

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 81 18762**

---

⑤④ Procédé de fabrication d'un disque en poudre de métal compacte comprenant une périphérie en une première matière de poudre et une partie centrale en une seconde matière de poudre.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). B 22 F 3/16.

②② Date de dépôt..... 6 octobre 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 8-4-1983.

---

⑦① Déposant : UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION. — US.

⑦② Invention de : Dennis James Evans.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : R. Baudin,  
10, rue de la Pépinière, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un disque en poudre de métal compacte comprenant une périphérie en une première matière de poudre et une  
5 partie centrale en une seconde matière de poudre.

Les disques en superalliages de turbines à gaz durant ces dernières années ont été réalisés par pressage isostatique à chaud. En mettant en oeuvre un tel procédé, de fines poudres de métal sont introduites dans un conte-  
10 neur, habituellement réalisé en métal ou en verre. On fait le vide dans le conteneur, on le rend étanche et on le dispose dans un récipient de pression rempli de gaz où il est soumis à une température et une pression suffisante pour comprimer le conteneur et consolider la  
15 poudre de métal se trouvant à l'intérieur. Pour réduire l'ampleur du changement de dimension du conteneur pendant le pressage isostatique à chaud, on recherche la masse volumineuse la plus élevée pour la poudre qui a été introduite dans le conteneur.

20 Dans leur état hautement raffiné actuel, les superalliages sont conçus de façon très précise pour obtenir la combinaison de propriétés optimum pour leur application envisagée. En un caprice de la nature, on a trouvé que les superalliages ayant les propriétés les plus élevées  
25 de résistance au fluage et aux contraintes n'ont pas également les propriétés les plus élevées de résistance à la traction et à la fatigue aux basses températures. Par conséquent, la propriété la plus limitatrice est d'abord prise en considération et la conception d'un  
30 alliage, ou le choix d'alliages connus par le constructeur de disques de turbine est souvent une question de compromis et de limitation commerciale dans différentes parties d'un disque de turbine à gaz. Plus précisément, le bord d'un  
35 disque de turbine à gaz est exposé aux températures élevées et tend à se rompre à cause de la résistance au fluage ou à la tension alors que l'alésage du disque, qui est séparé du courant de gaz est plus froid tend à être limité par la tension de fluage et la fatigue mécanique.

40 Par conséquent il est pratique de concevoir un

disque comportant un alésage avec une série de propriétés de la matière et un bord avec une autre série de propriétés de la matière. Pour obtenir ce disque de la manière la plus pratique, le disque est réalisé en deux matières différentes.

Dans le brevet US NO. 4 063 939, on décrit un procédé de fixation d'éléments d'ailettes individuels à un rotor de turbine à gaz par une combinaison de pressage de la cavité du moule et de pressage isostatique à chaud.

10 Le procédé décrit dans ce brevet envisage par conséquent d'abord la formation d'un élément du disque et l'enveloppement ultérieur de cet élément par la matière de poudre : on souhaiterait qu'un procédé plus simple soit utilisable pour réaliser un disque.

15 Dans le brevet US No. 3 780 418, on décrit un procédé de fabrication de cylindres à deux matières comprenant une partie centrale en une première matière et un bord en une seconde matière, en utilisant un élément séparateur cylindrique amovible qui permet l'introduction séparée de

20 deux matières. Après que les deux poudres aient été introduites, on retire le séparateur cylindrique et on densifie l'article. Pour le pressage isostatique à chaud, de manière caractéristique, le conteneur comprend une ouverture relativement petite pour avoir plus facile à le rendre

25 étanche après l'avoir rempli. Par conséquent le procédé décrit dans le brevet 3 780 418 n'est pas facilement utilisable pour de tels conteneurs.

Il est un but de la présente invention de fabriquer un disque comprenant un bord à dimension uniforme en une

30 matière de poudre et un alésage en une seconde matière de poudre, en utilisant le pressage isostatique à chaud et en évitant l'exposition des poudres à des milieux autres que le vide.

Selon la présente invention, on fait tourner un

35 conteneur à col étroit convenant pour un compactage ultérieur alors qu'il est raccordé à un système de manipulation de poudre sous vide. Un premier lot de poudre introduit dans le conteneur est forcé vers le diamètre externe pour former le bord. Un second lot de poudre introduit par la

40 suite, est forcé contre la surface interne du premier lot

- 3 -

pour former la partie centrale ou alésage du disque. Lorsque le conteneur est rempli, on le rend étanche, on le sépare du système de remplissage et on le soumet à un  
5 pressage isostatique à chaud pour simultanément consolider les deux lots de poudre et les joindre l'un à l'autre. Des lots supplémentaires de poudre peuvent similairement être introduits dans le conteneur entre les premier et  
10 second lots pour produire des propriétés supplémentaires de la matière et pour obtenir une transmission progressive entre les premier et second lots.

Dans le mode de réalisation préféré, on fait passer les lots de poudre en série au travers d'un dispositif de traitement où elles sont chauffées sous vide pour  
15 éliminer les gaz adsorbés. Lorsqu'il est accumulé en une quantité prédéterminée dans une chambre de stockage après le traitement, un lot de poudre est amené dans un conteneur rotatif en passant par un joint étanche rotatif .

Selon un autre mode de réalisation, on fait tourner  
20 le disque autour d'un axe horizontal , pour réaliser de façon plus sûre un interface de démarcation parallèle à l'axe longitudinal du disque ainsi qu'on le désire habituellement. Selon un autre mode de réalisation , on fait simultanément osciller le disque alors qu'on le fait  
25 tourner et qu'on le remplit, pour augmenter la densité d'entassement de la poudre se trouvant dans celui-ci. Une caractéristique de l'invention est que la disposition et l'orientation de la ligne de démarcation entre la première et la seconde matières peut être déterminée  
30 par réglage de la vitesse rotative et la quantité du premier lot de poudre. Les avantages de l'invention comprennent la vitesse selon laquelle les conteneurs peuvent être remplis , la simplicité relative et la fiabilité de l'appareil et l'évitement de la contamination obtenu au moyen  
35 du système fermé.

Pour que l'invention puisse être mieux comprise, référence est faite aux figures suivantes où: la figure 1 est une vue globale/<sup>de l'appareil</sup>utilisé dans l'invention.

La figure 2 est une coupe d'un détail du joint  
40 étanché rotatif de la figure 1.

- 4 -

La figure 3 montre les parties internes du dispositif de traitement.

Les figures 4 et 5 montrent en coupe , un conteneur en forme de disque au moment où il est rempli par les poudres.

La figure 6 est une partie d'une table rotative comprenant un piston pour l'oscillation.

La figure 7 montre un conteneur de disque tournant horizontalement et une chambre de stockage.

La figure 8 représente un conteneur adapté pour former un disque comprenant un alésage central.

Le mode de réalisation préféré de l'invention est décrit pour la fabrication d'un disque de turbine à gaz en une poudre de superalliage , comprenant un alésage ayant les propriétés d'une matière et un bord ayant les propriétés d'une autre matière. Cependant, l'invention est également utilisable pour réaliser d'autres articles ayant une forme générale circulaire à partir d'autres matières de poudre.

La figure 1 représente l'arrangement général de l'appareil utilisable dans le mode de réalisation préféré de l'invention.

Le système comprend un certain nombre d'éléments , dont tous sont maintenus sous vide pendant le procédé qui est généralement comme suit . Des lots de poudre de métal sont introduits en séquence dans le système. Un lot est d'abord traité par chauffage et exposition sous vide et on le fait alors passer dans une chambre de stockage où il est accumulé. Ensuite la poudre est déchargée au travers d'un joint étanche rotatif dans un conteneur rotatif, où elle est forcée radialement vers l'extérieur. Lorsque le conteneur est rempli de poudre, il est rendu étanche , séparé de l'appareil de remplissage et soumis à un pressage isostatique à chaud.

En considérant avec davantage de détails les figures 1 et 2, un conteneur en forme de disque 12 est monté sur une table rotative 14 qui est habituellement montée sur des supports et entraînée par un moteur non représenté. Le conteneur 12 nécessairement a une forme analogue , mais plus

- 5 -

grande, à celle du disque que l'on désire fabriquer à partir de la poudre de métal. Cette dimension plus grande est nécessaire pour permettre l'introduction de matière de

5 poudre suffisante, étant donné que la poudre de métal a une masse volumique inférieure à la matière solide ayant la même composition. Le conteneur 12 comprend une section d'entrée 16 qui est en alignement avec l'axe longitudinal du conteneur en forme de disque; l'entrée est également en

10 alignement avec l'axe de rotation du conteneur. La section d'entrée sert à permettre l'introduction de la poudre dans le conteneur. Montée verticalement au-dessus et raccordée au conteneur 12 se trouve une chambre de stockage 18, comprenant des valves 20 et 22 dans les conduits de déchargement

15 et d'entrée aux extrémités inférieure et supérieure. La chambre de stockage est adaptée pour recevoir et accumuler la poudre sortant lentement du dispositif de traitement 30, et ensuite décharger celle-ci plus rapidement dans le conteneur où la valve inférieure 20 est ouverte. Etant donné

20 que la chambre de stockage est stationnaire, alors que l'entrée du conteneur auquel elle est raccordée tourne, un joint rotatif 24 étanche est prévu au raccordement entre les deux. La figure 2 montre le joint rotatif étanche avec davantage de détails. Le conduit de déchargement 21 de la

25 chambre de stockage a un diamètre plus petit que l'alésage de l'entrée 16 du conteneur et est inséré dans celui-ci. Une bride pliée 26 constitue une cavité femelle qui reçoit l'entrée 16 alors qu'un joint étanche 28 à bague en O constitue un joint étanche aux gaz entre les deux éléments.

30 Le joint rotatif que l'on vient de décrire est un mode de réalisation simple et il existe de nombreux autres types connus et commerciaux de joints qui serviraient aussi bien.

Monté verticalement au-dessus de la chambre de stockage se trouve le dispositif de traitement 30 dont les contenus et la fonction sont décrits immédiatement ci-dessous.

35 Des réservoirs-nourrices amovibles 34 sont montés verticalement au-dessus du dispositif de traitement. Les réservoirs nourrices sont adaptés pour décharger une quantité de poudre dans le dispositif de traitement lorsque les valves 36 et 38

40 sont ouvertes, ces réservoirs ayant été remplis séparément

- 6 -

avant le raccordement au système. Tous les éléments du système sont raccordés par des conduits, des valves et des brides pour permettre l'évacuation, l'isolation, le raccordement et la déconnexion lorsque le fonctionnement décrit ici est la logique l'exigent.

Les détails du dispositif de traitement 30 sont représentés dans la figure 3. Comme avec les autres éléments dans le système, le fond 40 du dispositif de traitement est en pente pour permettre le déchargement sous l'effet de la gravité de toute la poudre restant dans celui-ci. Monté dans le dispositif de traitement se trouve un plateau 42 à la partie inférieure duquel est fixé un dispositif de chauffage 44. Un élément vibreur 46 est monté à une extrémité du plateau pour obtenir un mouvement oscillatoire résonnant et ainsi permettre l'introduction de la poudre à l'extrémité 48 la plus proche de l'élément vibreur pour qu'elle se déplace à l'extrémité opposée 50 du plateau, ensuite elle est déchargée dans l'espace du dispositif de traitement pour tomber dans l'orifice de déchargement 41. Le plateau 42 du dispositif de traitement est disposé de telle façon que la poudre déchargée de l'un quelconque des réservoirs-nourrices 32, 34 tombera sur le plateau et se déplace ensuite de façon contrôlée sur la surface du plateau. En agissant ainsi, la poudre est chauffée jusqu'à une température typiquement de l'ordre de 300°C alors qu'elle est soumise au vide dans le dispositif de traitement. Donc, d'autres appareils similaires à celui que l'on vient de décrire peuvent être utilisés pour réaliser ce but. L'exposition de la poudre de cette façon a pour effet que tout gaz adsorbé soit éliminé et on évite les défauts de pores autrement présents dans les articles densifiés. Une partie importante du fonctionnement de l'invention est que la poudre n'est jamais exposée à l'air ou aux gaz de toutes sortes pendant la totalité du procédé de remplissage. Pour les superalliages, on peut faire varier les températures mentionnées précédemment dans l'intervalle de 150-550°C en fonction de la teneur en gaz dans la poudre, de la valeur du vide et de la teneur en gaz. Pour d'autres alliages, la température serait

- 7 -

dans un intervalle compatible avec l'alliage: elle serait inférieure à celle qui provoquerait des effets métallurgiques nuisibles mais suffisamment élevée pour accélérer la durée du dégazage comme on le désire. Dans certains cas, le chauffage peut être omis.

Le fonctionnement de l'appareil sera maintenant décrit plus complètement en considérant, en outre, les figures 4 et 5 qui montrent le remplissage en séquence du conteneur en forme de disque. Un premier lot de matière poudreuse est déchargée depuis un réservoir-nourrice 32 dans le dispositif de traitement, où il est dégazé de façon convenable et on le fait passer dans la chambre de stockage, dont la valve du fond 20 est fermée. Donc, la poudre déchargée depuis le dispositif de traitement par conséquent s'accumule dans la chambre de stockage. Durant la totalité de l'opération de remplissage décrite ici, tous les éléments du système, y compris le conteneur 12 sont maintenus sous un vide élevé d'au moins  $10^{-3}$  torr et de préférence  $10^{-5}$  torr. On fait alors tourner le conteneur 12 à une vitesse au moins suffisante pour forcer toute poudre se trouvant dans celui-ci vers la périphérie 48 et pour remplir celle-ci, une expérimentation raisonnable montrera cette vitesse. La totalité de la capacité du premier lot de matière déchargée de façon contrôlée depuis la chambre de stockage 18 passera au travers de l'orifice 16 du conteneur dans le conteneur et formera la périphérie 48 du disque non densifié dans le conteneur. La première quantité du lot est prédéterminée pour obtenir une surface de démarcation 46 à la distance radiale du disque que le constructeur a spécifié. Au-delà de cette vitesse minimum mentionnée, il est souvent souhaitable d'avoir une force supplémentaire appliquée à la poudre à la périphérie pour obtenir le meilleur entassement et pour que la surface la plus interne de la couche ou surface de démarcation 46 ait le contour pratiquement parallèle à l'axe longitudinal du disque, ainsi que le constructeur du disque le préférera souvent.

Durant l'étape suivante décrite, le conteneur est, de préférence, maintenu en rotation, bien que facultativement

- 8 -

la rotation peut être arrêtée, dans lequel cas le premier lot de poudre, selon ses propriétés, cessera de garder la surface 46 de démarcation pratiquement verticale montrée dans la figure 4. Cependant un tel arrêt de la rotation peut être entrepris si par sa reprise, le contour de démarcation souhaité est de nouveau réobtenu. Le second lot de poudre est alors déchargé depuis le réservoir-nourrice 34; on le fait passer au travers du dispositif de traitement et alors dans la chambre de stockage et ensuite il est déchargé dans l'orifice d'entrée du conteneur, le tout d'une manière analogue au traitement et à l'amenée du premier lot de poudre. On fait tourner le conteneur du disque lorsque le second lot de poudre est introduit, et la poudre est par conséquent pressée contre la première poudre déposée à la périphérie du disque et par la suite remplit la partie alésage 50 du conteneur. A ce moment, on arrête la rotation du conteneur et on scelle l'orifice d'entrée 16, par exemple par broyage mécanique ou soudage au feu. Ensuite on dé-

connecte le conteneur de l'appareil en abaissant la table 14. Le conteneur rempli de poudre est alors amené vers une installation de pressage isostatique à chaud où il est transformé en un article de métal solide selon des procédés qui sont bien connus dans la technique.

Bien entendu, on préfère presser isostatiquement le conteneur étant donné que ceci donne le compactage le plus uniforme de la poudre, et permet de prévoir le mieux les dimensions. Cependant, il doit être évident que le conteneur peut être selon une autre possibilité densifié par pressage statique où on peut consolider la poudre selon d'autres procédés bien connus.

La figure 6 montre un autre mode de réalisation de l'invention qui favorise une masse volumique plus élevée dans le conteneur que la force centrifuge crée sur la poudre. Un piston 52 crée un mouvement oscillatoire sur la table rotatif 14 par l'intermédiaire d'une roue 54 en contact avec celle-ci; le système de montage de support de la table est conçu pour permettre un mouvement rotatif et vertical simultané. D'autres moyens peuvent être mis en oeuvre pour augmenter la densification pour la pratique de l'invention,

- 9 -

y compris ceux qui sont connus pour faire vibrer , déplacer ou densifier la poudre dans d'autres récipients.

La figure 7 montre un autre mode de réalisation de  
5 l'invention où la table et le conteneur sont disposés  
de façon à tourner autour d'un axe disposé horizontalement.  
La chambre de stockage 18a comporte un conduit de décharge-  
ment 21a qui contient une pliure à angle droit; le conduit  
en outre est plus long et s'étend au travers de l'orifice  
10 d'entrée 16a dans la cavité interne du conteneur 10a.

La plupart des poudres de superalliage coulent librement et  
donc s'écouleront aisément depuis la chambre de stockage  
dans le conteneur lorsque la valve 20a est ouverte,  
mais si nécessaire, une augmentation du débit peut être  
15 obtenue par fixation d'un dispositif vibratoire au conduit  
21a d'une manière similaire à celle montrée dans le dispo-  
sitif de traitement de la figure 3. L'avantage de la posi-  
tion horizontale du disque de l'axe du conteneur est  
que la ligne de démarcation 46 (montrée dans la figure 4)  
20 entre le premier lot de poudre et le second lot de poudre  
sera plus certainement parallèle à l'axe longitudinal  
du conteneur, étant donné que la gravité agit parallèlement  
à la force centrifuge dans ce mode de réalisation.

Si on se réfère maintenant au procédé général, il doit  
25 être évident que plus de deux lots de poudre peuvent être  
introduits dans le conteneur. Par exemple, une quantité de  
poudre ayant une troisième propriété peut être introduite  
dans le conteneur pour former un élément en forme d'anneau  
entre le premier et le second lot. Le troisième lot peut  
30 également comprendre un mélange des poudres du premier lot  
et du second lot pour obtenir une transition moins nette en  
ce qui concerne les propriétés. Bien entendu, tout nombre  
de lots de poudre peut être introduit de manière similaire.

La mise en oeuvre de l'invention peut être perfectionnée  
35 davantage en incorporant dans la poudre des objets solides  
compacts . Donc, des pales ou autres matières solides peu-  
vent être disposés à la périphérie du disque, peuvent être  
enveloppés par la poudre pendant le remplissage, généralement  
en accord avec l'enseignement du brevet US No. 4 063 939.  
40 Similairement, de la matière solide peut être introduite

- 10 -

dans l'alésage pour différentes propriétés, ou pour éviter la dépense de produit de poudre en cet endroit, étant donné que l'alésage est normalement éliminé. La figure 8 montre un conteneur 12b ayant une forme pour recevoir un mandrin 56. Un élément séparé peut être disposé dans le centre du conteneur au lieu de ce mandrin si on le désire.

Ainsi qu'on l'a mis en évidence, le dispositif de traitement élimine les gaz des poudres avant leur introduction dans le conteneur. Pour les poudres qui ne contiennent pas de tels gaz, cette étape peut être éliminée. Mais lorsque le dispositif de traitement est utilisé, la vitesse typique de traitement de la poudre est lente et ceci est la raison pour laquelle la chambre de stockage est nécessaire. Il est plus pratique de traiter la poudre sur une période de temps donnée, sans risque de rupture du joint étanche rotatif pendant la rotation prolongée et la fuite de la matière. Cependant, <sup>pour</sup> un autre procédé, ou pour des poudres qui peuvent être traitées rapidement, ou en l'absence de procédé, alors la chambre de stockage peut être omise.

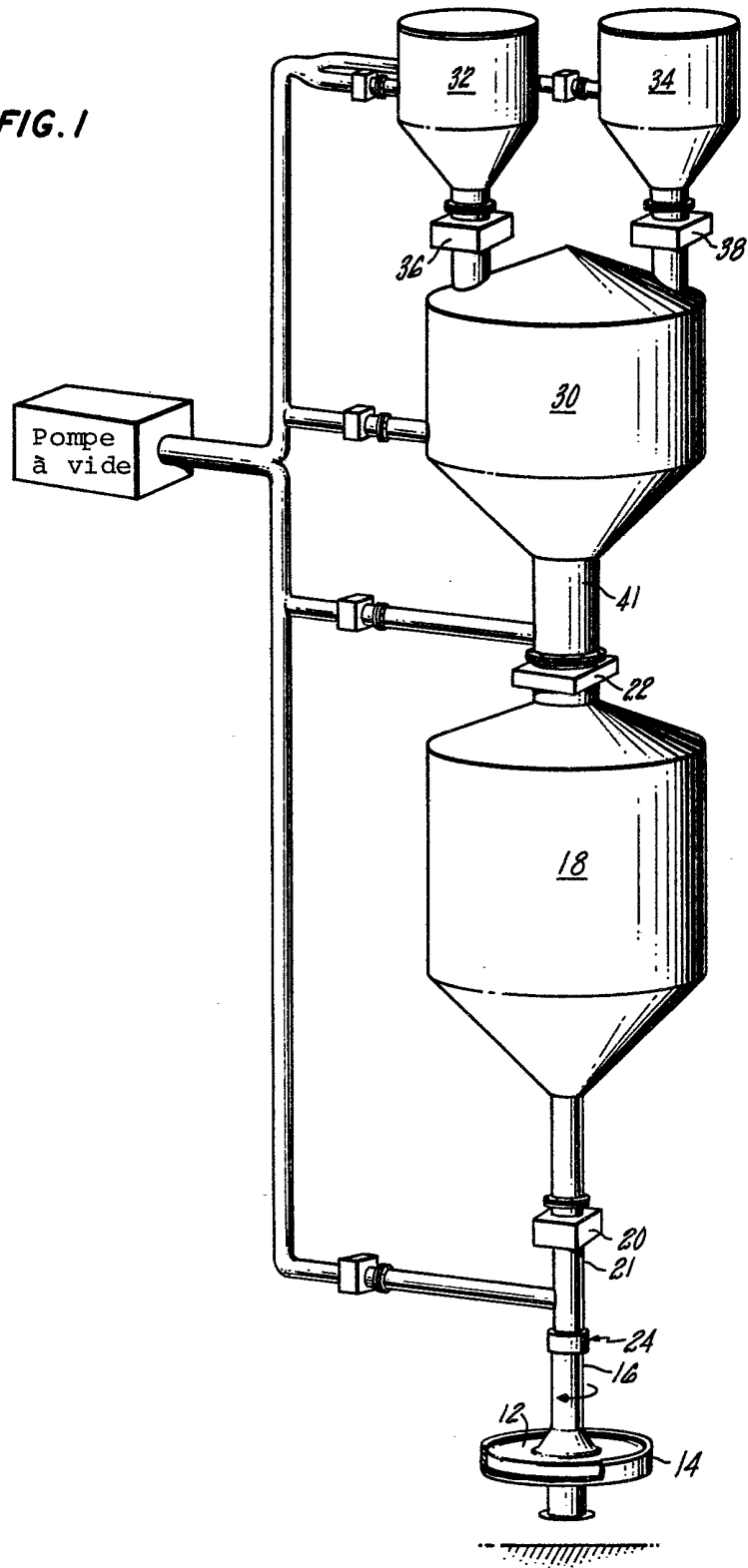
Bien entendu diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art aux procédés qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs sans sortir du cadre de l'invention.

## Revendications:

1. Procédé de fabrication d'un dispositif en poudre de métal compacte comprenant une périphérie en une première  
5 matière de poudre et une partie centrale à une seconde matière de poudre caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser un conteneur (12) en forme de disque sous vide permettant de réaliser la contraction sous l'effet du compactage des poudres en la forme du disque souhaité, le conteneur  
10 (12) en outre ayant un orifice d'accès (16) en alignement le long de l'axe longitudinal de la forme du disque, l'orifice (16) faisant tourner le conteneur (12) autour de son axe longitudinal, pour que la poudre introduite dans celui-ci soit forcée contre la périphérie du disque, on chauffe un  
15 premier lot de poudre dans un récipient (30) sous vide pour éliminer les gaz adsorbés; on amène le premier lot de poudre depuis le récipient (30) vers l'orifice tout en maintenant la poudre sous vide, et on introduit la poudre dans le conteneur (12) d'une façon contrôlée, pour former la périphérie  
20 de poudre non densifiée du disque, on chauffe et on introduit un second lot de poudre selon des procédés similaires à ceux décrits précédemment pour le premier lot, pour réaliser une partie centrale non densifiée du disque, on arrête la rotation du conteneur (12) et on scelle ce conteneur (12) pour conserver le vide dans celui-ci, et on chauffe et on comprime  
25 le conteneur et les poudres se trouvant dans celui-ci pour consolider la poudre dans celui-ci et former les disques.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste en outre à faire osciller le conteneur (12)  
30 pendant la rotation de celui-ci pour augmenter la masse volumique de la poudre introduite dans celui-ci.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste en outre à maintenir temporairement un lot de poudre dans une chambre de stockage (18) pendant l'amenée  
35 depuis le récipient (30) vers le conteneur (12) pour permettre une accumulation temporaire de la quantité de poudre dans la chambre (18) et l'introduction ultérieure de la poudre dans le conteneur (12) selon une vitesse plus grande que celle à laquelle la poudre est chauffée.
- 40 4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce

- qu'il consiste en outre à prévoir au moins un lot supplémentaire de matière de poudre, à traiter cette poudre de façon similaire à celle des premier et second lots de poudre, pour
- 5 introduire le lot supplémentaire dans le conteneur (12) entre le premier et second lot.
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conteneur est soumis à un pressage isostatique à chaud.
- 10 6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la rotation du conteneur (12) se fait dans un axe se trouvant dans un plan horizontal.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on utilise des poudres en
- 15 alliage de nickel et qu'on chauffe ces poudres dans un intervalle de 150-550°C et la valeur du vide dans les zones contenant et recevant les poudres est maintenue à  $10^{-3}$  torr ou moins.

FIG. 1



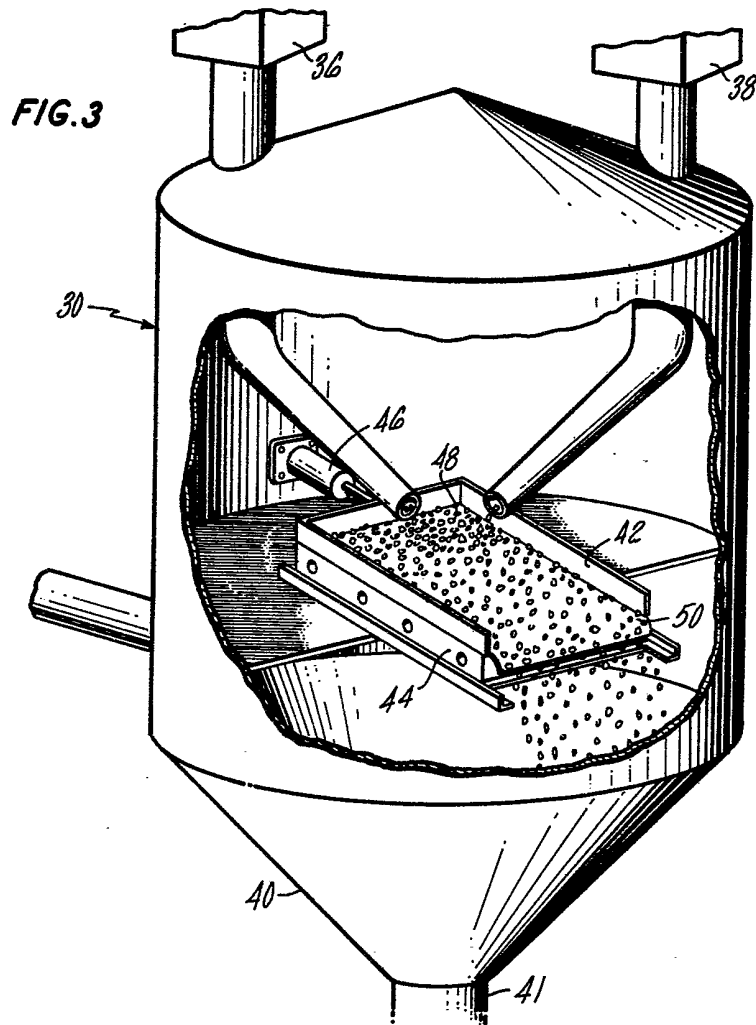
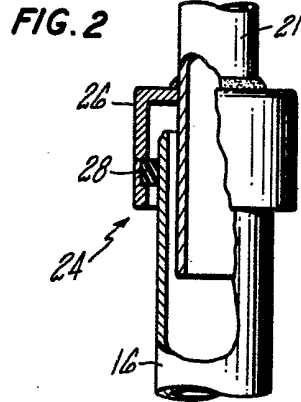


FIG. 4

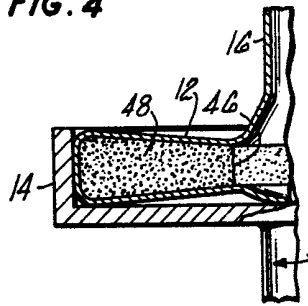


FIG. 5

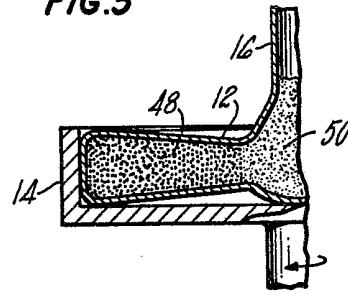


FIG. 6

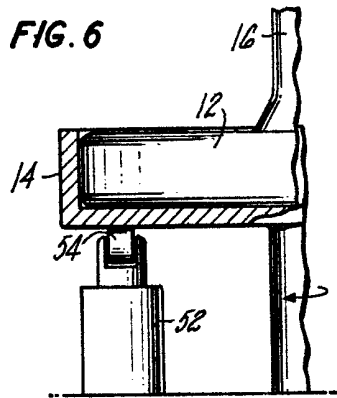


FIG. 8

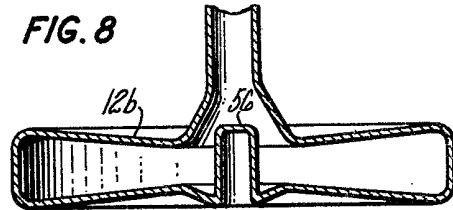


FIG. 7

