



ESPAÑA

20 SET. 1978 (19) ES (11) NUMERO 466.739 (10) A1 (21)

Concedido el Registro de acuerdo con los artículos 17 y 18 de la Ley de Patentes de 1960 y según el contenido de la Memoria adjunta.

(22) FECHA DE PRESENTACION  
7-2-1978

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
----------------------------------	------------	-----------

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL C21D; C23C	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	--	--

(64) TITULO DE LA INVENCION  
"METODO PARA ENDURECER SUPERFICIES POR INDUCCION"

(71) SOLICITANTE (S)  
ROSTOVSKY NA DONU NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT TEKHNologii MASHINOSTROENIA

DOMICILIO DEL SOLICITANTE  
Ulitsa Metallurgicheskaya, 102/2, Rostov na Donu, U.R.S.S.

(72) INVENTOR (ES)  
Valenti Nikolaevich Tkachev, Boris Moiseevich Fishtein, Viktor Dmitrievich Vlasenko y Nikolai Vladimirovich Kazintsev

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE  
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ  
(P.-68.101)

POOR  
QUALITY

1 La presente invención se refiere a soldadura, en particular a métodos para endurecer superficies por inducción.

5 La invención se puede usar en la práctica de endurecer superficies de piezas expuestas a desgaste por abrasión en el servicio.

10 En la soldadura moderna, el endurecimiento de superficies es una técnica muy usada para reforzar la resistencia y duración de piezas, siendo el calentamiento por inducción un medio frecuentemente empleado.

15 Las piezas expuestas a desgaste por abrasión se endurecen superficialmente con aleaciones de dureza extra, asegurando esto una mayor resistencia al desgaste de las mismas. Sin embargo, junto con una dureza adecuada, dichas aleaciones son bastante frágiles, y su carga de rotura por tracción en el doblado estático, que es función de la dureza de la aleación, es  $\sigma = 22$  a  $32 \text{ kgf/mm}^2$ , lo que hace imposible el uso de dichas aleaciones para endurecimiento de superficies de piezas sujetas a doblado, y por

20 tanto restringe el campo de sus aplicaciones de endurecimiento de superficies.

25 Hay una amplia gama de piezas curvilíneas cuyas superficies curvadas están expuestas a severo desgaste por abrasión en el servicio, y requieren endurecimiento de la superficie.

30 Cuando se dobla una pieza endurecida superficialmente sobre la generatriz exterior de la superficie curvada, la aleación dura tiende a formar grietas que se extienden al metal base, disminuyendo así la resistencia y la duración de la pieza endurecida superficialmente, incluso en compa

1 - ración con una pieza no endurecida superficialmente, y ha  
ciendo a la pieza endurecida en la superficie prácticamen  
te inadecuada para el servicio.

5 Por tanto, el problema es proporcionar un método pa  
ra endurecer superficies tal que refuerce la resistencia  
al desgaste y la duración, sin efecto adverso sobre las -  
propiedades plásticas de los artículos.

10 Se conoce un método para manufacturar hojas resisten  
tes al desgaste, de herramientas de trabajo de máquinas -  
agrícolas para trabajo del suelo, donde, con vistas a on  
dular las hojas y, por tanto, hacerlas susceptibles de ---  
autoafilado, se dispone un metal más duro sobre la super  
ficie lisa de las hojas, intermitente y paralelamente al  
borde cortador.

15 Una desventaja del método es que las secciones de la  
superficie que no tienen endurecimiento superficial mues  
tran una resistencia baja a la abrasión, y por tanto dis  
minuyen la resistencia global al desgaste y la duración -  
de los artículos.

20 También se conoce un método para manufacturar chapas  
resistentes al desgaste, aplicando un material duro y frá  
gil sobre un metal base relativamente plástico y suscepti  
ble de soldadura, y formando subsiguientemente, por acción  
mecánica con ayuda de un punzón y una matriz, grietas en  
25 el material duro espaciadas a 75 mm. Entonces se hace po  
sible el doblar tales chapas a radios de hasta 20 valores  
del espesor de la chapa. Las grietas no se extienden al  
metal de base. Las chapas se pueden laminar, forjar, sol  
dar y trabajar de otras maneras. Por ejemplo, un acero -  
30 al carbono se somete a recubrimiento o se endurece super-

1 ficialmente con una aleación consistente en (% en masa):  
Cr, 27; C, 3,5; Fe, el resto; en una capa de 3 mm de espe-  
sor, y luego se forman grietas a una distancia de 15 a 19  
mm entre ellas.

5 Una desventaja del método es que la formación de - -  
grietas por medios mecánicos en el material duro afecta -  
adversamente a sus propiedades monolíticas, hace que se -  
astille el metal frágil, y disminuye así la resistencia -  
al desgaste y la resistencia mecánica del artículo.

10 Se conoce un método para endurecer superficies por -  
inducción, en el que se dispone una carga de polvo sobre  
la superficie de un artículo a reforzar, se calienta luego  
en el campo electromagnético de un inductor hasta que fun-  
de a una aleación dura y una escoria, enfriando luego el  
artículo hasta que la capa de aleación dura solidifica - -  
completamente.

15 La superficie endurecida superficialmente es un mono-  
lito de aleación dura, uniformemente distribuido por toda  
la superficie a reforzar, y caracterizado por una estruc-  
tura zonal a través de la capa endurecida superficialmen-  
te.

20 Una microestructura típica de una pieza con superfi-  
cie de una aleación, p.ej. de la siguiente composición --  
química (% en masa): C, 2,5 a 3,5; Si, 2,8 a 4,2; Mn, 0,5  
a 1,5; Cr, 25 a 31; Ni, 3,0 a 5,0; Fe, el resto; consiste  
en seis zonas estructurales diferentes:

25 I - una zona hipereutéctica compuesta sustancialmente  
por exceso de carburos y un eutéctico de carburo, con áreas  
de austenita estructuralmente libre con índice de dureza  
HRC de 56 a 57;

30 II - una zona eutéctica que es un eutéctico de carbu-  
ro tipo ledeburita, con índice de dureza HRC de 50 a 53;

1 III - una zona hipoeutética de la que son caracte-  
rísticas las dendritas de solución sólida, y un eutético  
de carburo con índice de dureza HRC de 46;

5 IV - una zona de límite compuesta por una austenita  
aleada con índice de dureza HV de 530 a 720 kgf/mm<sup>2</sup>;

V - una zona de difusión que es un reborde de delga-  
da perlita laminar, con índice de dureza HV de 230 a 330  
kgf/mm<sup>2</sup>;

VI - un metal base.

10 La proporción de la resistencia al desgaste de las -  
zonas estructurales de aleación dura, es decir, hipereu-  
tética, eutética e hipoeutética, es 1:0,67:0,57.

15 Una desventaja del método es que, para una misma com-  
posición química de la carga de polvo, no comprende medios  
para controlar la distribución de las zonas estructurales  
de aleación dura y la resistencia al desgaste por toda la  
longitud de la pieza endurecida superficialmente.

Un objeto de la invención es eliminar las anteriores  
desventajas.

20 La invención tiene como objetivo proporcionar un mé-  
todo para endurecer superficies por inducción, tal que --  
aumente la resistencia al desgaste de la aleación dura y  
la duración del artículo, y que haga posible el endureci-  
miento superficial de piezas sujetas a doblado, es decir,  
25 que ensanche mucho el campo de aplicación del endurecimen-  
to de superficies por inducción, perfilando el método de  
endurecimiento de superficies.

30 Este objetivo se consigue proporcionando un método -  
para endurecer superficialmente la superficie de un artí-  
culo disponiendo sobre él una carga de polvo, calentando

1 el artículo con la carga de polvo en el campo electromag-  
nético de un inductor, hasta que la carga de polvo funda  
produciendo una aleación dura y una escoria, enfriando --  
luego el artículo hasta que solidifique la aleación dura,  
5 según la invención, se actúa sobre la aleación dura fundi-  
da, a través de la capa de escoria, mediante una herra---  
mienta cuya superficie enfrentada al fundido lleva picos  
y valles, para formar sobre el artículo picos que compren-  
den constituyentes estructurales de aleación dura y valles  
10 que comprenden constituyentes plásticos, continuando la -  
acción de la herramienta hasta que la aleación dura soli-  
difica completamente.

Es buena práctica actuar sobre la aleación dura fun-  
dida a temperaturas comprendidas entre 1100 a 1450°C.

15 La formación preferida de los constituyentes estruc-  
turales duros en picos aumenta la magnitud de la zona hi-  
pereutéctica (p.ej. 1,9 a 2,2 mm, en comparación con 0,85  
a 0,95 mm para el método conocido de endurecimiento de su-  
perficies). El valor relativo de la zona hipereutéctica  
20 resistente al desgaste en los picos aumenta paralelamente  
(p.ej. de 60% a 71%). Al mismo tiempo, dado que la zona  
hipereutéctica resistente al desgaste es cuantitativamen-  
te mayor que la zona hipoeutéctica, la resistencia al des-  
gaste que ofrece la capa es principalmente debida a la de  
25 la zona hipereutéctica, siendo el efecto una mayor resis-  
tencia al desgaste del artículo globalmente.

La disposición, sobre el artículo endurecido superfi-  
cialmente, de picos que comprenden constituyentes estruc-  
turales duros alternando con valles que comprenden consti-  
tuyentes plásticos hace posible doblar los artículos con  
30

1 - endurecimiento de superficie, sin efecto adverso sobre la resistencia mecánica y la duración del artículo, ensanchando así el campo de aplicación del endurecimiento de superficies por inducción en piezas de superficie curvilínea.

5 El método según la invención para endurecimiento de superficies por inducción hace posible controlar la proporción de las zonas estructurales de la aleación dura depositada, tanto a lo largo como verticalmente, según los requisitos para el artículo, mediante ajustes de diseño de la herramienta, ensanchando así el campo de aplicación del endurecimiento de superficies por inducción.

10 Ahora se describirán realizaciones de la invención mediante ejemplos, con referencia al dibujo adjunto.

15 Considérese ahora la realización práctica del método propuesto para endurecimiento de superficies por inducción.

20 Aplicada a la superficie de una pieza 1 (véase el dibujo) a endurecer superficialmente se encuentra una carga de polvo de una aleación dura, p.ej. sormita, y un fundente. La pieza, con la carga sobre ella, se dispone dentro de un inductor y se calienta con ayuda de un campo electromagnético, hasta que la carga de polvo se convierte en un fundido compuesto por aleación 2 dura y una escoria 3. Luego se usa una herramienta, con picos y valles dispuestos a intervalos específicos sobre su superficie enfrentada al fundido, para actuar sobre la aleación 2 dura a través de la capa de la escoria 3, para dar al fundido la forma de picos 4 que comprenden constituyentes estructurales duros y valles 5 que comprenden constituyentes estructurales plásticos. La acción por la herramien-

1 ta se continúa hasta que la aleación dura solidifica completamente. La acción de la herramienta se efectúa a una temperatura de fundido comprendida entre 1100 y 1450°C.

#### Ejemplo 1

5 Unas piezas de chapa de acero que contenía (% en masa): C, 0,6 a 0,7; Mn, 0,9 a 1,2; Si, 0,17 a 0,37; Fe, el resto; y que medían 25 x 100 x 4 mm, se endurecieron superficialmente por inducción. El endurecimiento de superficie se efectuó en la totalidad del área superficial de la pieza con sormita de la siguiente composición química (10 % en masa): C, 2,5 a 3,5; Si, 2,8 a 4,2; Mn, 0,5 a 1,5; Cr, 25 a 31; Ni, 3,0 a 5,0; Fe, el resto. El espesor de la capa endurecida de superficie era 1,5 mm. El fundente usado era un compuesto que lleva boro. La separación de los picos y los valles, un parámetro de la herramienta 15 usada, era 5 y 10 mm. La formación de perfil se efectuó tanto con una distribución uniforme de la aleación en picos y valles como con una profundidad menor de los valles.

20 Una pieza con la carga de polvo sobre ella se calentó en el campo magnético de un inductor hasta que fundió a un fundido compuesto por una aleación dura y una escoria. Cuando fundió la carga se dió forma a la aleación dura fundida, en un intervalo de temperaturas de 1280 a 25 1350°C, a través de la capa de escoria, mediante una herramienta de proporción específica entre picos y valles sobre su superficie enfrentada con el fundido. La operación de dar forma se continuó hasta que la aleación dura solidificó completamente.

30 Tras haber enfriado la pieza y retirado la escoria de su superficie, se prepararon secciones pulidas y probe

1 -tas de la pieza, para investigaciones metalográficas y en  
sayos de resistencia al desgaste, respectivamente. Para  
5 someter piezas a comprobación de grietas en la capa endu-  
recida en superficie, directamente tras endurecimiento de  
superficie y tras volver a calentar, algunas de las probe  
tas se doblaron en curva de 30 mm de diámetro a una tempe  
ratura de 940 a 1000°C. El doblado se efectuó situando -  
la aleación sobre la generatriz exterior de la superficie  
curvada.

10 Los resultados de los ensayos del método de endureci  
miento de superficies por inducción se presentan en la Ta  
bla 1.

15

20

25

30

17028

Tabla 1

Endurecimiento de superficies

Artículo nº	Nombre de los parámetros	Fundiendo una capa continua de una carga y enfriando -- hasta solidificación completa sin dar forma al fundido. Según el método propuesto (técnica anterior)				
		3	4	5	picos	valles
1.	Esesor de capa fundida, mm	1,4 a 1,6	2,7 a 3,0	0,01 a 0,15		
2.	Valores absolutos y tanto - por ciento de proporción de zonas:	hipereutéctica	0,85 a 0,95 mm, 60%	1,9 a 2,2 mm, 71%	-	
		eutéctica	0,15 a 0,17 mm, 10%	0,25 a 0,28 mm; 8%	-	
		hipoeutéctica	0,4 a 0,5 mm, 30%	0,6 a 0,71 mm, 21%	0,01 a 0,15	
3.	Esesor de la capa, mm	1,51	2,7	0,05		
4.	Desgaste en máquina de ensa- yo de desgaste:	absoluto, mm	1,38	1,12		
		desgaste de la capa, %	$\frac{1,38}{1,51} \cdot 100 = 92$	$\frac{1,12}{2,7} \cdot 100 = 41$		

1	2	3	4	5
5.	Resistencia al desgaste relativa.	1	$\frac{1,38}{1,12} = 1,23$	
6.	Duración relativa de la capa	1	$\frac{92}{41} = 2,4$	
7.	Desgaste en banco de pruebas, como espesor de capa: absoluto, mm desgaste de la capa, %	1,45 $\frac{1,45}{1,51}$	1,77 $\frac{1,77}{2,7} \cdot 100 = 65,5$	0,035 70
8.	Resistencia al desgaste relativa de la superficie	1	$\frac{1,45}{1,77} = 0,82$	
9.	Duración relativa de la superficie	1	$\frac{96}{65,5} = 1,46$	
10.	Presencia de grietas al doblar a R = 15 mm, para un paso de picos y valles de: 10 mm 5 mm	grietas <sup>##</sup> grietas <sup>##</sup>	grietas <sup>###</sup> sin grietas	sin grietas sin grietas



1 El endurecimiento de superficies se realizó sobre pie-  
zas manufacturadas con chapa de acero de la siguiente com-  
posición química (% en masa): C, 0,6 a 0,7; Mn, 0,9 a 1,2;  
5 Si, 0,17 a 0,37; Fe, el resto; midiendo las piezas 25 x  
100 x 4 mm. Las piezas se endurecieron superficialmente -  
por todas sus superficies, mediante una aleación compuesta  
en polvo, compuesta por 60% de sormita, siendo la composi-  
ción química (% en masa): C, 2,5 a 3,5; Si, 2,8 a 4,2; - -  
Mn, 0,5 a 1,5; Cr, 25 a 31; Ni, 3,0 a 5,0; Fe, el resto; y  
10 por 40% de carburo de wolframio. El espesor de la capa de  
endurecimiento de superficie era 1,5 mm. El fundente usa-  
do era un compuesto que lleva boro. La separación de los  
picos y valles era la de la herramienta usada, y tenía un  
paso igual a 5 y a 10 mm. La formación de perfil en la su-  
15 perficie se efectuó tanto con una distribución uniforme --  
de la aleación en picos y valles, en términos de volúmenes,  
como con un volumen menor de valles.

Una pieza que llevaba una carga de polvo se calentó -  
en el campo electromagnético de un inductor, hasta que se  
20 formó un fundido de una aleación dura y una escoria. Una  
vez completada la fusión, el fundido se deformó a una tem-  
peratura comprendida entre 1280 y 1350°C, a través de una  
capa de escoria que cubría al fundido, mediante una herra-  
mienta con una proporción específica de picos y valles en  
25 su superficie enfrentada al fundido. Se continuó la defor-  
mación hasta que la aleación dura solidificó completamen-  
te.

Tras haber enfriado las piezas y eliminado la escoria  
de su superficie, se prepararon secciones pulidas y probe-  
30 tas especiales de las piezas, para investigaciones metalo-

1 gráficas y ensayos de resistencia al desgaste, respectiva-  
mente. Una proporción de las piezas se dobló según una -  
curva de 30 mm de diámetro, a una temperatura de 940 a --  
5 1000°C, directamente tras el endurecimiento de superficie,  
y volviendo a calentar, con vistas a comprobar las grie--  
tas. El doblado se efectuó con la aleación situada sobre  
la generatriz exterior de la superficie curvada.

10 La microestructura de la aleación compuesta, consti-  
tuída por 60% de sormita y 40% de carburos de wolframio,  
contiene dos zonas estructurales. Una es una zona de so-  
lución incompleta que ocupa 60 a 65% del volumen de la --  
aleación dura, en profundidad. Esta zona consiste en par-  
tículas de ángulo agudo, sin fundir, del componente de al-  
15 to punto de fusión (carburos de wolframio), de dendritas  
de la solución dura, y de un eutéctico de carburo que es  
un aglutinante.

20 La otra zona es la de una solución completa que ocupa  
35 a 40% del volumen de la aleación acumulada, y situada  
por encima de la zona de solución incompleta. Esta zona  
está compuesta principalmente por exceso de carburos, y --  
un eutéctico de carburo con áreas de austenita estructural-  
mente libre.

25 Los resultados de los ensayos de endurecimiento de --  
superficies por inducción se presentan en la Tabla 2.




Tabla 2

Endurecimiento de superficies

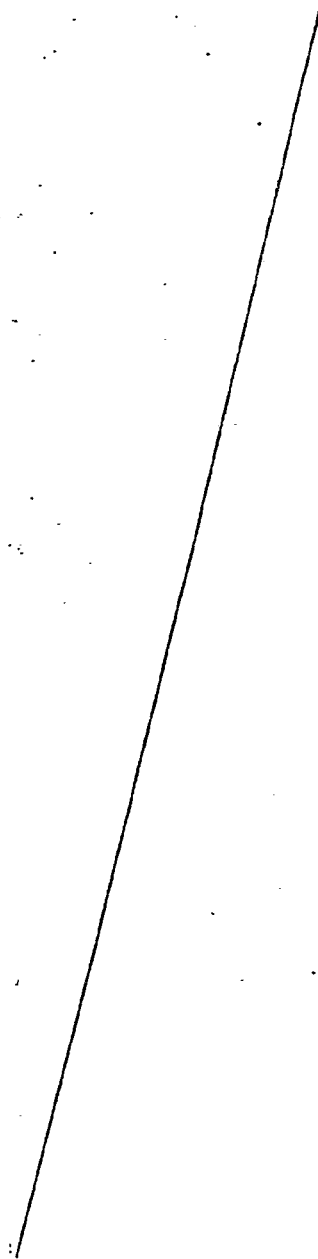
Artí- culo nº	Nombre de los parámetros	Fundiendo una capa continua de una carga y enfriando -- hasta solidificación comple- ta sin dar forma al fundido (técnica anterior)		
		3	4	5
1.	Esesor de capa de alea- ción, mm	1,4 a 1,6	2,7 a 3,0	0,01 a 0,15
2.	Magnitudes y tanto por - ciento de proporción de áreas de zona: zona de solución incom- pleta zona de solución com- pleta	0,91 a 1,0 mm, 63%	2,0 a 2,2 mm, 74%	0,01 a 0,15
3.	Esesor de capa, mm	0,5 a 0,6 mm, 37%	0,7 a 0,78 mm, 26%	0,1
		1,55	2,8	

1	2	3	4	5
4.	Microdureza de zonas, kgf/mm <sup>2</sup> :			
	zona de solución incompleta			
	- en un punto cerca del límite de zona	700 a 1050	700 a 1100	700 a 800
	- en un punto en el centro de la zona	600 a 1000	600 a 1000	
	zona de solución completa, cerca de la superficie	650 a 850	650 a 860	
5.	Desgaste en máquina de ensayo de desgaste:			
	absoluto, mm	1,5	1,74	
	desgaste de la capa, %	97	62	
6.	Resistencia al desgaste relativa de zonas (referida a la de la sornita)			
	zona de solución incompleta (0,4 mm del límite de grano)	7		
	en el centro de la capa	5		
	zona de solución completa	3		

1	2	3	4	5
7.	Resistencia al desgaste - relativa de la capa	0,4.7+0,55.5+0,5.3=7,15	0,4.7+1,7.5+0,74.3=13,52	
8.	Duración relativa de la - capa.	1	$\frac{13,52}{7,15} = 1,74$	
9.	Desgaste en banco de - - pruebas, como espesor de capa:			
	absoluto, mm	1,45	1,73	0,069
	desgaste de capa, %	$\frac{1,45}{1,55} \cdot 100 = 93,5$	$\frac{1,73}{2,8} \cdot 100 = 62,0$	69,0
10.	Duración relativa de la superficie	1	$\frac{93,5}{62,0} = 1,5$	
11.	Agrietamiento cuando una pieza con endurecimiento de superficie se dobla a R = 15 mm, con picos y - valles separados:			
	a 10 mm	grietas <sup>***</sup>	grietas <sup>***</sup>	sin grietas
	a 5 mm	grietas <sup>**</sup>	sin grietas	sin grietas

\* La suma total de la anchura de grietas a lo largo de la superficie exterior de la aleación es igual al alargamiento sobre la superficie al doblar.

\*\*\* Las grietas en las puntas de los picos se extienden al metal base, y tienen una anchura total igual a 30 a 40% del alargamiento de la superficie exterior de la aleación al doblar.



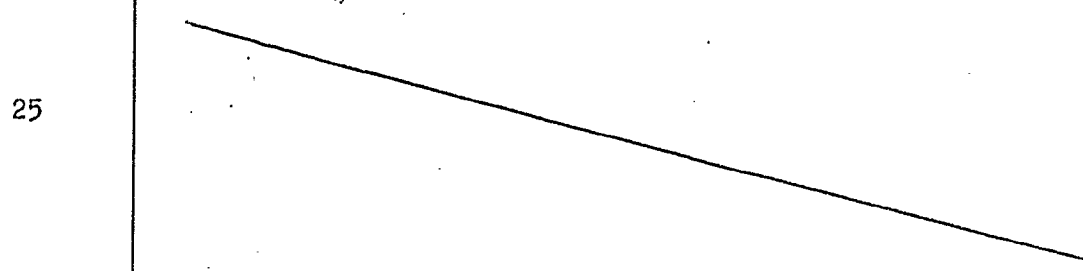
1 La introducción del método propuesto para endureci-  
miento de superficies por inducción asegura, en compara-  
ción con la técnica anterior, las ventajas siguientes:

5 - menor desgaste y un aumento de la resistencia al -  
desgaste relativa de la superficie endurecida en la super-  
ficie;

- mayor duración de las piezas;

10 - la posibilidad de doblar superficies endurecidas -  
de piezas, sin agrietamiento de la aleación de endureci-  
miento superficial, aumentando esto sustancialmente la -  
resistencia al desgaste y la duración de superficies endu-  
recidas de piezas, y ensanchando el campo de aplicación -  
del endurecimiento de superficies por inducción.

15 Como es fácilmente evidente por las Tablas 1 y 2, --  
una mayor resistencia al desgaste del metal de los picos,  
debido a una extensión preferible de la zona hipereutécti-  
tica de solución incompleta y un aumento del espesor de -  
la capa, eleva sustancialmente la resistencia al desgaste  
20 y la duración de las piezas; una variación de la resisten-  
cia al desgaste y de las propiedades a lo largo de la lon-  
gitud de la superficie con endurecimiento hace posible el  
endurecimiento de superficie de las superficies curvadas.



30

1

REIVINDICACIONES

5

10

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15

1ª.- Método para endurecer superficies por inducción, en el que se dispone una carga de polvo sobre la superficie de un artículo, se calienta dicho artículo en el campo electromagnético de un inductor hasta que funde, formando un fundido compuesto por una aleación dura y una escoria, y luego se enfría el artículo hasta que solidifica completamente la capa de aleación dura, caracterizado por que se actúa sobre la aleación dura fundida mediante una herramienta cuya superficie enfrentada al fundido está -- provista de picos y valles, para formar el artículo con -- picos que comprenden constituyentes estructurales duros -- del fundido, y con valles que comprenden constituyentes -- plásticos del fundido, continuando la acción de la herramienta hasta que solidifica completamente la aleación dura.

20

25

2ª.- Método según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se actúa sobre la aleación fundida a una temperatura comprendida entre 1100 y 1450°C.

30

3ª.- "METODO PARA ENDURECER SUPERFICIES POR INDUCCION".

17028

1 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,  
representado en los dibujos que se acompañan y para los -  
fines que se han especificado.

5 Esta Memoria consta de veinte hojas escritas a máqui  
na por una sola cara.

Madrid, 24. FEB. 1978

P.A.

10 **Alberio de Elze**  
Por Poder

10

15

20

25

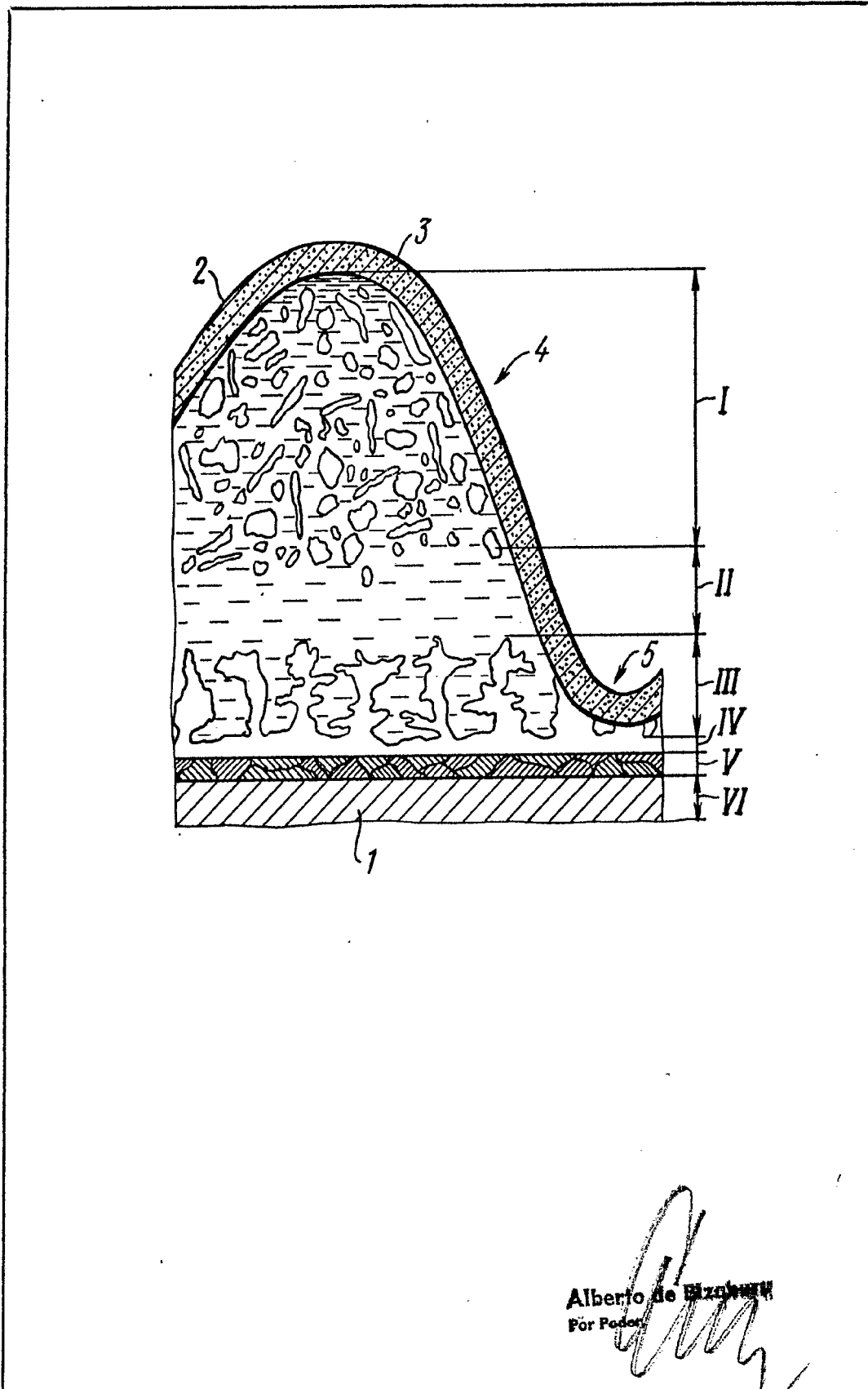
30

17028

681031

ROSTOVSKY NA DONU NAUCHNO...

I/I



Alberto de Bizzanti  
Per Padova