

(19) ES (11) (21) (22)	NUMERO <b>523285</b>	(10) A1
	FECHA DE PRESENTACION <b>15 JUN. 1983</b>	



ESPAÑA

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO  388.851	(32) FECHA  16 de junio de 1982	(33) PAIS  ESTADOS UNIDOS DE AMERICA
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL B22 F 3/16, B22 F 5/08	(52) PATENTE DE LA O.E.P. ES DIVISIONARIA
(54) TITULO DE LA INVENCION  PROCEDIMIENTO PARA PREPARAR UN CUERPO INTEGRAL DE PULVIMETAL CON PARTES DE DIFERENTES DENSIDADES.		
(71) SOLICITANTE (S)  IPM CORPORATION.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE 6400 E. Broad St, Columbus, Ohio 43213, EE.UU. de A.		
(72) INVENTOR (ES)  ORVILLE W.REEN, CLAYTON W.AUNKST.		
(73) TITULAR (ES)		
(74) REPRESENTANTE  D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO Y POMBO.		

ANULADO  
 PROHIBIDA LA CONSULTA  
 Y LA EXPEDICION DE COPIAS Y CERTIFICACIONES

Esta invención se refiere al campo de la pulvimetalurgia.

En la fabricación de piezas de pulvimetal, el pulvimetal se deposita en la cavidad de un molde y se prensa entre troqueles superior e inferior. Las caras de los troqueles y el contorno del molde se configuran para dar la forma deseada a las piezas acabadas. Esta práctica está destinada en general a proporcionar la densidad más uniforme posible en toda la pieza. Si se necesita una pieza de mayor densidad, se emplean presiones de compactación más elevada en el moldeo de la pieza. En otro método, una pieza prensada y sinterizada se coloca en un molde con una forma similar y se vuelve a prensar. No obstante, las presiones de compactación y/o nuevo prensado de nivel superior están limitadas por factores tales como capacidad de tonelaje de la prensa disponible, esfuerzos excesivos en el utillaje y calidad de la pieza moldeada.

Para algunas aplicaciones, es conveniente que la pieza de pulvimetal tenga una densidad mayor en una parte que en otra para obtener propiedades mecánicas diferentes en las partes diferentes de las piezas. Según esta invención, para obtener una mayor densidad en ciertas partes de piezas de pulvimetal, los troqueles de compactación se modifican para permitir una mayor profundidad de llenado de polvo en una parte con relación a otra parte. Después de la compactación y la sinterización, la pieza se vuelve a prensar en un molde que tiene una forma similar. No obstante, los troqueles se diseñan para volver a prensar solamente las partes más gruesas o con exceso de material con el fin de conseguir una mayor densificación localizada. La pieza prensada de nuevo se puede tratar térmicamente o se puede volver a sinterizar, seguido

de tratamiento térmico.

Según esta invención, la ventaja que se obtiene es que, después de la sinterización, el nuevo prensado queda restringido solamente a aquellas partes de la pieza que exigen una mayor densificación. Por lo tanto, el tonelaje disponible de la prensa se aplica solamente a las partes citadas de la pieza.

Esta invención tiene aplicación particular a la fabricación de engranajes de pulvimetal, aun cuando ciertamente tiene otros muchos usos posibles. Como los métodos de pulmetalurgia anteriores para la producción de engranajes son económicamente atractivos, los engranajes de pulvimetal se emplean con profusión. Cuando se trata de un engranaje, las partes que exigen una mayor densificación son los dientes y la zona del cuerpo del engranaje situada directamente por debajo del diámetro del pie. Los dientes del engranaje están sujetos a cargas severas estáticas y de choque así como a un sensible desgaste.

Se consigue otro beneficio adicional, según la invención, cuando se trata de piezas de base ferrea que contienen carbono y que exigen tratamiento térmico en su totalidad o cementación en caja. Cuando se hacen piezas de pulvimetal tradicionales por moldeo y sinterización, se caracterizan por tener una estructura porosa interconectada interna. Durante la operación de tratamiento térmico, efectuada normalmente en atmósfera controlada con un potencial de carbono predeterminado, la atmósfera penetra en los poros de la pieza y puede aumentar sensiblemente su contenido en carbono. De un modo similar, una atmósfera de carbonitruración o cementación destinada a producir solamente una cementación penetra también en la pieza por

los poros interconectados. En ambos casos, esta circunstancia puede ser perjudicial para las propiedades mecánicas de la pieza. Si los poros interconectados se reducen al mínimo o se eliminan por aumento de la densidad de una pieza (o una parte de la pieza), el gas activo no puede alcanzar eficazmente el interior de la pieza.

Algunas referencias de libros de texto relativas a técnicas tradicionales de pulvimetalurgia comprenden: Lenel, F.V., Powder Metallurgy - Principles and Applications, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ (1980), Chapter 17, pp, 433-444. Goetzal C.G. Treatise on Powder Metallurgy, Interscience Publishers, Inc., New York (1949), Vol.1.pp.656-660. Hoganas Iron Powder Handbook, A.B. Bokrtryck, Sweden (1958) "Sizing and Coining" (Hugh G.Taylor), Volumen 1, Sección D. Capítulo 40, páginas 1-26.

Esta invención se refiere a la técnica de la pulvimetalurgia. Hay dos etapas clásicas en el proceso de la pulvimetalurgia a las que tiene aplicación esta invención, a saber: el prensado del pulvimetal en un molde a elevadas presiones seguido de calentamiento a una temperatura próxima pero por debajo del punto de fusión del metal. (v.g., sinterización). El pulvimetal se puede derivar empleando cualquiera de los procedimientos conocidos, incluyendo pulverización, molturación, granallado, polvos de óxido reductores, deposición electrolítica o condensación de vapores metálicos, por ejemplo, Normalmente, los polvos se prensan en un troquel metálico frío. Las presiones varían en general de 2,92 Kg-metro a 29,26 Kg-metro. La sinterización se realiza en atmósfera reductora o a una presión atmosférica de reducción en un horno de vacío para evitar la oxidación del metal. Durante la sinte

rización, las partículas metálicas se aglutinan metalúrgicamente entre sí por difusión de estado sólido.

Según esta invención, el pulvimetal se forma en un molde por lo menos con un troquel de profundidades múltiples. Así, la forma tendrá una parte con una mayor longitud, v.g, la dimensión lineal en la dirección del prensado, que la longitud en una parte adyacente. Es preferible que ambos troqueles superior e inferior, utilizados para la compactación inicial, sean troqueles de profundidades múltiples. En términos generales, la relación de mayor longitud en la dimensión lineal a menor longitud en la dimensión lineal, después de la compactación inicial, es mayor que 1:1 y menor que 1,5:1. Con mayor preferencia esta relación será mayor que aproximadamente 1:1 y menor que aproximadamente 1,2:1.

La pieza de pulvimetal se sinteriza pero no necesariamente en su totalidad, v.g, a una temperatura tan elevada y durante un periodo de tiempo tan largo como se pudieran haber necesitado según las prácticas anteriores. En ejemplos expuestos más adelante se indicaran casos específicos de tiempos y temperaturas de sinterización para metales particulares. La sinterización debe ser suficiente para producir un aglutinamiento entre las partículas de polvo unidas a tope. El aglutinamiento deberá ser suficiente para mantener la integridad de las partículas aglutinadas o volverse a prensar, por lo que la pieza se puede deformar plásticamente.

La etapa siguiente según esta invención es un nuevo prensado en un molde con un troquel que aplica fuerzas de compactación a aquellas partes de la pieza sinterizada e inicialmente tenían una mayor longitud. Así, si los troqueles son simplemente planos se apoyarán sobre las partes alzadas de la pie-

za sinterizada aplicando presión primero en estas partes. Las partes de mayor longitud tienen normalmente una menor densidad antes del prensado que las otras partes pero, al volver a prensar, la densidad de las partes alzadas se vuelven mayor. El molde para el nuevo prensado, como es lógico, debe confinar las paredes laterales de la pieza y, por lo tanto, tendrá una forma prácticamente idéntica que la del molde utilizado para formar la pieza de pulvimetal. Si es precisa un ánima central se necesitará un mandril en ambos moldes de compactación del pulvimetal y de segundo prensado. Otra etapa adicional discrecional puede comprender sinterización adicional de la pieza nuevamente prensada o simplemente recalentamiento seguido de enfriamiento rápido.

Esta invención tiene aplicación particular en la fabricación de engranajes pequeños donde se da a los dientes de los engranajes una densidad extra.

Otras características y otros objetos y ventajas de la invención resultarán evidentes por la descripción detallada que sigue, tomando como referencia los dibujos, en los que:

Las figuras 1A y 1B ilustran un conjunto de molde de compactación que ilustra troqueles de profundidades múltiples.

La figura 2 ilustra una pieza de pulvimetal antes del segundo prensado; y

La figura 3 ilustra la forma de la pieza de la figura 2 después del segundo prensado.

Refiriendonos a la figura 1A, se ilustra un molde 10 que tiene un troquel inferior 11 y un mandril 12 que se desliza dentro de un ánima en el troquel inferior. Las paredes del molde están comprendidas por una línea prácticamente paralela al eje del mandril 12 y al ánima en el troquel inferior. Las pare-

des del molde pueden definir los bordes exteriores de los dientes del engranaje, por ejemplo. En la modalidad particular ilustrada en la figura 1A, la cara superior del troquel inferior está escalonada para que la zona perimétrica esté más baja que la zona central adyacente al mandril. Cuando se trata de un molde para un engranaje de dentadura recta, el área bajo los dientes del engranaje es por lo tanto más baja que la parte del cubo adyacente al mandril. Observese que si el molde se llena uniformemente hasta la parte superior con pulvimetal, la longitud de la parte del pulvimetal en el perímetro del molde es mayor que la longitud del pulvimetal en la parte central del molde.

Refiriendonos ahora a la figura 1B, un troquel superior 14 tiene un ánima para recibir el mandril 12 y tiene una cara inferior escalonada de modo que la zona perimétrica esté más alta que la zona central. Cuando el pulvimetal se compacta la pieza resultante ofrece la sección transversal ilustrada en la figura 2. Cuando se trata de un engranaje, la longitud de la parte del cuerpo es menor que la longitud de la parte de los dientes. Resulta interesante el hecho de que la densidad de la parte perimétrica más larga de los dientes, después de la compactación, es menor que la densidad de la parte más corta del cuerpo. Se observará que la cara del troquel no se tiene que rectificar en ángulo recto a su línea central. Por lo tanto, se puede hacer una codificación hacia el centro o en sentido contrario que produzca una variación de densidad en la pieza cuando se vuelve a prensar.

Los troqueles superior e inferior pueden comprender troqueles múltiples telescópicos que se colocan de un modo independiente a diferentes profundidades en el molde.

Se pone de relieve que el principio de la densificación elegida puede tener aplicación a cualquier pieza de pulvimetal, por lo que el engranaje es solamente un ejemplo.

Después de haberse sinterizado la pieza de pulvimetal ilustrada en la figura 2, se vuelve a prensar empleando troqueles de caras planas. Inicialmente al menos, las caras planas de los troqueles solo hacen contacto con las zonas perimétricas más largas del engranaje. La longitud extra de los dientes se comprime ahora prácticamente hasta alcanzar la misma longitud que el cuerpo del engranaje, produciendo una pieza como se ilustra en la figura 3.

#### EJEMPLO I

Se densificaron piezas de pulvimetal de base ferrea en lugares específicos con densidades mucho mayores, como sigue:

Se empleó una mezcla de polvo de acero pulverizado de bajo contenido en carbono (Hoeganaes Grade A1000) y 0,9 % de carbono en forma de polvo de grafito (Southwest Calidad 1651). También se incluyó un 0,5 % de una cera (Acrawax) y 0,25 % de polvos de ácido esteárico como lubricantes del troquel. Los troqueles superior e inferior se rectificaron al diámetro del pie. Cuando se prensó un engranaje a una densidad nominal de 6,8 gramos/cm<sup>3</sup>, el cuerpo del engranaje tenía una longitud nominal de 1,27 cm y los dientes tenían una longitud nominal de 1,41 cm.

Los engranajes se sinterizaron a 1121<sup>o</sup>C por espacio de 30 minutos en una atmósfera de gas combustible reaccionado neutro. Después de la sinterización, se calibraron a diversas longitudes indicadas en la tabla 1 empleando troqueles de caras planas. Después se trataron térmicamente por espacio

de 30 minutos a 835°C en una atmósfera de gas combustible reacionado con un potencial de carbono del 0,7 % y se enfriaron en aceite. Los resultados se exponen en la tabla siguiente:

T A B L A I

Longitud de Diente	Densidad Total- engranaje		Densidad Cuerpo-Engranaje		Densidad Dientes-Engranaje		Resistencia de los dientes lbs
	Pulgadas (cm)	g/cm <sup>3</sup> % ***	g/cm <sup>3</sup> %	g/cm <sup>3</sup> %	g/cm <sup>3</sup> %		
0,552 (1,40)*	6,91	87,8	7,00	88,9	6,87	87,3	---
0,543 (1,38)	6,93	88,0	7,01	89,1	6,99	88,3	6700
0,529 (1,34)	6,96	88,4	7,00	88,9	7,02	89,2	6913
0,521 (1,32)	7,06	89,7	7,06	89,7	7,15	90,8	7676
0,517 (1,31)	7,03	89,3	7,04	89,4	7,20	91,5	8038

\* Sinterizado, sin volver a prensar, tratado térmicamente.

\*\*\* Basado en una densidad de 7,87 gramos/cm<sup>3</sup> del hierro.

EJEMPLO II

Se moldeó el mismo tipo de polvo que el empleado en el ejemplo I entre troqueles rectificado superior e inferior a una densidad nominal de 6,4 gramos/cm<sup>3</sup>, de modo que el cuerpo del engranaje tenía 1,27 cm de longitud y los dientes 1,47 cm de longitud. Los engranajes se sinterizaron como en el ejemplo 1 y después se calibraron con troqueles de caras planas a las longitudes indicadas en la tabla 2. Después de calentar por espacio de 30 minutos a 835°C en atmósfera de gas combustible relacionado, 0,7 % de potencial de carbono, y enfriamiento rápido en aceite, se obtuvieron los datos siguientes:

T A B L A II

Longitud de diente	Densidad en engraje completo		Densidad del Cuerpo Engranaje		Densidad de los Dientes del Engranaje	
	Fulgadas (cm)	g/cm <sup>3</sup> %**	g/cm <sup>3</sup> %	g/cm <sup>3</sup> %	g/cm <sup>3</sup> %	
0,583 (1,48)*	6,40	81,3	6,54	83,1	6,33	80,4
0,516 (1,31)	6,78	86,1	6,65	84,5	6,93	88,0
0,506 (1,28)	6,84	86,9	6,73	85,5	7,17	91,1
0,488 (1,24)	6,97	88,6	6,91	87,8	7,28	92,5

\* Sinterizado, sin volver a prensar, tratado térmicamente.

\*\* Basado en una densidad de 7,87 g/cm<sup>3</sup> del hierro.

EJEMPLO III

Este ejemplo ilustra que la disminución de poros interconectados, conseguida por densificación selectiva según esta invención, inhibe la difusión de carbono de la atmósfera gaseosa de la cementación.

Un polvo de acero pulverizado con bajo contenido de carbono, Hoeganaes A1000 (sin adición de polvo de carbón) (grafito) se prensó en engranajes con una densidad nominal de 6,4 g/cm<sup>3</sup>. La longitud del cuerpo tenía una medida nominal de 1,27 cm y la longitud de los dientes tenía una medida nominal de 1,47 cm.

Los engranajes se sinterizaron en una atmósfera no carbonácea, amoníaco disociado, por espacio de 30 minutos a 1121°C.

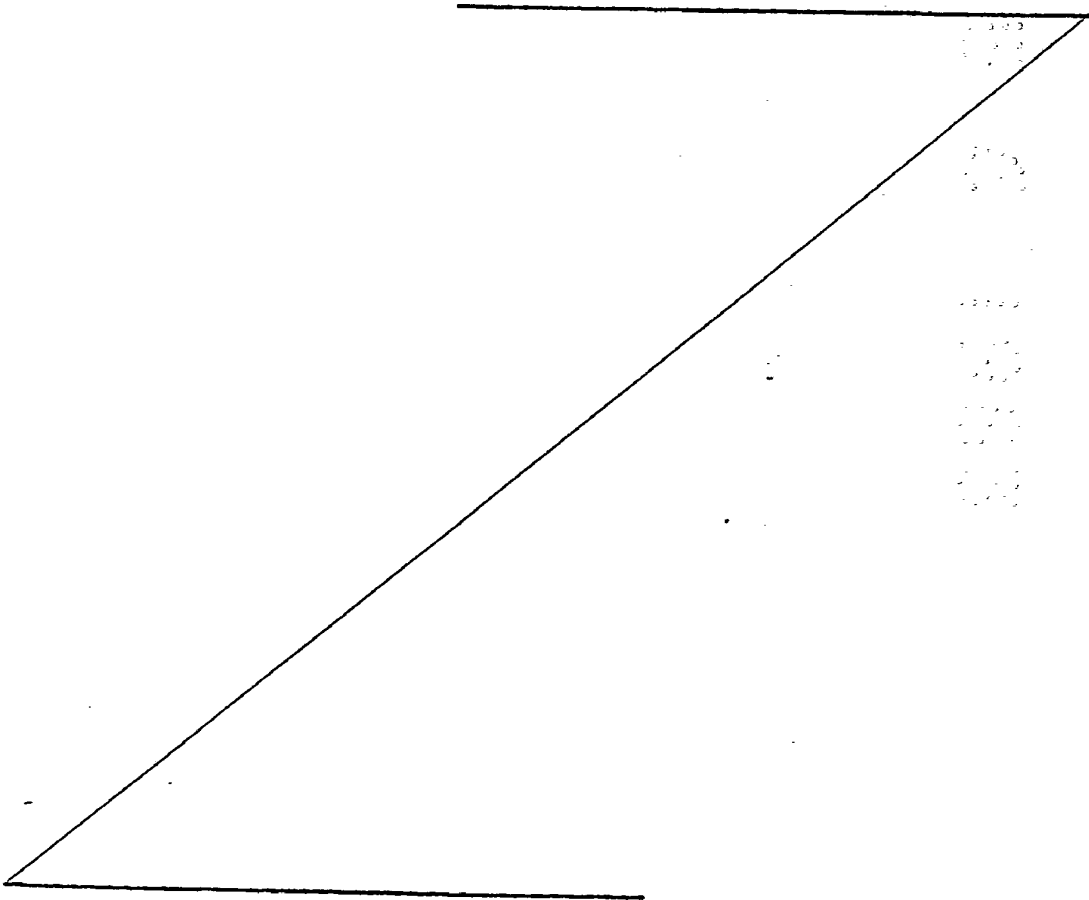
Se calibraron a diferentes longitudes de dientes entre troqueles de caras planas como se indica en la tabla III. Los engranajes se calentaron por espacio de 30 minutos a 816°C en una atmósfera de gas combustible reaccionado que tenía un

potencial de carbón de 0,7 % y se enfriaron en aceite. A título de comparación, también se trató térmicamente una barra laminada en frío SAE 1020 de 25,4 mm de diámetro por 25,4 mm de longitud.

5

Se hicieron mediciones de densidad como se indica en la tabla III para las diversas longitudes de engranajes. Además, se prepararon secciones transversales metalográficas, destinadas a mostrar la profundidad de captación del carbono procedente de la atmósfera de tratamiento térmico. Se utilizaron la mitad inferior de la longitud, o la mitad de la longitud más próxima al troquel inferior durante la operación de moldeo y nuevo prensado, puesto que proporcionaban la mayor gama de densidades. Las densidades y la profundidad medida de la difusión del carbono se ilustran en la tabla III.

10



T A B L A III

Longitud de diente	Densidad total Engranaje	Densidad Cuerpo del Engranaje	Densidad Dientes del engranaje		Profundidad de difusión del carbón
			Total	Mitad inferior	
Pulgada-(cm)	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	Total	Mitad inferior	pul - (mm)
0,578 (1,47) <sup>#</sup>	6,44	6,56	6,29	6,51 (82,7) <sup>##</sup>	Completo
0,510 (1,30)	6,78	6,68	6,97	7,03 (89,3)	0,021 (0,56)
0,503 (1,28)	6,86	6,73	7,01	7,16 (91,0)	0,0167 (0,42)
0,483 (1,23)	7,11	6,98	7,21	7,37 (93,6)	0,0067 (0,17)
/SAE 1020 (muestra comparativa)					0,0042 (0,10)

<sup>#</sup> Sinterizado, sin volver a preser, tratado térmicamente.

<sup>##</sup> % de 7,87 g/cm<sup>3</sup> densidad del hierro.

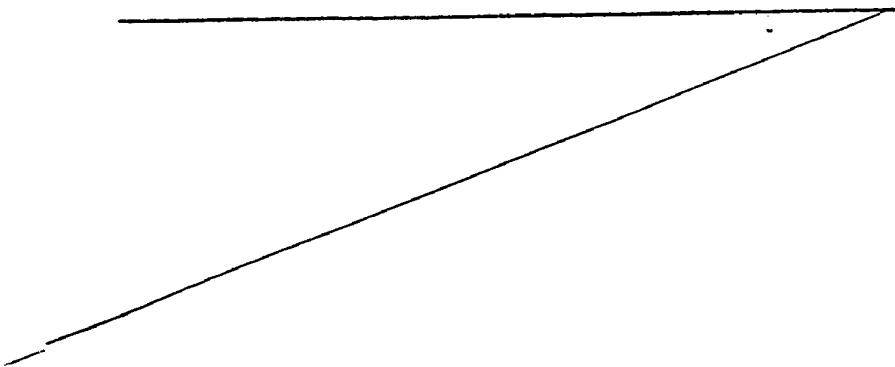
T A B L A III

Longitud de diente	Densidad total Engranaje	Densidad Cuerpo del Engranaje	Densidad Dientes del Engranaje		
			g/cm <sup>3</sup>		
Pulgada-(cm)	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	Total	Mitad superior	Mitad Inferior
0,578 (1,47) <sup>##</sup>	6,44	6,56	6,29	6,27	6,51 (8
0,510 (1,30)	6,78	6,68	6,97	6,79	7,03 (8
0,503 (1,28)	6,86	6,73	7,01	6,90	7,16 (9
0,483 (1,23)	7,11	6,98	7,21	7,08 <sup>-</sup>	7,37 (9
/SAE 1020 (muestra comparativa) -----					

<sup>##</sup> Sinterizado, sin volver a prensar, tratado térmicamente.

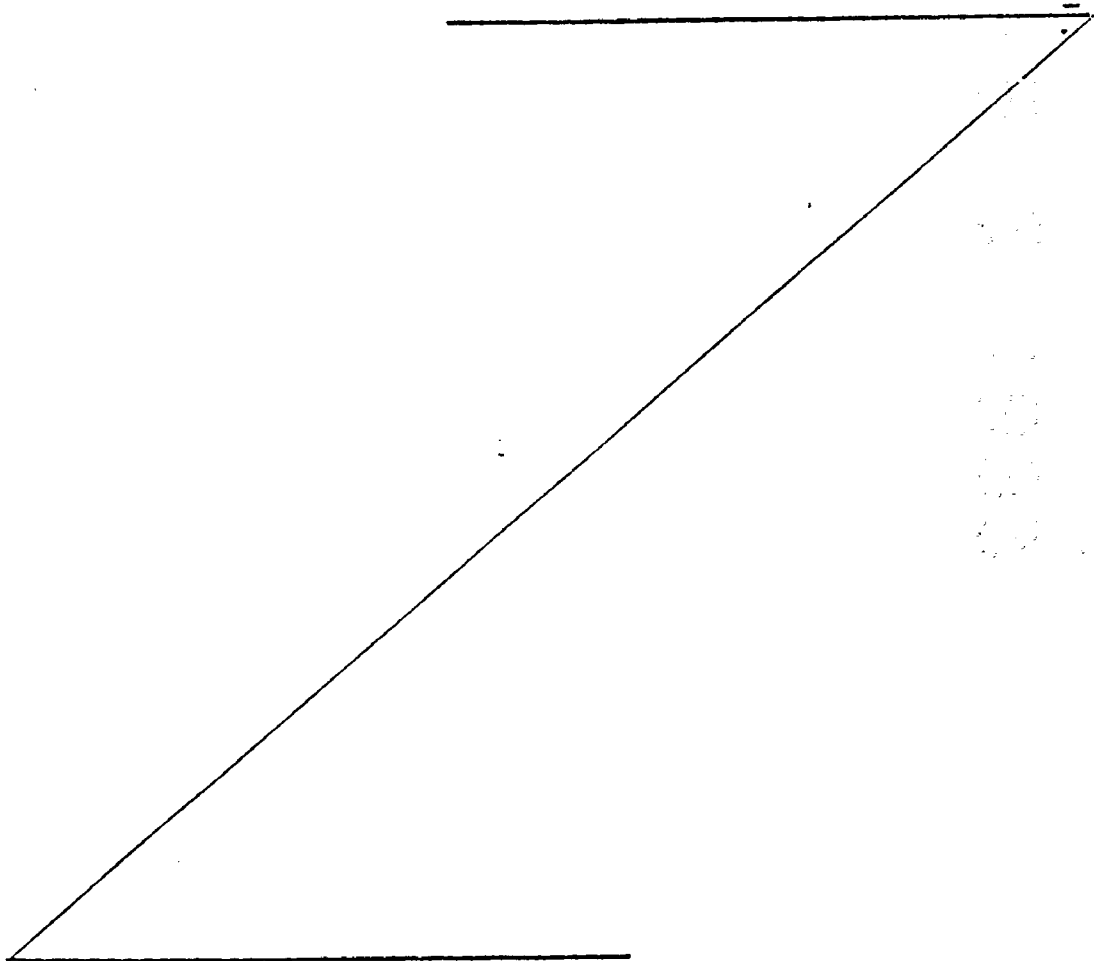
<sup>##</sup> % de 7,87 g/cm<sup>3</sup> densidad del hierro.

Engranaje	Profundidad de difusión del carbono
Mitad inferior	pul - (mm)
6,51 (82,7) <del>82,7</del>	Completo
7,03 (89,3)	0,021 (0,56)
7,16 (91,0)	0,0167 (0,42)
7,37 (93,6)	0,0067 (0,17)
-----	0,0042 (0,10)



Los dientes no calibrados de 1,47 cm de longitud mostraban cementación completa como se verá en la figura 4. A una densidad de  $7,03 \text{ g/cm}^3$  (1,30 cm de longitud de dientes), la profundidad del cementado era irregular y se calculó en 0,56 mm. Según aumentaba la densidad, se reducía la profundidad del cementado. A  $7,37 \text{ g/cm}^3$  la profundidad se midió como 0,17 mm. En el material de barra SAE 1020 densa 100 %, la profundidad del cementado era de aproximadamente 0,10 mm.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para preparar un cuerpo integral de pulvimetal con partes de diferentes densidades, caracterizado porque comprende las etapas de:

5 (a) prensar pulvimetal en un molde por lo menos con una profundidad múltiple troquelada para producir un compacto de pulvimetal que tiene partes de mayor longitud con relación a la longitud de otras partes del compacto;

(b) sinterizar el compacto del pulvimetal;

10 (c) volver a prensar el compacto sinterizado en un molde con un troquel que aplica fuerzas principalmente en las partes del compacto sinterizado de mayor longitud;

(d) recuperar el cuerpo del pulvimetal donde las partes que inicialmente tenían una mayor longitud tienen una mayor densidad que las partes que inicialmente tenían una menor longitud.

15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque ambos troqueles superior e inferior utilizados para prensar inicialmente pulvimetal son troqueles de profundidades múltiples.

20 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el molde para prensar inicialmente el pulvimetal tiene paredes laterales comprendidas por una línea prácticamente paralela al eje de prensado.

25 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el molde para prensar inicialmente pulvimetal comprende un mandril para producir una abertura a través del cuerpo.

30 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los troqueles superior y/o inferior para prensar inicialmente pulvimetal son troqueles telescópicos coloca-

bles independientemente a diferentes profundidades dentro del molde.

5 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el molde para volver a prensar el compacto sin sinterizado tiene prácticamente la misma configuración de pared lateral que el molde utilizado para prensar inicialmente el pulvimetal.

10 7.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las partes que tienen una mayor densidad final tienen una densidad menor después de prensar inicialmente el pulvimetal.

15 8.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende sinterizar a una temperatura y durante un tiempo apropiados para aflutinar metalúrgicamente las partículas de polvo en un compacto unitario que sea plásticamente deformable cuando se vuelve a prensar.

20 9.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende volver a sinterizar el cuerpo de pulvimetal después de vuelto a prensar.

25 10.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la relación de la longitud de las partes del compacto que tienen una mayor longitud a la longitud de las otras partes del compacto al prensar inicialmente pulvimetal es mayor que 1:1 y menor que aproximadamente 1,5:1.

30 11.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la relación de la longitud de las partes del compacto que tienen una mayor longitud a la longitud de las otras partes del compacto al prensar inicialmente pulvimetal es mayor que aproximadamente 1,1:1 y menor que aproximadamente 1,2:1.

12.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el pulvimetal comprende una mezcla de polvo de acero pulverizado de bajo contenido en carbono y una pequeña cantidad de carbón en forma de polvo de grafito.

5 13.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende recalentar y enfriar rápidamente el cuerpo del pulvimetal después de haber sido prensado de nuevo.

14.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el cuerpo de pulvimetal es un engranaje.

10 15.- Procedimiento para preparar un cuerpo integral de pulvimetal con partes de diferentes densidades, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.

15 Esta memoria consta de 15 hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid 15 JUN. 1983

IPM CORPORATION

J. M. GOMEZ ACEBS Y POMEA

p. p. Firmado: J. Suarez Diaz



# ESCALA VARIABLE

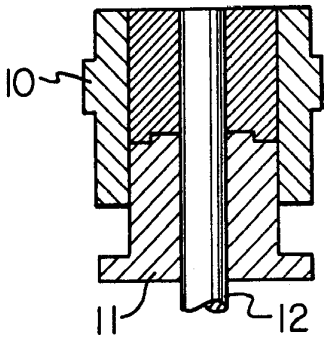


Fig. 1A

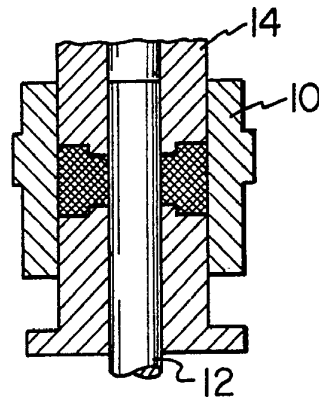


Fig. 1B

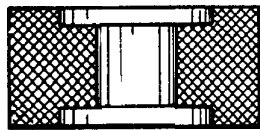


Fig. 2



Fig. 3

15 JUN. 1983

~~Madrid~~  
J. M. GOMEZ ALONSO i FERRER  
P. P. Firmado J. Suarez Diaz