



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: C 22 C

1/04

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑪

634 353

⑮① Numéro de la demande: 5289/78

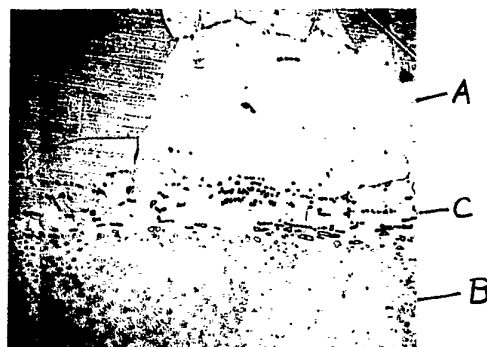
⑮② Date de dépôt: 16.05.1978

⑮③ Priorité(s): 16.05.1977 US 797555

⑮④ Brevet délivré le: 31.01.1983

⑮④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 31.01.1983⑮③ Titulaire(s):
Carpenter Technology Corporation, Reading/PA
(US)⑮② Inventeur(s):
Richard Joseph Taglang, Reading/PA (US)
Walter Chester Ziolkowski, Reading/PA (US)⑮④ Mandataire:
Dr. A.R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich**⑮④ Produit métallurgique façonné et procédé de sa fabrication.**

⑮⑤ Ce produit métallurgique tel que tôle, feuillard, barre, fil, possédant une composition qui le rend difficile à travailler, par exemple un alliage d'acier contenant du bore ou un oxyde réfractaire ou une forte proportion de carbone, est obtenu sous une forme facile à travailler. Il peut être transformé par laminage à chaud ou à froid, étirage etc., par le procédé suivant lequel on remplit d'une poudre de la matière difficile à travailler un conteneur. Ce conteneur est formé de la même matière mais dépourvu de l'agent fragilisant (bore, oxyde réfractaire, carbone). On comprime ce conteneur avec une pression suffisante pour établir une liaison métallurgique entre la masse de poudre et la paroi du conteneur puis on travaille l'ensemble obtenu comme une billette. Le produit obtenu comprend un noyau (B) fait de matière fragile réuni à un placage (A) fait d'une matière ductile. La liaison métallurgique prend place le long d'une interface (C).



REVENDEICATIONS

1. Produit métallurgique formé d'une composition fragile, caractérisé en ce que cette composition se présente sous la forme d'un substrat fragile fait d'une poudre métallique densifiée, ce substrat étant entouré par un placage ductile, réuni au substrat par une liaison métallurgique suivant une interface entre le substrat et le placage, dans laquelle l'interdiffusion est inférieure à celle qui empêcherait le façonnage du produit.

2. Produit suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat est composé d'un alliage pour acier à outils qui contient une proportion de carbone qui rend le substrat fragile.

3. Produit suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat est composé d'un alliage ferromagnétique.

4. Produit suivant la revendication 3, caractérisé en ce qu'il présente la forme d'une tête pour enregistreur sur bande magnétique.

5. Produit suivant la revendication 3, caractérisé en ce que l'alliage ferromagnétique se compose de 10% de silicium, 5% d'aluminium et 85% de fer.

6. Procédé de fabrication du produit selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on remplit d'une poudre métallique un conteneur possédant des parois minces mais capables de supporter leur poids propre, qui délimite une cavité intérieure dont le volume est grand comparativement au volume de la matière formant les parois, cette poudre métallique ayant une composition telle que, sous la forme solide, elle est fragile à la température ambiante, les parois du conteneur étant faites d'une composition qui est à la fois ductile à la température ambiante et compatible avec celle de la poudre métallique, caractérisé en ce qu'on chauffe le conteneur rempli et, pendant qu'il est chaud, en ce qu'on le compacte en même temps que son contenu, avec une force suffisante pour établir une liaison métallurgique entre les parois du conteneur et son contenu, et pour former un corps d'une seule pièce, et en ce qu'on travaille ce corps dans une mesure suffisante pour le réduire et accroître le rapport entre sa surface et son volume pour donner naissance à un produit façonné qui possède un placage ductile formé dudit conteneur et qui est réuni au substrat fragile formé de ladite poudre métallique par une liaison métallurgique le long d'une interface dans laquelle l'interdiffusion entre le substrat et le placage est inférieure à celle qui empêcherait le façonnage.

7. Procédé suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la poudre métallique comprend un ou plusieurs ingrédients en une quantité suffisante pour rendre le substrat fragile à la température ambiante, et en ce que ledit conteneur est fait d'une composition à peu près identique à celle de la poudre métallique, mais dans laquelle les ingrédients fragilisants sont contenus dans une quantité inférieure à la quantité fragilisante.

8. Procédé suivant l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que le remplissage du conteneur est exécuté sous vide.

9. Procédé suivant l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que le compactage à chaud s'effectue par compression isostatique du conteneur.

10. Procédé suivant l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que la phase de travail comprend un laminage à froid qui donne au produit sa dimension finale.

11. Procédé suivant l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de laminage à froid qui donne la dimension finale au produit et en ce que l'ingrédient fragilisant est constitué par du bore, du carbone, un oxyde réfractaire ou un alliage.

12. Procédé suivant les revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'oxyde réfractaire est l'oxyde d'aluminium.

13. Procédé suivant l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de laminage à chaud.

14. Procédé suivant l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que ladite composition de conteneur est un acier inoxydable et la composition de la poudre est un acier inoxydable additionné d'une quantité de bore de plus de 1% en poids.

15. Procédé suivant l'une des revendications 11 à 13, caractérisé

en ce que la composition du conteneur est un acier contenant moins de 0,8% de carbone et en ce que la composition de la poudre est le même acier, mais contenant plus de 0,8% de carbone.

16. Procédé suivant la revendication 15, caractérisé en ce que la composition du conteneur contient moins de 0,4% de carbone en poids.

La présente invention se rapporte à un produit métallurgique tel qu'un feuillard, un fil, une barre ou une tôle, qui est formé d'une composition fragile, et elle a pour but également un procédé de fabrication d'un tel produit. Ce produit peut contenir une proportion importante de bore.

Il est bien connu que certains alliages qui possèdent des propriétés avantageuses et peuvent être mis sous une forme voulue telle que feuillard, tôle, barre, fil, avec un grand rapport entre la proportion de produit utile et celle de déchets, peuvent devenir des matières extrêmement difficiles à travailler si on leur ajoute certaines substances qui sont nécessaires pour obtenir une propriété désirée. Par exemple, la présence d'une quantité appréciable d'agents durcisseurs ou d'agents donnant une grande résistance à l'usure tels que les carbures ou les oxydes réfractaires, ou d'un élément tel que le bore, destiné à modifier la section efficace d'absorption des neutrons thermiques, dans une matière qui, par ailleurs, peut être travaillée à chaud et/ou à froid, rend cette matière difficile à travailler, et la proportion de matière rendue inutilisable, sauf en qualité de riblons, augmente le prix de revient de la matière utilisable. Par ailleurs, lorsque la proportion d'une telle addition s'accroît, le rapport entre les riblons et la matière utilisable croît également dans une proportion qui n'est pas nécessairement proportionnelle et, quelquefois, la quantité de riblons devient rapidement tellement importante que le travail à froid et même quelquefois le travail à chaud ont un coût prohibitif et présentent des difficultés considérables et peuvent même devenir absolument impossibles.

D'un autre côté, on a constaté que l'on peut réduire, sinon éliminer totalement, les difficultés associées au moulage et au façonnage des alliages difficiles à travailler en utilisant les techniques de la métallurgie des poudres. Par exemple, le brevet US No 3824097 se rapporte à un procédé de production de billettes de métaux ou d'alliages dans lequel on soumet des masses de poudres contenues dans un conteneur ductile hermétiquement fermé à deux phases de compression, la première consiste dans une compression isostatique à chaud et la deuxième dans un filage, pour obtenir une billette dont on sépare ensuite le conteneur avant de la traiter. Les brevets US Nos 3893852 et 3966422 concernent également des procédés de la métallurgie des poudres dans lesquels on place une masse de poudre dans un conteneur pour le densifier et on l'en extrait ensuite avant de lui faire subir la mise en forme finale. Le brevet US No 3982934 se rapporte à un procédé de la métallurgie des poudres dans lequel on moule, sur une forme mâle, une enveloppe incapable de supporter son propre poids dont le volume, à l'état précomprimé, est calculé de façon appropriée pour correspondre au volume de la pièce finale, puis on extrait la forme mâle de l'enveloppe pendant qu'on enferme cette dernière dans un milieu porteur. Ensuite, on remplit d'une poudre métallique et on enferme l'ensemble, y compris le milieu porteur, dans un conteneur extérieur dans lequel on fait le vide, que l'on ferme hermétiquement, puis que l'on soumet à une compression isostatique à chaud. On sépare le conteneur extérieur et le milieu porteur pour obtenir le produit final, avec ou sans l'enveloppe, à volonté.

Le brevet US No 3955972 se rapporte à un procédé pour fabriquer une tôle d'acier inoxydable contenant des quantités importantes de bore en partant de brames de la même composition, procédé dans lequel on enferme les brames dans un revêtement en acier doux au carbone, sans les réunir à ce revêtement, pour former

un paquet que l'on réduit ensuite à l'épaisseur voulue par des phases successives de laminage à chaud, puis on sépare le revêtement de l'acier inoxydable au bore. L'acier au bore ainsi obtenu par laminage à chaud ne peut pas être travaillé, ainsi qu'on l'a indiqué dans le brevet cité, et il ne peut être mis en forme qu'avec beaucoup de difficultés et une quantité considérable de déchet et, quelquefois, il est absolument impossible de le travailler.

L'invention a pour objet de créer un produit métallurgique d'une microstructure composite nouvelle, présentant des propriétés mécaniques améliorées, en particulier ductilité, étirabilité et soudabilité, et des caractéristiques de résistance à la corrosion au moins aussi bonnes que celles des produits obtenus à partir de la matière de remplissage en poudre, en utilisant des techniques métallurgiques connues (y compris celles de la métallurgie des poudres).

Selon l'invention, ce produit métallurgique, formé d'une composition fragile, est caractérisé en ce que cette composition se présente sous la forme d'un substrat fragile fait d'une poudre métallique densifiée, ce substrat étant entouré par un placage ductile formé à partir d'un conteneur dans lequel la poudre métallique a été densifiée, ce placage étant réuni au substrat par une liaison métallurgique suivant une interface entre le substrat et le placage dans laquelle l'interdiffusion est inférieure à celle qui empêcherait le façonnage du produit.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication de ce produit, caractérisé en ce qu'on remplit un conteneur présentant des parois minces mais capables de supporter leur poids propre, lesdites parois délimitant une cavité intérieure dont le volume est grand comparativement au volume de la matière qui forme les parois du conteneur, d'une poudre métallique possédant une composition telle qu'à l'état solide, elle soit fragile à la température ambiante, les parois du conteneur étant faites d'une composition qui est à la fois ductile à la température ambiante et compatible avec celle de la poudre métallique, caractérisé en ce qu'on chauffe le conteneur ainsi rempli et, pendant qu'il est chaud, en ce qu'on comprime ce conteneur ainsi que son contenu avec une force suffisante pour établir une liaison métallurgique entre les parois du conteneur et son contenu et former de ces deux éléments un corps d'une seule pièce, ensuite, en ce qu'on travaille ce corps dans une mesure suffisante pour obtenir une réduction de dimension et augmenter considérablement le rapport entre sa surface externe et son volume, de façon à obtenir un produit possédant un placage ductile composé dudit conteneur réuni à un substrat fragile fait de ladite poudre métallique par une liaison métallurgique le long d'une interface dans laquelle le degré d'interdiffusion entre le substrat et le placage est inférieur au degré qui s'opposerait au façonnage.

Une caractéristique essentielle de l'invention consiste en ce que le produit est constitué par un corps d'une seule pièce mais composite comprenant un placage formé par la matière du conteneur et étant réuni, sur toute sa surface, à un noyau ou substrat de densité pratiquement théorique qui est formé de la poudre préalliée.

Ainsi qu'il ressort de ce qui précède, la matière dont le conteneur est formé doit être compatible avec la composition de la poudre préalliée dont il est rempli. Il est très avantageux, mais non essentiel, d'utiliser un conteneur fait d'une matière possédant une analyse proche de celle du remplissage de la poudre préalliée mais dépourvue des additions qui rendent la poudre difficile à travailler. Bien que l'épaisseur de paroi du conteneur soit petite comparativement à la plus petite dimension de sa gravité, par exemple à son épaisseur ou à son diamètre dans le cas d'une barre, elle doit cependant être suffisamment forte pour constituer un placage qui, après une ou plusieurs réductions, est encore suffisamment épais pour que la mise au profil finale, par exemple constituée par un laminage à froid qui donne au produit sa dimension finale, puisse s'effectuer en tirant parti de la présence du placage facile à travailler.

D'autres buts et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description détaillée qui va suivre et du dessin annexé qui est une reproduction d'une photomicrographie montrant au grossissement 500 la liaison métallurgique totale établie entre le substrat et le

placage et obtenue le long d'une partie de l'interface entre ces deux éléments conformément à l'invention.

Pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention, on peut préparer, de n'importe quelle façon appropriée, la poudre préalliée de la composition difficile à travailler qu'il s'agit d'utiliser, mais le procédé d'atomisation utilisé doit être compatible avec la nature de la matière, compte tenu de certains facteurs tels que la composition, les propriétés et l'application finale. Par exemple, un mode préféré de mise en œuvre du procédé consiste à fondre sous vide un alliage contenant une forte proportion de bore et à atomiser cet alliage fondu au moyen d'un jet de fluide d'atomisation constitué par un gaz inerte. La dimension des particules de la poudre préalliée n'est pas critique, mais il est souhaitable d'éliminer les particules excessivement grosses. Une poudre traversant un tamis N° 40 (mailles de 0,420 mm) a donné de bons résultats pour cette application. Un avantage de ce procédé consiste en ce que la forme de poudre préalliée de la matière difficile à travailler fournit la possibilité de régler la composition de la matière, avec une très grande précision, sur l'analyse désirée, simplement en mélangeant des poudres résultant de plusieurs chauffés distinctes. Avant de placer la matière en poudre dans son conteneur, on la mélange intimement pour lui donner l'analyse moyenne désirée.

Le conteneur destiné à contenir la poudre préalliée doit avoir une composition qui, sous l'effet de la compression à chaud de l'ensemble, forme avec la poudre comprimée une liaison suffisamment forte pour résister aux contraintes développées pendant le travail à chaud et à froid, y compris aux contraintes développées pendant le laminage à chaud et à froid. Lorsque le produit intermédiaire à former est une billette ou brame d'où il s'agit de tirer le feuillard, la tôle, la barre, le fil, etc., le conteneur possède de préférence une épaisseur de paroi pratiquement uniforme et une cavité de forme généralement rectangulaire dans laquelle on introduit la poudre par une ou plusieurs tubulures. L'épaisseur de paroi du conteneur ne constitue par une caractéristique critique, mais la paroi doit être suffisamment épaisse pour qu'après les réductions successives nécessaires pour la phase finale de la mise en forme et pour le façonnage final du produit, le placage possède encore une épaisseur suffisante. Lorsque les matières possèdent à peu près la même résistance mécanique à toutes les températures de travail, les épaisseurs de paroi du conteneur et du remplissage décroissent en restant proportionnelles, ce qui facilite la détermination de l'épaisseur de paroi à utiliser au départ pour obtenir l'épaisseur finale désirée pour le placage. L'épaisseur de paroi du conteneur doit donc être suffisamment forte pour pouvoir subir une réduction d'au moins 60%, de préférence d'au moins 90%, tout en formant encore un placage suffisamment épais pour permettre la réduction finale donnant au produit métallurgique sa dimension finale. On peut obtenir de bons résultats lorsque l'épaisseur de paroi du conteneur est suffisamment épaisse pour donner naissance à un placage d'une épaisseur d'au moins 0,127 mm sur le produit fini ou juste avant le travail à froid qui donne à ce produit sa dimension finale.

Les procédés particuliers utilisés pour former les poudres préallliées ou le conteneur ne font pas partie de la présente invention et on peut utiliser n'importe quel agencement approprié pour remplir les conteneurs. Un agencement à préférer est celui qui garantit que la poudre introduite dans le conteneur est exempte d'eau adsorbée. Le remplissage sous vide, dans lequel la poudre et la cavité intérieure du conteneur à remplir sont en communication et maintenues à une pression d'environ 10 μ , donne de bons résultats. La poudre, qui a été parfaitement séchée, par exemple par chauffage dans un lit fluidisé, peut être introduite dans les conteneurs dans une atmosphère sèche qui peut être composée d'air ou d'un gaz inerte à la pression atmosphérique.

Lorsque le conteneur a été rempli de poudre métallique, de préférence à la densité maximale, ce qu'on peut obtenir en utilisant un alimentateur vibrant, et après élimination de l'air et de la vapeur d'eau, on ferme le conteneur, puis on le compacte. Pour l'obtention de la densité maximale, le procédé qui donne les meilleurs résultats

est le compactage à chaud et, dans le mode préféré de mise en œuvre, on soumet le conteneur fermé à une opération de compactage isostatique à chaud pour lui donner la forme voulue, par exemple la forme d'une billette. Ainsi qu'il est bien connu, la température et la pression, ainsi que la durée pendant laquelle la matière est maintenue à cette température et à cette pression, dépendent de la nature des matières considérées, et on peut déterminer facilement des paramètres dans chaque cas. La température à utiliser pour une matière donnée doit être inférieure à la température pour laquelle elle se trouve à l'état pâteux ou liquide mais, pour réduire à un minimum le temps et la pression nécessaires, on adopte la température la plus haute possible, au-dessous du point de solidification, qui soit compatible avec les propriétés désirées. En pratique, la réduction de volume qui se produit pendant le compactage est facile à déterminer et on en tient compte pour déterminer les dimensions de départ du conteneur et de sa cavité. Des essais non destructifs, effectués par exemple aux ultrasons, montrent que le compactage isostatique à chaud établit une bonne liaison métallurgique entre le conteneur et son contenu.

L'élément compacté est ensuite mis à la forme voulue par travail à chaud et/ou à froid, ces opérations lui imprimant une réduction de volume suffisante pour lui donner la densité désirée. Dans le cas de produits métallurgiques tels que feuillards, tôles, barres, fils, etc., on obtient la densité théorique dans tout le volume en soumettant la billette compactée à une nouvelle réduction d'un taux d'au moins 25% environ. On a utilisé avec succès une technique comportant un laminage à chaud suivi d'un laminage à froid, si ce dernier était nécessaire pour respecter les tolérances dimensionnelles et l'état de surface spécifié pour le produit fini: on a ainsi obtenu des produits possédant la densité théorique et présentant des propriétés nouvelles tout en étant exempts de défauts dans une mesure satisfaisante et avec une réduction considérable de la proportion de rebuts.

Le procédé suivant l'invention est particulièrement bien approprié pour la fabrication de feuillards, tôles, plaques, barres, fils ou autres produits métallurgiques composés d'un acier inoxydable contenant une proportion de bore telle qu'il serait impossible de le travailler à froid pour la plupart des applications pratiques, sinon pour toutes. Cela est particulièrement vrai de l'acier inoxydable du type 304 qui contient plus de 1% de bore. Il est possible d'incorporer dans le substrat, avec de bons résultats, une quantité de bore atteignant 5% ou même plus. Le conteneur destiné à être utilisé avec un tel acier inoxydable au bore peut être composé de divers alliages d'acier doux, mais on obtient les meilleurs résultats en utilisant, pour former le conteneur, un acier du type 304 sans addition de bore. Non seulement l'utilisation de cette matière assure au conteneur des propriétés de résistance mécanique correspondant étroitement à celles de la matière de remplissage contenant du bore, à toutes les températures de travail, c'est-à-dire aux températures rencontrées pendant le travail à chaud et à froid, ou encore pendant l'utilisation du produit final mais, en outre, les propriétés mécaniques et de résistance à la corrosion du produit fini sont au moins aussi bonnes, sinon meilleures, que celles qu'on obtiendrait si l'acier du type 304 et contenant du bore n'était pas muni d'un placage formé d'acier du type 304 sans addition de bore.

Exemple 1:

Pour illustrer l'invention, on a préparé un mélange de poudres obtenu à partir d'une poudre atomisée au gaz passant à travers le tamis N° 40 et possédant la composition moyenne approximative suivante:

	Poids (%)
C	0,04
Mn.	1,9
Si	0,6
P	0,02
S.	0,008
Cr	18,9
Ni	13

Poids (%)

B	1,75
N	0,01

5 le complément étant composé de fer accompagné des impuretés inévitables.

On a préparé un conteneur en acier inoxydable du type 304 possédant la même composition, mais dans lequel la quantité de bore était limitée au bore résiduel, ce conteneur possédant une épaisseur de paroi de 2,5 mm et ayant pour dimensions intérieures 220,3 × 93,3 × 1492,3 mm, ce qui donne un volume avant compactage de 30,68 dm³. Après dégraissage et nettoyage mécanique, on a rempli ce conteneur de 173,27 kg de la poudre mélangée, le remplissage se faisant sous vide et étant suivi d'une fermeture hermétique. Le compactage isostatique à chaud a été exécuté à une température de 1121°C sous une pression de 1054,6 kg/cm². Les dimensions de la billette résultante étaient de 203,2 × 95,3 × 1371,6 mm, soit un volume de 25,56 dm³, et elle a été ensuite laminée à chaud à une température de 1121°C pour donner naissance à une barre de section rectangulaire de 4,57 × 225,4 mm, cette barre étant ensuite laminée à froid pour former une bande de 3,18 mm d'épaisseur qui a été refendue à une largeur finale de 207 mm. Cette matière a été ensuite recuite à 1100°C, planée, puis découpée en bandes d'une longueur de 3683 mm.

Les résultats du laminage à chaud étaient excellents et, après le laminage à froid, on observait des rayures et autres marques dues à la manutention, donnant lieu à la mise au rebut de 23,6 kg de rebonds. Cette quantité est faible comparativement aux proportions de déchets atteignant jusqu'à 70% que l'on constatait lorsqu'on préparait par un procédé de la technique antérieure un acier laminé à froid du type 304 contenant seulement 1% de bore. On peut s'attendre à obtenir encore des taux de rebut encore supérieurs en tentant de préparer, par les procédés de la technique antérieure, une bande laminée à froid d'acier inoxydable du type 304 et contenant 1,75% de bore.

Calculée sur le volume et le poids de la matière et en supposant une densité uniforme, la densité de la poudre métallique contenue dans le conteneur avant le compactage à chaud était d'environ 70% de la densité théorique et, après le compactage isostatique à chaud pendant 8 h aux conditions de température et de pression mentionnées plus haut, on a conclu, par un calcul approximatif, que la densité était supérieure à 90% de la densité théorique. Après le travail à chaud et à froid, on a constaté que la densité était de 7,767, c'est-à-dire la densité théorique. On a mesuré l'épaisseur du placage et on a obtenu une épaisseur de 0,127 mm.

La photomicrographie du dessin annexé a été préparée à partir d'un échantillon prélevé sur une bande laminée réalisée de la façon qui a été décrite en regard de l'exemple 1, et ce document montre une partie du placage A composé d'acier du type 304 sans bore, le substrat ou noyau B possédant la même composition, mais à laquelle on a ajouté 1,75% de bore, et l'interface formée entre ces deux éléments, désignée par la référence C, et dans laquelle le bore a diffusé sur une petite distance. La petite dimension et la régularité de la répartition des particules de borure dans le substrat B sont particulièrement significatives.

A partir de la bande, on a préparé des éprouvettes normalisées pour les essais de caractéristiques mécaniques. On a prélevé quatre éprouvettes dans chacune des extrémités de la bande, chaque groupe de quatre éprouvettes étant composé de deux éprouvettes transversales (T) et de deux éprouvettes longitudinales (L), ces qualifications se rapportant à la direction du laminage. Au tableau ci-après, on trouve, dans la colonne échantillons, des signes dans lesquels A désigne l'extrémité de la billette initiale à laquelle la tubulure de remplissage du conteneur était fixée, tandis que X désigne l'extrémité opposée, c'est-à-dire le fond de la billette. Les résultats donnés sous les colonnes limite élastique (LE) et résistance à la traction (RT) sont exprimés en kg/cm² et, dans la colonne (EL), on a indiqué l'allongement en pourcentage mesuré sur une éprouvette 50,8 mm.

Tableau

Echantillon	LE (kg/cm ²)	RT (kg/cm ²)	EL (%)
AL	(4514)	(8184)	21,9
AL	(4640)	(8135)	21,6
AT	(4443)	(8022)	21,2
AT	(4464)	(8043)	22,3
XL	(4521)	(8219)	23,6
XL	(4640)	(8029)	21,9
XT	(4387)	(7924)	21,9
XT	(4415)	(8099)	22,8

Les résultats des essais se sont montrés reproductibles à un degré inhabituel lorsqu'on a exécuté des essais sur des échantillons pris dans d'autres exemples de produits possédant la même composition et réalisés comme on l'a décrit à l'exemple 1. Non seulement l'invention permet de fabriquer, avec un rendement exceptionnellement élevé, un acier inoxydable du type 304 contenant du bore et laminé à froid, mais elle permet également d'obtenir une matière qui possède des propriétés améliorées. Cette matière possède une ductilité et une aptitude au formage supérieures et une bonne soudabilité. Il est particulièrement significatif que l'aptitude au formage des produits réalisés suivant l'invention est considérablement supérieure à celle d'un acier inoxydable du type 304 qui ne contient que 1% de bore.

Exemple 2:

Le procédé suivant l'invention peut également être utilisé pour la fabrication d'aciers à outils ainsi que d'autres alliages contenant des quantités de carbures relativement fortes et qui sont habituellement des pièces massives. Ces aciers, dont l'acier AISI type T15 est un exemple, sont également difficiles à travailler lorsqu'ils sont produits par les procédés classiques. Pour ces poudres d'acier préallées contenant de grandes quantités de carbone, on utilise un conteneur formé d'une composition à peu près identique à celle de la matière difficile à travailler, sauf en ce qui concerne sa teneur en carbone, la proportion du carbone contenu dans la matière utilisée pour le conteneur étant limitée à un niveau qui ne donne lieu à aucune difficulté pour les opérations de laminage à chaud ou à froid. En général, la quantité de carbone contenue dans la matière du conteneur doit être inférieure à 0,8% et, de préférence, à 0,4%. Si l'on désire que la couche superficielle du produit fini possède également une forte teneur en carbone, on soumet le produit à un traitement de cémentation.

Exemple 3:

La présente invention se prête également à la production de produits métallurgiques du type ferromagnétique et résistant à

l'usure. Suivant l'invention, le conteneur est fait d'un alliage ferromagnétique mais sans oxyde réfractaire, cet alliage ferromagnétique contenant les éléments énumérés au tableau ci-dessous dans les quantités approximatives indiquées en proportion en poids:

	Poids (%)
C	<0,025
Mn.	0 à 2
Ni	70 à 85
Cr	0 à 5
Mo.	0 à 6
Cu	0 à 6
Ti	0 à 1
Nb.	0 à 1

le complément étant composé de fer accompagné des impuretés inévitables et la teneur en fer étant supérieure à 10%.

Comme pour l'exemple 1, on remplit le conteneur d'une poudre possédant la même composition d'alliage ferromagnétique que le conteneur mais additionnée d'un oxyde réfractaire dans une proportion pouvant atteindre environ 5%, mais qui est, de préférence, non supérieure à 2%. Pour la production du produit suivant l'invention, on prépare une bande comme on l'avait fait à l'exemple 1 en partant d'un conteneur possédant initialement une épaisseur de 101,6 mm et une épaisseur de paroi de 2,5 mm, et on le lamine à chaud, puis à froid, pour atteindre l'épaisseur de bande voulue, par exemple de 0,254 mm avec un placage d'une épaisseur d'environ 0,01 mm. Cette bande est ensuite refendue de manière à laisser apparaître le substrat résistant à la corrosion le long de sa tranche et on forme des objets tels que des têtes feuilletées pour enregistreurs sur bande magnétique, de sorte que la bande magnétique, qui tend à user la tête, passe sur le substrat des divers feuillets qui sont séparés par les placages de ces feuillets, de sorte que la tête présente des zones de haute résistance à l'usure qui sont séparées par de petits intervalles.

Exemple 4:

Un autre type de produit mis en forme qui ne pouvait être obtenu, jusqu'à présent, que sous la forme de pièces moulées utilisées telles quelles ou usinées par moulage ou autres techniques équivalentes est celui qui est composé entièrement ou en grande partie de Sendust, un alliage ferromagnétique très cassant dont la composition est nominalement la suivante: 10% de silicium, 5% d'aluminium, le complément étant le fer. Pour la fabrication du produit suivant l'invention, on dispose une poudre préallée composée de Sendust pour une proportion pouvant atteindre 50% dans un conteneur possédant les propriétés ferromagnétiques désirées, puis on traite de la façon décrite aux exemples précédents. On obtient un produit très satisfaisant en remplissant un conteneur, possédant la même composition que celui de l'exemple 3, d'une poudre obtenue en mélangeant une poudre de Sendust et une poudre possédant la même composition que le conteneur, cette dernière poudre représentant moins de 50% du mélange.

