

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 481 165

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 09138

(54) Procédé de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, dispositif pour sa mise en œuvre et produits obtenus par ledit procédé.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). B 22 F 3/00, 7/06.

(22) Date de dépôt..... 23 avril 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 44 du 30-10-1981.

(71) Déposant : UKRAINSKY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT SPETSIALNYKH STALEI, SPLAVOV I FERROSPALAVOV, résidant en URSS.

(72) Invention de : Jury Nikolaevich Skornyakov, Alexandre Moiseevich Birman, Rudolf Alexandrovich Lizhdvoi, Jury Viktorovich Artamonov et Alexandre Fedorovich Klimenko.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, avenue de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte à la métallurgie des poudres et a notamment pour objet un procédé et un dispositif de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques.

5 L'invention peut être utilisée avec le plus de secès pour la fabrication de produits à partir de poudres métalliques magnétisables dans la métallurgie et dans les constructions mécaniques.

10 Dans la métallurgie des poudres, on n'a pas jusqu'à présent, trouvé une solution technique suffisamment stais-faisante permettant de conférer une structure uniforme et des propriétés isotropes au matériau constituant les produits fabriqués à partir de poudres de composition granulométrique non homogène.

15 On connaît une technique de fabrication de produits à partir de poudres métalliques qui consiste à malaxer la poudre pour l'homogénéiser du point de vue granulométrique, à en remplir un moule, à fermer le moule hermétiquement, à chauffer et à soumettre celui-ci à un pressage (voir, 20 par exemple, la description de l'invention annexée au certificat d'auteur de l'URSS N° 417246).

L'opération de malaxage de la poudre permet de répartir d'une manière relativement régulière les particules dans la masse de la poudre, que ces particules soient grosses ou petites. Malgré le fait que les produits ainsi obtenus se caractérisent par une structure relativement homogène du matériau qui les constitue, l'utilisation de la technique en question pose un certain nombre de problèmes. En particulier, la masse friable de poudre a une faible conductibilité thermique et exige, pour son frittage, une opération de chauffage d'une durée relativement longue. En outre, la technique décrite ne permet pas d'exploiter d'une manière rationnelle le volume utile du moule.

35 On connaît également une autre technique de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, qui consiste à malaxer une poudre pour

l'homogénéiser du point de vue granulométrique, à en remplir un moule, à compacter la poudre dans le moule par vibration, à porter le moule à la température de frittage de la poudre, à fermer le moule hermétiquement et, ensuite, 5 à soumettre celui-ci à un pressage (voir L.Kh.Strokovsky et atl. "Proizvodstvo bystrorezhuschei stali metodom poroshkovoi metallurgii za rubezhom", sbornik "Proisvodstvo zheleznykh poroshkov", série 28, vypusk 1, M., Chermetin-formatsia", 1973, p.p. 1-11).

10 On a recours, pour mettre en oeuvre ce procédé, à un dispositif comportant une capacité de malaxage avec une vanne dans sa fenêtre de déchargement. La capacité de malaxage est un tambour en acier de construction, lequel acier est un matériau magnétisable. Au-dessous de 15 la vanne se trouve un vibrateur portant une plate-forme destinée à supporter le moule. Le dispositif comporte, de plus, un réchauffeur de moule et une presse d'extrudage.

L'avantage incontestable de la technologie et du dispositif en question réside dans le temps réduit de 20 chauffage pendant lequel s'effectue le frittage de la poudre compactée. Toutefois, lors du remplissage du moule et, surtout, lors de l'opération de compactage par vibration, on assiste à une ségrégation de la poudre en fractions. Il en résulte que la structure du matériau constituant le produit fabriqué n'est pas homogène et les 25 propriétés dudit matériau ne sont pas similaires dans tout son volume, ce qui détériore sensiblement les caractéristiques mécaniques du produit.

L'invention vise donc un procédé et un dispositif 30 de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, dont la technologie et la construction permettraient de conférer à la poudre des propriétés protégeant celle-ci contre toute ségrégation en fractions lors du remplissage du moule et lors du compactage par 35 vibration de ladite poudre.

Ce problème est résolu en ce que dans le procédé

de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, du type consistant à malaxer une poudre en vue de la rendre granulométriquement homogène, à en remplir un moule, à compacter par vibration ladite poudre,
5 à porter le moule à la température de frittage de la poudre, à fermer le moule hermétiquement et à soumettre celui-ci à un pressage, selon l'invention la poudre rendue granulométriquement homogène est soumise, avant d'être introduite dans le moule, à une magnétisation. Lors de la
10 magnétisation, on voit se former des conglomérats de petites et de grosses particules de la poudre. Grâce à l'effet de magnétisme rémanent, ces conglomérats demeurent intacts lors du remplissage du moule aussi bien que lors du compactage de la poudre par vibration. Ceci exclut la
15 ségrégation en fractions de la poudre, ce qui assure les conditions nécessaires à la formation d'une structure homogène du matériau constituant le produit à fabriquer.

Un mode préféré de réalisation du procédé prévoit que, lors de l'opération de magnétisation, la poudre soit placée pendant 0,1-0,5 minute dans un champ magnétique permanent dont l'intensité est de 1.10^3 - 2.10^4 A/m. Ces régimes sont les plus économiques et assurent une qualité suffisamment élevée du matériau constituant le produit à fabriquer.

25 Le problème posé est également résolu en ce que dans le dispositif pour la fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, du type comportant une capacité de malaxage ayant une vanne placée dans sa fenêtre de déchargement, un vibrateur avec une plate-forme pour supporter un moule, et se trouvant au-dessous de ladite vanne, ainsi qu'un réchauffeur de moule et une presse, selon l'invention ledit dispositif est muni d'un électro-aimant installé au voisinage de la capacité de malaxage, ladite capacité de malaxage et sa vanne étant réalisées à partir d'un matériau non magnétisable ou amagnétique.

Le dispositif ainsi conçu permet de magnétiser la

poudre dans la capacité de malaxage dans aucun contact de ladite poudre avec l'électro-aimant. Le magnétisme rémanent des particules de la poudre ne s'oppose pas à l'introduction de celles-ci dans le moule du fait que la capacité de malaxage et la vanne sont réalisées en matériau non magnétisable.

Il est rationnel que l'électro-aimant soit disposé au-dessous de la capacité de malaxage. Dans ce cas, la distance séparant l'électro-aimant de la poudre est minimale, ce qui correspond à des dépenses minimales d'énergie pour magnétiser la poudre.

Afin de faciliter les opérations de chargement et de déchargement de la capacité de malaxage, il est rationnel que le dispositif comporte un organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant. La présence de l'organe en question permet d'amener l'électro-aimant au contact de la capacité de malaxage, le rendement de l'opération de magnétisation étant alors maximal.

Un autre mode de réalisation du dispositif est également possible et se caractérise par le fait que l'organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant est réalisé sous forme de guides verticaux portant un chariot sur lequel se trouve l'électro-aimant, ledit chariot étant relié à une commande de déplacement aller-retour.

Il est également possible de réaliser le dispositif de manière que l'organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant soit réalisé sous forme d'un montant avec une flèche pivotante horizontale au bout duquel est fixé l'électro-aimant.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description, qui va suivre, de différents modes de réalisation illustrés par les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue générale du dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques selon l'invention (avec arrachements et coupes partielles);

- la figure 2 représente un mode de réalisation du dispositif comportant un organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant selon l'invention (avec arrachements et coupes partielles);

5 - la figure 3 représente un mode de réalisation du dispositif comportant un organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant selon l'invention (avec arrachements et coupes partielles);

10 - la figure 4 représente un mode de réalisation du dispositif comportant un organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant selon l'invention (avec arrachements et coupes partielles).

Pour mettre en oeuvre le procédé revendiqué de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, on a recours à un dispositif qui comporte une capacité de malaxage 1 sous forme d'un tambour relié à une commande de rotation 2 (figure 1). La capacité de malaxage 1 est pourvue d'une fenêtre de chargement 3 et d'une fenêtre de déchargement 4. Dans la fenêtre de déchargement 4 est ménagée une vanne 5 au-dessous de laquelle se trouve un vibrateur 6 avec une plate-forme 7 pour supporter un moule 8. La capacité de malaxage 1 et sa vanne 5 sont réalisées, selon l'invention, à partir d'un matériau non magnétisable (par exemple, à partir d'acier inoxydable). Le moule 8 est en acier de construction.

Au voisinage immédiat de la plate-forme 7 est disposé un réchauffeur 9 du moule 8 et une presse 10.

Le dispositif est muni, selon l'invention, d'un électro-aimant 11 disposé au-dessous de la capacité de malaxage 1.

Les figures 2, 3, 4 des dessins annexés représentent différents modes de réalisation du dispositif comportant un organe 12 pour approcher et éloigner l'électro-aimant 11.

La figure 2 représente un mode de réalisation du dispositif dans lequel l'organe 12 pour approcher et éloigner l'aimant 11 est réalisé, selon l'invention, sous forme de guides verticaux 13 sur lesquels est monté un

chariot 14 supportant l'aimant 11. Le chariot 14 est relié à une commande de déplacement aller-retour.

La figure 3 représente un mode de réalisation du dispositif dans lequel l'organe 12 pour approcher et 5 éloigner l'aimant 11 est réalisé, selon l'invention, sous forme d'un montant 16 avec une flèche pivotante horizontale 17 au bout duquel est fixé l'aimant 11.

La figure 4 représente un mode de réalisation du dispositif dans lequel l'organe 12 pour approcher et 10 éloigner l'aimant 11 est réalisé, selon l'invention, sous forme de guides horizontaux 18 sur lesquels est monté un chariot 19 supportant l'aimant 11. Le chariot 19 est relié à une commande de déplacement aller-retour.

Le procédé de fabrication de produits à partir de 15 poudres de matériaux ferromagnétiques est mis en oeuvre de la manière suivante.

On fait passer la poudre de matériau ferromagnétique (par exemple : poudre d'acier de construction) à travers un tamis pour séparer les particules dont les dimensions 20 dépassent $800 \mu\text{m}$. La poudre à particules de $800 \mu\text{m}$ et moins est introduite, à travers la fenêtre de chargement 3, dans la capacité de malaxage 1, que l'on met en rotation pour malaxer la poudre et la rendre granulométriquement homogène. Ensuite la poudre rendue granulométriquement 25 homogène est soumise à une magnétisation en étant placée pendant 0,1-0,5 min dans un champ magnétique d'une intensité de $1.10^3-2.10^4 \text{ A/m}$. A cette fin on a recours à l'aimant 11 en l'amenant à la capacité de malaxage 1 à l'aide de l'organe 12 (figures 2,3 et 4).

Ensuite la poudre magnétisée est versée à travers la fenêtre 4 (figure 1) de la capacité de malaxage dans le moule 8 placé sur la plate-forme 7 du vibrateur 6. La poudre magnétisée introduite dans le moule 8 est soumise 35 à un compactage par vibrations de fréquence 50 Hz et d'amplitude 0,5 mm.

Ensuite le moule 8 contenant la poudre ainsi compactée est chauffé, à l'aide du réchauffeur 9, à la

température de frittage de la poudre. Pendant l'opération de chauffage on effectue un dégazage de la poudre, après quoi le moule 8 est fermé d'une manière hermétique.

5 Puis le moule 8 contenant la poudre agglomérée est soumis à un extrudage à l'aide d'une presse 10 pour obtenir par exemple des tiges de dimensions prédéterminées.

La poudre ainsi frittée et pressée ou comprimée (produit visé) est ensuite libérée du matériau constituant le moule 8 déformé.

10 Les produits fabriqués en conformité avec la technologie décrite après avoir subi un traitement thermique (trempe, revenu), sont soumis à une analyse métallographique et à des essais physico-mécaniques en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

15 Afin de déterminer la résistance du matériau à la flexion on prépare, à partir des produits obtenus, des échantillons se présentant sous forme de barrettes dont les dimensions sont de 6 x 6 x 50 mm et que l'on soumet à un traitement thermique (trempe, triple revenu). Les échantillons sont soumis à la flexion dans un dispositif spécial réalisé sous forme de deux supports éloignés l'un de l'autre à une distance de 40 mm et d'un poinçon disposé entre eux et relié à une presse hydraulique. Lesdits supports et la partie de travail du poinçon comportent des arrondis de 15 mm de rayon pour les supports et de 7,5 mm pour la partie de travail du poinçon.

20 L'échantillon est placé sur les supports et soumis à une flexion, à l'aide du poinçon, jusqu'à destruction.
 25 La vitesse de déplacement du poinçon est de 0,1 mm/s. Au moment de la destruction de l'échantillon on lit sur l'indicateur de la presse l'effort de flexion déployé.

30 La résistance des produits à la flexion est déterminée par calculs selon la formule :

$$35 \sigma_{\text{flex.}} = \frac{M_f}{W} = \frac{3P_l}{bh^2}$$

où : M_f est le moment de flexion, kg.mm;

$$W = \frac{bh^2}{6} \text{ est le moment de résistance, mm}^3;$$

- 5 P est l'effort de flexion au moment de la destruction de l'échantillon, kg;
 l est la distance entre les supports, mm;
 b est la largeur de l'échantillon après destruction, mm;
 10 h est la hauteur de l'échantillon après destruction, mm.

Afin de déterminer la ténacité du matériau au choc, on prépare à partir des produits obtenus des échantillons sous forme de barrettes dont les dimensions sont de
 15 10 x 10 x 55 mm et que l'on soumet au traitement thermique (trempe, triple revenu).

Lesdits échantillons sont essayés à l'aide d'une machine à choc dont le pendule accomplit un travail de choc égal à 30 kgm.

20 Le pendule frappe l'échantillon jusqu'à destruction de celui-ci, après quoi, à l'endroit de la destruction, on mesure la surface de la section transversale de l'échantillon, et à l'aide de l'indicateur on détermine le travail du choc du pendule au moment de la destruction de l'échantillon.
 25

La ténacité au choc est déterminée par calculs selon la formule :

$$\alpha = \frac{A}{F} \text{ kgm/cm}^2$$

où : A est le travail de choc du pendule au moment de la destruction de l'échantillon, kgm;
 30 F est l'aire de section transversale de l'échantillon à l'endroit de la destruction, cm^2 .

Dans ce qui suit, sont décrits plusieurs exemples concrets mais non limitatifs de réalisation de l'invention.

35 Exemple 1

On fabrique les produits selon l'invention à partir d'une poudre d'acier de construction dont la composition

est la suivante, % en poids : carbone -1,3, silicium-0,4, manganèse-0,4, chrome-4,0, nickel-0,4, tungstène-11,5, molybdène-3,0, vanadium-3,0, cobalt-10,0, soufre-0,03, phosphore-0,03, fer- le reste. A cette fin, on sépare à

- 5 l'aide d'un tamis les particules de poudre dont les dimensions dépassent $800\mu\text{m}$. Ensuite on soumet la poudre à grains de $800\mu\text{m}$ et moins à un malaxage pendant 30 min dans la capacité de malaxage en vue de répartir uniformément sa granulométrie. Puis, la poudre dont la granulométrie est
 10 uniformément répartie est soumise à une magnétisation en étant placée dans un champ magnétique permanent dont l'intensité est de 1.10^4 A/m . L'opération de magnétisation continue 0,25 min, après quoi la poudre magnétisée est versée dans un moule en acier de construction à teneur en
 15 carbone de l'ordre de 0,2%. Le moule est un cylindre dont le diamètre est de 300 mm et la hauteur de 600 mm.
 Introduite dans le moule, la poudre magnétisée subit un compactage par vibration dudit moule à une fréquence de 50 Hz et à une amplitude de 0,5 mm. Trois minutes après,
 20 l'opération de compactage de la poudre par vibration se termine et un couvercle muni d'un tube est soudé au bout ouvert du moule. Ensuite on met le tube en communication avec une pompe à vide pour produire à l'intérieur du moule un vide de 10^{-2} mm de Hg . Simultanément, le moule est
 25 porté à 1150°C et maintenu à ladite température pendant 8 heures, au cours desquelles s'effectuent le frittage et le dégazage de la poudre.

Le dégazage de la poudre étant terminé, on étrangle le tube en vue de fermer hermétiquement le moule, et on
 30 soude l'endroit d'étranglement. Porté à la température précitée, le moule et la poudre contenue dans celui-ci sont soumis à un extrudage dont résultent des tiges cylindriques de 100 mm de diamètre.

Le noyau de chaque tige est le métal en poudre
 35 (produit visé), son enveloppe étant le moule déformé. Les tiges obtenues sont recuites à la température de 850°C pendant 4 heures et, ensuite, refroidies à une vitesse de

20°C/min jusqu'à la température de 500°C, l'opération étant continuée à l'air jusqu'à la température ambiante. Alors, on enlève les enveloppes des tiges par tournage.

Ainsi obtenus, les produits sont soumis au préalable 5 à un traitement thermique (trempe, revenu) et, ensuite, à une analyse métallographique et aux essais physico-mécaniques, ceux-ci en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

10 Les résultats obtenus sont réunis ci-après :
 résistance à la flexion, kg/mm² 260
 dureté Rockwell, HRC 69
 ténacité au choc, kgm/cm² 1,8
 De manière analogue, on fabrique des produits à 15 partir d'une poudre similaire mais sans avoir recours à l'opération de magnétisation, et on soumet lesdits produits aux essais mentionnés. Les caractéristiques mécaniques des deux sortes de produits étant comparées, la conclusion tirée est que la résistance spécifique est augmentée de 20 à 25%, en moyenne, et la ténacité au choc, de 30%. L'analyse métallographique montre une meilleure homogénéité de la structure granulométrique du matériau constituant les produits obtenus selon la technologie revendiquée.

Exemple 2

25 On fabrique des produits selon l'invention à partir d'une poudre d'acier à outillage dont la composition est la suivante, % en poids : carbone-1,2, chrome-4,2, nickel-0,4, manganèse-0,4, silicium-0,4, tungstène-12,0, molybdène-3,0, vanadium-2,2, cobalt-8,2, soufre-0,03, 30 phosphore-0,03, fer - le reste. A cette fin, on sépare à l'aide d'un tamis les particules de poudre dont les dimensions sont supérieures à 800µm. Ensuite on soumet la poudre à particules de 800µm et moins à un malaxage pendant 30 min dans la capacité de malaxage en vue de 35 répartir uniformément sa granulométrie. Puis la poudre dont la granulométrie est uniformément répartie est soumise à une magnétisation en étant placée dans un champ magnétique

permanent dont l'intensité est de 1.10^4 A/m. L'opération de magnétisation continue 0,25 min, après quoi la poudre magnétisée est versée dans un moule en acier de construction à teneur en carbone de l'ordre de 0,2%. Le moule est
 5 un cylindre dont le diamètre est de 300 mm, et la hauteur de 600 mm. Introduite dans le moule, la poudre magnétisée subit un compactage par vibration dudit moule à une fréquence de 50 Hz et une amplitude de 0,5 mm. Trois minutes après, l'opération de compactage de la poudre par
 10 vibration se termine et un couvercle muni d'un tube est soudé au bout ouvert du moule. Ensuite on met le tube mentionné en communication avec une pompe à vide pour produire à l'intérieur du moule un vide de 10^{-2} mm de Hg. Simultanément, le moule est porté à 1150°C et maintenu à
 15 ladite température pendant 3 heures, au cours desquelles la poudre subit un frittage et un dégazage.

Le dégazage de la poudre étant terminé, on étrangle le tube en vue de fermer hermétiquement le moule, et on soude l'endroit d'étranglement. Porté à la température précitée, le moule et la poudre contenue dans celui-ci sont soumis à un extrudage dont résultent des tiges cylindriques de 100 mm de diamètre.

Le noyau de chaque tige est le métal en poudre (produit) son enveloppe étant le moule déformé. Les tiges obtenues sont recuites à la température de 850°C pendant 4 heures et ensuite refroidies à la vitesse de 20°C/min jusqu'à la température de 500°C, le refroidissement continuant ensuite à l'air jusqu'à la température ambiante. Alors on enlève les enveloppes des tiges par tournage.

Les produits ainsi obtenus sont soumis au préalable à un traitement thermique (trempe, revenu) et ensuite à une analyse métallographique et à des essais physico-mécaniques, ceux-ci en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

Les résultats obtenus sont réunis ci-après :
 résistance à la flexion, kg/mm² 270

dureté Rockwell, HRC	68
ténacité au choc, kgm/cm^2	1,5 .

La conclusion tirée est que la résistance des produits obtenus selon la technologie revendiquée est 5 augmentée, par rapport aux produits obtenus par la technique antérieure, de 25% en moyenne, et sa ténacité au choc, de 30%.

Exemple 3

On fabrique des produits selon l'invention à partir 10 d'une poudre d'acier à outillage dont la composition est la suivante, % en poids : carbone-1,0 , manganèse-0,4 , silicium-0,4 , chrome-3,9 , tungstène-6,6 , molybdène-4,8 , vanadium-1,7 , cobalt-4,8 , soufre-0,03 , phosphore-0,03 , fer - le reste. A cette fin, on sépare à l'aide d'un tamis 15 les particules de poudre dont les dimensions sont supérieures à $800\mu\text{m}$. Ensuite on soumet la poudre à particules de $800\mu\text{m}$ et moins à un malaxage pendant 30 min dans la capacité de malaxage en vue de répartir uniformément sa granulométrie. Puis la poudre dont la granulométrie est 20 uniformément répartie est soumise à une magnétisation en étant placée sous un champ magnétique permanent dont l'intensité est de 1.10^3 A/m . L'opération de magnétisation continue pendant 0,25 min, après quoi la poudre magnétisée est versée dans un moule en acier de construction à teneur 25 en carbone de 0,2%. Le moule est un cylindre dont le diamètre est de 300 mm, et la hauteur , de 600 mm. Introduite dans le moule, la poudre magnétisée subit un compactage par vibration dudit moule à une fréquence de 50 Hz et une amplitude de 0,5 mm. Trois minutes après, 30 l'opération de compactage de la poudre par vibration se termine et un couvercle muni d'un tube est soudé au bout ouvert du moule. Ensuite on met ledit tube en communication avec une pompe à vide pour produire à l'intérieur du moule un vide de 10^{-2} mm de Hg . Simultanément, le moule est porté 35 à 1130°C et maintenu à ladite température pendant 2 heures, au cours desquelles ont lieu le frittage et le dégazage de la poudre.

Le dégazage de la poudre étant terminé, on étrangle le tube en vue de fermer hermétiquement le moule, et on soude l'endroit d'étranglement. Porté à la température précitée le moule et la poudre contenue dans celui-ci sont 5 soumis à un extrudage dont résultent des tiges cylindriques de 100 mm de diamètre.

Le noyau de chaque tige est le métal en poudre (produit visé), son enveloppe étant le moule déformé. Les 10 tiges obtenues sont recuites à la température de 850°C pendant 4 heures et ensuite refroidies à une vitesse de 20°C/min jusqu'à 500°C, le refroidissement continuant ensuite à l'air jusqu'à la température ambiante. Alors on enlève les enveloppes des tiges par tournage.

Les produits ainsi obtenus sont soumis au préalable 15 à un traitement thermique (trempe, revenu) et ensuite à une analyse métallographique et à des essais physico-mécaniques, ceux-ci en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

20 Les résultats obtenus sont réunis ci-après :
 résistance à la flexion, kg/mm² 300
 dureté, HRC 68
 ténacité au choc, kgm/cm² 1,8

La conclusion tirée est que la résistance des 25 produits obtenus selon la technologie revendiquée est augmentée de 25% par rapport aux produits obtenus par la technique antérieure, et sa ténacité au choc, de 30%.

Exemple 4

On fabrique les produits selon l'invention à partir 30 d'une poudre d'acier à outillage dont la composition est la suivante, % en poids : carbone-1,0 , silicium-0,4 , manganèse-0,4 , chrome-3,2 , nickel-0,4 , tungstène-9,0 , molybdène-4,0 , vanadium-2,3 , cobalt-8,0 , soufre-0,03 , phosphore-0,3 , fer - le reste. A cette fin, on sépare à 35 l'aide d'un tamis les particules de poudre dont les dimensions dépassent 800µ m. Ensuite on soumet la poudre à particules de 800µ m et moins à un malaxage pendant 30 min

dans la capacité de malaxage en vue de répartir uniformément sa granulométrie. Puis la poudre dont la granulométrie est uniformément répartie est soumise à une magnétisation en étant placée dans un champ magnétique permanent dont
5 l'intensité est de 2.10^4 A/m. L'opération de magnétisation continue pendant 0,25 min, après quoi la poudre magnétisée est versée dans un moule en acier de construction à teneur en carbone de 0,2%. Le moule est un cylindre dont le diamètre est de 300 mm, et la hauteur , de 600 mm.
10 Introduite dans le moule, la poudre magnétisée subit un compactage par vibration du moule à une fréquence de 50 Hz et une amplitude de 0,5 mm. Trois minutes après, l'opération de compactage de la poudre par vibration se termine et un couvercle muni d'un tube est soudé au bout
15 ouvert du moule. Ensuite on met ledit tube en communication avec une pompe à vide pour produire à l'intérieur du moule un vide de 10^{-2} mm de Hg. Simultanément, le moule est porté à la température de 1130°C et maintenu à ladite température pendant 2 heures, au cours desquelles s'effectuent le frittage et le dégazage de la poudre . Le dégazage de la poudre étant terminé, on étrangle le tube en vue de fermer hermétiquement le moule et on soude l'endroit
20 d'étranglement. Porté à la température précitée, le moule et la poudre contenue dans celui-ci est soumis à un extrudage dont résultent des tiges cylindriques de 100 mm
25 de diamètre.

Le noyau de chaque tige est le métal en poudre (produit visé), son enveloppe étant le moule déformé. Les tiges obtenues sont recuites à la température de 850°C
30 pendant 4 heures et, ensuite, refroidies à une vitesse de 20°C/min jusqu'à la température de 500°C, le refroidissement continuant ensuite à l'air jusqu'à la température ambiante.

Alors on enlève l'enveloppe des tiges par tournage.
35 Les produits ainsi obtenus sont soumis au préalable à un traitement thermique (trempe, revenu) et ensuite à une analyse métallographique et à des essais physico-

mécaniques, ceux-ci en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

	Les résultats obtenus sont réunis ci-après :
5	résistance à la flexion, kg/mm ² 320
	dureté, HRC 67
	ténacité au choc, kgm/cm ² 1,8

La conclusion tirée est que la résistance des produits obtenus selon l'invention est augmentée de 25% par rapport aux produits obtenus par la technologie antérieure, et sa ténacité au choc, de 30%.

Exemple 5

On fabrique des produits selon l'invention à partir d'une poudre d'acier à outillage dont la composition est 15 la suivante, % en poids : carbone-1,0 , manganèse-0,4 , silicium-0,4 , chrome -3,9 , tungstène-6,0 , molybdène-4,8 , vanadium-1,7 , cobalt-4,8 , soufre-0,03 , phosphore-0,03 , fer - le reste.

A cette fin on sépare à l'aide d'un tamis les particules de poudre dont les dimensions sont supérieures à 800 μ m. Ensuite la poudre à particules de 800 μ m et moins est soumise à un malaxage pendant 30 min dans la capacité de malaxage en vue de répartir uniformément sa granulométrie. Puis la poudre dont la granulométrie est uniformément répartie est soumise à une magnétisation en étant placée dans un champ magnétique permanent dont l'intensité est de 1.10^4 A/m. L'opération de magnétisation continue pendant 0,1 min, après quoi la poudre magnétisée est versée dans un moule en acier de construction à teneur en carbone de 0,2%. Le moule est un cylindre dont le diamètre est de 300 mm, et la hauteur de 600 mm. Introduite dans le moule, la poudre magnétisée subit un compactage par vibration dudit moule à une fréquence de 50 Hz et une amplitude de 0,5 mm. Trois minutes après, l'opération de compactage de la poudre se termine et un couvercle muni d'un tube est soudé au bout ouvert du moule. Ensuite on met ledit tube en communication avec une pompe à vide pour

produire à l'intérieur du moule un vide de 10^{-2} mm de Hg.
 En même temps le moule est porté à la température de 1130°C et maintenu à ladite température pendant 2 heures, au cours desquelles s'effectuent le frittage et le dégazage
 5 de la poudre. Le dégazage de la poudre étant terminé, on étrangle le tube en vue de fermer hermétiquement le moule, et on soude l'endroit d'étranglement.

Porté à la température précitée, le moule et la poudre contenue dans celui-ci est soumis à un extrudage
 10 dont résultent des tiges de 100 mm de diamètre.

Le noyau de chaque tige est le métal en poudre (produit visé), son enveloppe étant le moule déformé. Les tiges obtenues sont recuites à la température de 850°C pendant 4 heures et, ensuite, refroidies à une vitesse
 15 de 20°C/min jusqu'à la température de 500°C, l'opération de refroidissement continuant ensuite à l'air jusqu'à la température ambiante. L'enveloppe des tiges est enlevée par tournage.

Les produits ainsi obtenus sont soumis au préalable
 20 à un traitement thermique (trempe, revenu) et ensuite à une analyse métallographique et à des essais physico-mécaniques, ceux-ci en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

25 Les résultats obtenus sont réunis ci-après :
 résistance à la flexion, kg/mm² 310
 dureté, HRC 68
 ténacité au choc, kgm/cm² 1,8.

D'une manière analogue, on fabrique et on soumet à
 30 des essais des produits constitués par la même poudre, mais sans soumettre celle-ci à une magnétisation. Les caractéristiques mécaniques des deux types de produits étant comparées on constate une augmentation moyenne de la résistance de 20 à 25%, et de la ténacité au choc ,
 35 de 30%.

L'analyse métallographique montre une meilleure

homogénéité de la structure granulométrique du matériau formant les produits obtenus selon la technologie revendiquée.

Exemple 6

5 On fabrique des produits selon l'invention à partir
• d'une poudre d'acier à outillage dont la composition est
la suivante, % en poids : carbone-1,0 , manganèse-0,4 ,
silicium-0,4 , chrome-3,9 , tungstène-6,0 , molybdène-4,8 ,
vanaditm-1,7 , cobalt-4,8 , soufre-0,03 , phosphore-0,03 ,
10 fer - le reste.

A cette fin, on sépare à l'aide d'un tamis les particules de poudre dont les dimensions sont supérieures à $800\mu\text{m}$. Ensuite la poudre à particules de $800\mu\text{m}$ et moins est soumise à un malaxage dans la capacité de
15 malaxage pendant 30 min en vue de répartir uniformément sa granulométrie. Puis la poudre dont la granulométrie est répartie uniformément est soumise à une magnétisation en étant placée dans un champ magnétique permanent dont l'intensité est de 1.10^4 A/m . L'opération de magnétisation
20 continue pendant 0,5 min, après quoi la poudre magnétisée est versée dans un moule en acier de construction à teneur en carbone de 0,2%. Le moule est un cylindre dont le diamètre est de 300 mm, et la hauteur, de 600 mm. Introduite dans le moule, la poudre magnétisée subit un compactage
25 par vibration dudit moule à une fréquence de 50 Hz et une amplitude de 0,5 mm. Trois minutes après, l'opération de compactage de la poudre par vibration se termine et un couvercle muni d'un tube est soudé au bout ouvert du moule. Ensuite on met ledit tube en communication avec une pompe
30 à vide pour produire à l'intérieur du moule un vide de 10^{-2} mm de Hg . En même temps le moule est porté à la température de 1130°C et maintenu à ladite température pendant 2 heures, au cours desquelles s'effectuent le frittage et le dégazage de la poudre.

35 Le dégazage de la poudre étant terminé, on étrangle le tube en vue de fermer hermétiquement le moule, et on

soude l'endroit d'étranglement. Porté à la température précitée, le moule et la poudre contenue dans celui-ci sont soumis à un extrudage dont résultent des tiges cylindriques de 100 mm de diamètre.

5 Le noyau de chaque tige est le métal en poudre (produit visé), son enveloppe étant le moule déformé. Les tiges obtenues sont recuites à la température de 850°C pendant 4 heures et, ensuite refroidies à une vitesse de 20°C/min jusqu'à la température de 500°C, l'opération de 10 refroidissement continuant ensuite à l'air jusqu'à la température ambiante. L'enveloppe des tiges est enlevée par tournage.

Les produits ainsi obtenus sont soumis au préalable à un traitement thermique (trempe, revenu) et ensuite à 15 une analyse métallographique et à des essais physico-mécaniques, ceux-ci en vue de déterminer la résistance du matériau à la flexion, la dureté Rockwell et la ténacité au choc.

Les résultats obtenus sont réunis ci-après :
20 résistance à la flexion, kg/mm² 320
dureté, HRC 68
ténacité au choc, kgm/cm² 2,0

La conclusion tirée est que la résistance spécifique des produits obtenus selon la technologie revendiquée est 25 augmentée en moyenne de 25% par rapport aux produits obtenus par la technique antérieure, et leur ténacité au choc, de 35%.

Exemple 7 (négatif)

On obtient des produits d'une manière sensiblement 30 identique à celle décrite dans l'exemple 1 et à partir d'un matériau similaire. Toutefois, lors de l'opération de magnétisation, la valeur de l'intensité du champ magnétique permanent constitue 1.10^2 A/m, ce qui est inférieur à la limite minimale revendiquée.

35 Les résultats procurés par les essais des produits ainsi obtenus sont réunis ci-après :

résistance à la flexion, kg/mm ²	180
dureté HRC	69
ténacité au choc kgm/cm ²	1,1.

Les résultats précités montrent une baisse de la
 5 qualité des produits, due à une ségrégation des particules
 de la poudre en fractions granulométriques lors de sa mise
 en moule. Ce phénomène est le résultat du faible degré de
 magnétisation de la poudre par le champ magnétique permanent
 d'intensité précitée.

10 Exemple 8 (négatif)

On prépare des produits d'une manière sensiblement analogue à celle décrite dans l'exemple 4 et à partir d'un matériau identique. Toutefois, lors de l'opération de magnétisation, la valeur de l'intensité du champ magnétique permanent constitue $5 \cdot 10^4$ A/m, ce qui dépasse la limite maximale revendiquée.

Les résultats obtenus lors des essais des produits ainsi fabriqués sont réunis ci-après :

résistance à la flexion, kg/mm ²	320
dureté, HRC	67
ténacité au choc, kgm/cm ²	1,8.

Les résultats précités montrent que l'intensité du champ magnétique permanent utilisé n'améliore pas la qualité des produits par rapport à celle obtenue par la
 25 technologie revendiquée, tandis que les dépenses d'énergie augmentent d'une manière injustifiée.

Exemple 9 (négatif)

On obtient des produits d'une manière sensiblement identique à celle décrite dans l'exemple 3 et à partir d'un matériau identique. Toutefois, l'opération de magnétisation ne dure que 0,04 min, ce qui est inférieur à la limite minimale revendiquée..

Les résultats des essais auxquels sont soumis les produits ainsi obtenus sont réunis ci-après :

résistance à la flexion, kg/mm ²	230
dureté, HRC	68
ténacité au choc, kgm/cm ²	1,2 .

Les résultats précités montrent que la durée choisie de l'opération de magnétisation ne confère pas à la poudre le degré de magnétisation nécessaire ce qui provoque une ségrégation des particules de poudre en 5 fractions granulométriques lors de sa mise en moule et, ainsi, une détérioration des propriétés des produits obtenus.

Exemple 10 (négatif)

On obtient des produits d'une manière sensiblement 10 identique à celle décrite dans l'exemple 2 et à partir d'un matériau identique. Toutefois, l'opération de magnétisation dure 1,0 min, ce qui dépasse la limite supérieure revendiquée.

Les résultats des essais auxquels sont soumis 15 les produits ainsi obtenus sont réunis ci-après :

résistance à la flexion, kg/mm ²	270
dureté, HRC	68
ténacité au choc, kgm/cm ²	1,5

Les résultats précités montrent que la durée 20 choisie de l'opération de magnétisation ne permet pas d'améliorer la qualité des produits par rapport à celle qui caractérise des produits obtenus par la technologie revendiquée, tandis que les dépenses d'énergie augmentent d'une manière injustifiée.

25 La présente invention peut être utilisée notamment en métallurgie et dans les constructions mécaniques pour la fabrication d'ébauches cylindriques ou de forme, à partir de poudres métalliques magnétiques, par exemple à base d'acières de construction ou à outils. En outre, 30 l'invention peut être utilisée pour la fabrication d'ébauches bi-métalliques diverses. Lesdites ébauches sont employées pour la fabrication d'outils de coupe et de matriçage ou d'estampage hautement résistants.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée 35 aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle

comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

1.- Procédé de fabrication de produits à partir de poudres de matériaux ferromagnétiques, du type consistant à malaxer une poudre pour la rendre homogène du point de vue granulométrique, à en remplir un moule, à compacter la poudre par vibration, à porter le moule à la température de frittage de la poudre, à fermer le moule d'une manière hermétique et à le comprimer, caractérisé en ce que la poudre rendue homogène du point de vue granulométrique est soumise à une magnétisation avant d'être introduite dans le moule.

2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que , pour être magnétisée, la poudre est placée pendant 0,1 à 0,5 min dans un champ magnétique permanent d'une intensité de 1.10^3 à 2.10^4 A/m.

3.- Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 et 2, du type comprenant une capacité de malaxage pourvue d'une vanne placée dans sa fenêtre de déchargement, un vibrateur avec une plate-forme pour supporter un moule, ledit vibrateur se trouvant au-dessous de ladite vanne, ainsi qu'un réchauffeur pour le moule et une presse , caractérisé en ce qu'il comprend un électro-aimant disposé au voisinage de la capacité de malaxage, ladite capacité de malaxage et sa vanne étant constituées d'un matériau non magnétisable ou amagnétique.

4.- Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'électro-aimant est disposé au-dessous de la capacité de malaxage.

5.- Dispositif selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce qu'il comprend un organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant.

6.- Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant est réalisé sous forme de guides verticaux sur lesquels est monté un chariot portant l'électro-

aimant et relié à une commande de déplacement aller-retour.

7. Dispositif selon la revendication 5 , caractérisé en ce que l'organe pour approcher et éloigner l'électro-aimant est réalisé sous forme d'un montant avec 5 une flèche pivotante horizontale au bout de laquelle est fixé l'électro-aimant.

8.- Produits en poudres de matériaux ferromagnétiques, caractérisés en ce qu'ils sont obtenus par le procédé faisant l'objet de l'une des revendications 1 et 10 2.

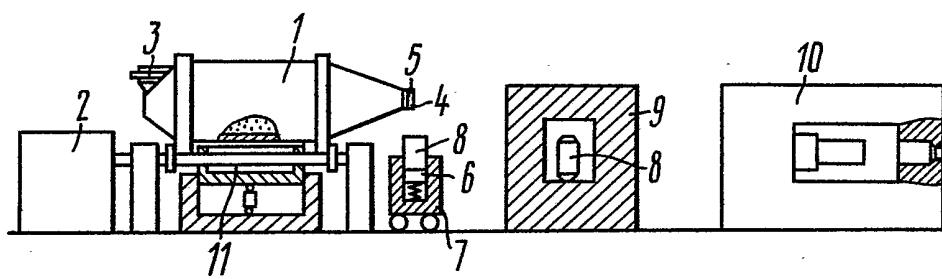


FIG. 1

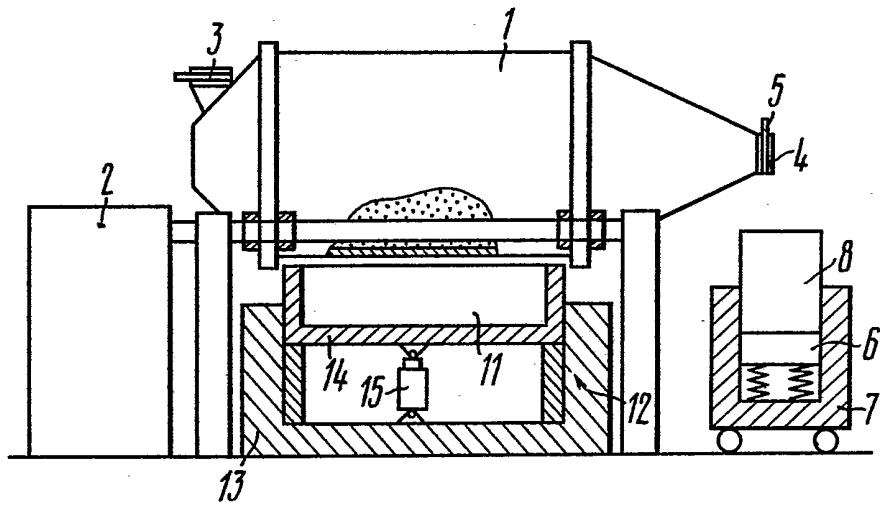


FIG. 2

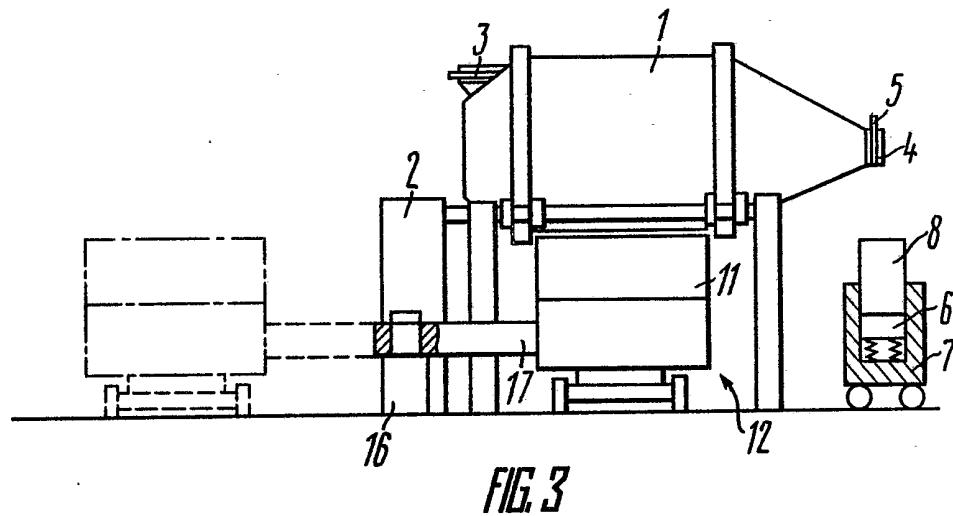


FIG. 3

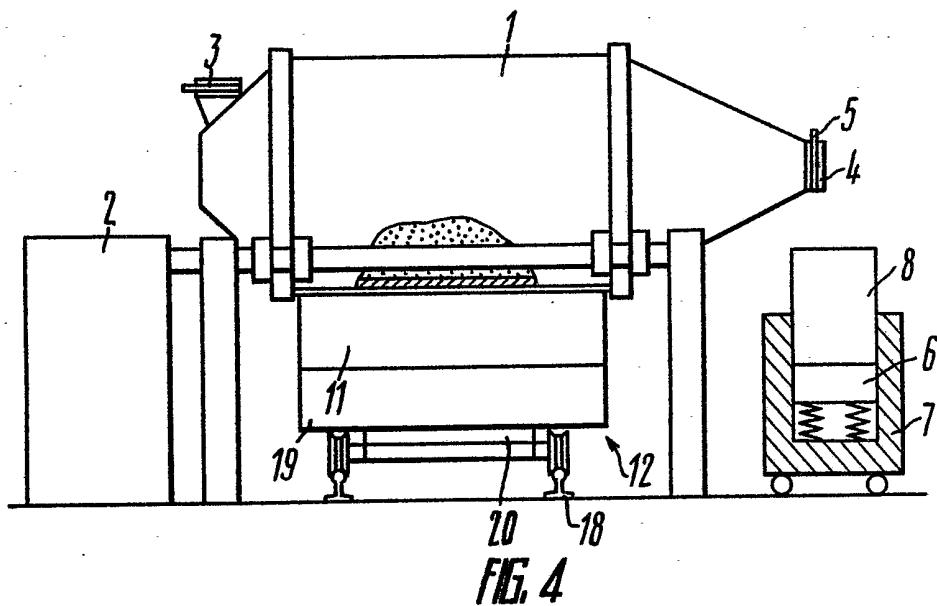


FIG. 4