,15%.

6. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre du N en une quantité, en poids, comprise entre 0,006% et 0,012%.

7. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre, en poids, du Bi en une quantité comprise entre 0,05% et 0,25% et du Te en une quantité comprise entre 0,005% et 0,05%.

8. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en outre en ce que la quantité de Nb est comprise entre 0,01% et 0,04% et la barre possède une limite élastique approximativement égale à 420 MPa, avantageusement en ce que la quantité de Nb est comprise entre 0,02% et 0,06% et la barre possède une limite élastique approximativement égale à 455 MPa, ou la quantité de Nb est comprise entre 0,02% et 0,07% et la barre possède une limite élastique approximativement égale à 490 MPa, ou bien la quantité de Nb est comprise entre 0,06% et 0,1% et la barre possède une limite élastique approximativement égale à 560 MPa.

9. Barre en acier rephosphorisé et resulfuré étiré à froid permettant un usinage aisé, formée à partir d'un rouleau laminé à chaud, caractérisée en ce qu'elle possède la composition, en poids, suivante :

C jusqu'à 0,06%
Mn 0,6% à 1,15%
Si jusqu'à 0,1%
P 0,03% à 0,06%
S 0,25% à 0,40%
Nb 0,01% à 0,07%,
Ni, Cr Mo et Cu en des quantités dont la somme atteint 0,15%,

le reste étant du fer,

le rapport %Mn/%S étant compris entre 2,0 et 3,5,

le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/% Nb étant compris entre 2 et 50, et

% S = (0,0042 - 0,0054)/7 x la limite élastique désirée, en MPa.

10. Barre en acier étiré à froid suivant la revendication 1, caractérisée en outre en ce que la réduction de surface au cours de l'étirage à froid est comprise entre 15% et 30% de la surface de la barre laminée à chaud, la barre ayant une limite élastique comprise entre 420 et 560 MPa.

11. Barre en acier rephosphorisé et resulfuré étiré à froid permettant un usinage aisé, formée par laminage à chaud d'une barre ayant une section transversale allant jusqu'à 5,08 cm, caractérisée en ce qu'elle possède la composition, en poids, suivante :

C jusqu'à 0,08%

Mn 0,7% à 1,30%

Si jusqu'à 0,1%

P 0,03% à 0,09%

S 0,28% à 0,50%

Nb 0,02% à 0,08%

V jusqu'à 0,1%,

Ni, Cr, Mo et Cu en des quantités dont la somme atteint 0,15%,

le reste étant du fer,

le rapport %Mn/%S étant compris entre 2,0 et 3,2,

le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/%Nb étant compris entre 4 et 51, et

% S = (0,0045 - 0,0058)/7 x la limite élastique désirée, en MPa.

12. Barre en acier rephosphorisé et resulfuré étiré à froid permettant un usinage aisé, formée d'une barre laminée à chaud ayant une section transversale d'au moins 5,08 cm, caractérisée en ce que l'acier possède la composition suivante, en poids :

C jusqu'à 0,08%
Mn 0,8% à 1,4%
Si jusqu'à 0,1%
P 0,03% à 0,9%
S 0,30% à 0,50%
Nb 0,02% à 0,10%
V jusqu'à 0,1%,
Ni, Cr, Mo et Cu en des quantités dont la somme atteint 0,15%,
le reste étant du fer,
le rapport %Mn/%S étant compris entre 2,0 et 3,5,
le rapport (%Mn - 1,62 x %S)/% Nb étant compris entre 5 et 25, et
% S = (0,0045 - 0,0063)/7 x la limite élastique désirée, en MPa.