



4-10-44

MEMORIA DESCRIPTIVA.  
=====

PATENTE DE INVENCION.

P A I S : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "UN METODO DE PREPARAR UNA ALEACION TERNARIA".

=====

A nombre de : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

Residente en : SCHENECTADY (New York),  
1, River Road.

Nacionalidad : ESTADOUNIDENSE.



Los métodos para la aleación de metales elementales para el tratamiento de difusión en paquete de superficies metálicas, particularmente las basadas en uno o más de los elementos hierro, níquel y cobalto, se ha discutido ya en

5.- la bibliografía. Este tipo de recubrimiento o tratamiento de superficies ha sido eficaz y se emplea ahora para proteger ciertas superficies superaleadas contra la oxidación a temperaturas elevadas. Muchos de los tratamientos superficiales y recubrimientos de los que se ha informado, lo mismo

10.- que los que emplean las aleaciones del presente invento, tienen como uso pretendido principal la protección de componentes en modernos aparatos productores de fuerza, tales como componentes de turbinas de motores de chorro, expuestos al aire y a productos de combustión a temperaturas en

15.- el margen de 980° o más.

A medida que es hecha avanzar la tecnología de tales aparatos productores de fuerza, haciendo que las temperaturas de funcionamiento sean cada vez más altas, y a medida que las aplicaciones de tales aparatos productores de fuerza han supuesto condiciones cada vez más severas, ha surgido la necesidad de aleaciones mejoradas para proteger las superficies metálicas, no sólo contra la oxidación y la erosión, sino también contra daños por corrosión en caliente. La resistencia al ataque por corrosión en caliente es

20.- particularmente importante para uso de los motores de cho-

25.-



rro en la proximidad de masas de agua salada.

El invento proporciona un método de preparar una aleación mejorada, útil en el control de la aplicación de los elementos titanio, aluminio o sus combinaciones a las superficies de artículos.

30.-

Las ventajas del invento se comprenderán más claramente por la siguiente descripción detallada, representativa de ejemplos, y por el dibujo, que es una relación gráfica de fases asociada con Ti, Al y C.

35.-

En pocas palabras, el presente invento proporciona un método de preparar una aleación en polvo ternaria de Ti, Al y C en la gama, en peso, de 50-70% de titanio, 20-48% de aluminio y 0,5-9% de carbono combinado. La aleación tiene una dispersión de carburo complejo de  $Ti_2AlC$  sustancialmente acicular en una matriz de titanio o aluminio o sus aleaciones, preferiblemente la Ti-Al binaria con el titanio en la gamma del diagrama de fases Ti-Al.

40.-

Un aspecto del presente invento es el reconocimiento de una importante relación entre el aluminio, el titanio y el carbono, denominada en esta memoria Factor de Depósito o (F/D). Esta relación es un denominador común para el control del uso de la mezcla en partículas, especialmente para el depósito conjunto de Al y Ti. Es útil para definir la concentración de aluminio en la matriz de Ti-Al de la aleación ternaria en relación con la composición estequiométrica del compuesto Ti Al para uso en procedimientos de recubrimiento del tipo de difusión.

45.-

50.-

Se reconoció que, cuando los elementos titanio, aluminio y carbono están incluidos en una aleación ternaria en la gama particular de composiciones de 50-70% de Ti, 20-48%

55.-



- de Al y 0,5-9% de C (combinado), se forma un sistema de fases múltiples que incluye una matriz, una forma de la cual es una aleación binaria Ti-Al con una dispersión de carburo de complejo  $Ti_2AlC$ . Se reconoció, además, que el depósito de
- 60.- aluminio, de titanio, o de ambos, desde tal sistema de fases múltiples, como se necesita para la superficie particular que se está tratando, puede controlarse cuando la aleación ternaria está en forma de polvo o de partículas y está mezclada con un tipo apropiado de activador de halogenuro.
- 65.- La gama de composiciones de la aleación ternaria del presente invento es particularmente adecuada para el control del depósito conjunto de aluminio y titanio o, si se desea, individualmente de aluminio o de titanio. Esto se discutirá con más detalle en relación con el dibujo. Sin embargo, du-
- 70.- rante la evaluación de tal aleación ternaria en forma de polvo en un procedimiento de recubrimiento por difusión en paquete, se reconoció que una diferencia en el comportamiento del recubrimiento se basaba, al menos en parte, en el contenido en carbono de la aleación. Los polvos que incluyen carbono combinado por debajo de 0,5% en peso respondían de modo
- 75.- diferente a los que contenían en el margen de 0,5-9% en peso de carbono combinado.
- Se encontró que se necesita el carbono para formar el carburo complejo  $Ti_2AlC$ . Por debajo de 0,5% en peso, está
- 80.- presente carbono insuficiente para llevar a cabo por completo tal función. También, se reconoció que una interacción singular y muy importante entre el carbono y los elementos aluminio y titanio, dentro del margen de 0,5-9% en peso de carbono combinado, permite un control del depósito relativo
- 85.- de titanio y de aluminio por la juiciosa selección de la can-



90.- tidad de carbono que puede combinarse en la aleación para formar el carburo complejo  $Ti_2AlC$ . Esta relación, denominada Factor de Depósito, puede reducirse a una forma matemática como luego describimos. Por el uso de esta relación, puede hacerse que un sistema de recubrimiento se adapte "a la medida" específicamente para la superficie superaleada a la cual ha de aplicarse así como para la aplicación del artículo que incluye dicha superficie. Para piezas de motores de chorro, este invento es utilísimo para depositar conjuntamente y difundir tanto aluminio como titanio en superficies superaleadas, particularmente las basadas en los elementos níquel o cobalto.

100.- En la práctica, el método del presente invento, incluye la preparación de un polvo de la aleación ternaria de fases múltiples de Ti, Al y C en la gama antes definida.

105.- Los polvos de aleaciones ternarias que describimos en relación con el presente invento, se prepararon por la fusión por inducción bajo vacío de materiales vírgenes a la forma de un lingote de la composición deseada. El lingote fue luego pulverizado para obtener un polvo, por ejemplo, menor de malla 100.

110.- Típicos de ejemplos de la aleación ternaria de Ti, Al y C evaluados en relación con el presente invento son los mostrados en la siguiente Tabla I. La cantidad de carbono mostrada es la que se analizó y resultó estar combinada en forma de complejo de carburo  $Ti_2AlC$ . El carburo complejo  $Ti_2AlC$  fue identificado específicamente por análisis químico del residuo de fase acicular extraído de la matriz así como por análisis por micro-sondas electrónicas. El ensayo de difracción a los rayos X identificó el carburo complejo

115.-



Ti<sub>2</sub>AlC como poseedor de una red hexagonal muy densa, en lugar de las conocidas estructuras cúbicas usualmente halladas en la gama de Ti alfa. Algunos de los polvos de aleaciones incluían pequeñas cantidades de carbono sin combinar. Durante 120.- la evaluación, se vió que tal carbono sin combinar carecía de efecto perjudicial sobre el presente invento.

TABLA I

Resto, impurezas y carbono no combinado.

Composición en peso por ciento.

	<u>Ejemplo 1</u>	<u>Ti</u>	<u>Al</u>	<u>C*</u>	<u>F/D</u>
125.-	1	56,4	28,7	9,08	17,2
	2	54,7	36,5	4,73	15,7
	3	58,9	34,5	5,75	14,3
	4	58,6	33,2	6,00	13,7
130.-	5	58,4	34,7	5,04	13,6
	6	55,8	35,5	4,17	13,5
	7	59,6	34,2	5,54	13,4
	8	59,4	35,0	5,12	13,0
	9	61,1	34,8	5,3	12,3
135.-	10	60,7	34,4	4,9	11,9
	11	59,2	35,3	4,1	11,2
	12	61,0	33,5	5,2	11,0
	13	60,9	34,9	4,5	10,7
	14	60,6	33,5	4,5	9,6
140.-	15	62,7	31,8	5,2	8,3
	16	62,6	32,3	4,6	7,6
	17	60,3	38,9	0,7	6,6
	18	62,4	34,6	2,7	5,6
	19	64,3	30,5	4,8	5,3
145.-	20	60,7	38,6	0,4	5,2
	21	60,6	38,1	0,5	5,1
	22	62,6	38,5	0,8	5,0
	23	61,0	35,7	0,8	3,3
	24	64,6	34,6	0,7	0,1

150.- \* Combinado.



Los ejemplos de la Tabla I se han dado en el orden de disminución del Factor de Depósito (F/D). Los análisis han mostrado que, para la aplicación del presente invento a componentes críticamente dimensionados tales como piezas de motores de chorro, es necesario mantener la ganancia de peso resultante de la operación de aplicación del recubrimiento a un nivel razonablemente bajo. Como se muestra en la Tabla II, resulta un Factor de Depósito de 17, inesperadamente, en casi el doble de la ganancia de peso, en comparación con un Factor de Depósito de 16. Así, un aspecto preferido del presente invento limita la composición del polvo ternario usado a un Factor de Depósito de 16 o menos.

TABLA II

Efecto del tratamiento.

<u>165.-</u>	<u>Ejemplo</u>	<u>F/D</u>	<u>Ganancia de peso (mg/cm<sup>2</sup>)</u>
	1	17,2	27,2
	2	15,7	15,6
	3	14,3	12,4
	5	13,6	11,0
<u>170.-</u>	8	13,0	12,3
	9	12,3	9,4
	10	11,9	8,4
	12	11,0	6,5
	13	10,7	6,0
<u>175.-</u>	14	9,6	5,1
	15	8,3	6,0
	16	7,6	5,2
	18	5,6	5,5
	19	5,3	6,0

180.- El método específico usado para obtener los datos de que es típica la Tabla II incluía el uso de una mezcla de empaquetar de aproximadamente 40% de la aleación ternaria



185.- mostrada y 60% de polvo de alúmina, a lo cual se había añado 0,2% en peso de  $\text{NH}_4\text{F}$  como activador en polvo. Las muestras tratadas eran de una superaleación a base de níquel, denominada a veces René 41 y tenían una composición nominal, en peso, de 19% de cromo, 11% de cobalto, 10% de molibdeno, 3% de titanio, 1,5% de aluminio, 0,1% de carbono, 0,005% de boro, siendo el resto esencialmente níquel e impurezas accidentales.

190.- Como puede verse por la Tabla II, las aleaciones ternarias que tienen un factor de depósito de hasta 11, dieron como resultado una ganancia en peso relativamente uniforme. Sin embargo, las aleaciones ternarias con un Factor de Depósito de entre 11 y 16, mostraron una velocidad lentamente creciente de ganancia de peso. Por encima de 16, la velocidad de la ganancia de peso resultó en extremo rápida.

195.- Como se indicó antes, el Factor de Depósito asociado al presente invento es una medida del aluminio en exceso de la suma de la cantidad que formará el compuesto estequiométrico Al-Ti en la matriz de aleación binaria de titanio y aluminio, estando el titanio no estequiométrico en la forma gamma. Como señalaremos más tarde en relación con el dibujo, esta forma preferida evita la formación de cantidades sustanciales de  $\text{TiAl}_3$  que, en ciertas condiciones de las composiciones, pueden precipitar en el Ti gamma de la matriz.

200.- El Factor de Depósito, F/D, es un número sin dimensión relacionado con el reconocimiento, por el presente invento, de la interacción singular del carbono con el aluminio y el titanio. Así, el Factor de Depósito es un útil matemático que define físicamente esta interacción singular considerando la cantidad efectiva de carbono como aquella que se refiere al



estado combinado en forma de carburo complejo  $Ti_2AlC$ . El Factor de Depósito, que es una medida del exceso de aluminio, como antes se ha dicho, puede derivarse o explicarse matemáticamente como sigue:

215.- (1)  $Ti_{aleación} - Ti_{(Ti_2AlC)} = Ti \text{ libre para matriz} = X$   

$$X = Ti_{aleación} - \left( \frac{47,90 \times 2}{12,01} \right) C$$

220.- (2)  $Al_{aleación} - Al_{(Ti_2AlC)} = Al \text{ libre para matriz} = Y$   

$$Y = Al_{aleación} - \left( \frac{26,98}{12,01} \right) C$$

(3) Peso atómico en gramos equivalente de Al para formar  $TiAl = Z$   

$$Z = \left( \frac{26,98}{47,90} \right) X$$

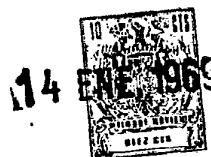
(4)  $F/D = Y - Z = Al \div 2,25 C - 0,562 Ti$   
 225.- Donde Al, C y Ti están en por ciento en peso y C es carbono combinado en el  $Ti_2AlC$  y no el carbono total.

Una vez que se ha establecido la zona específica de la relación de fases, mostrada y descrita más tarde en relación con el dibujo, el Factor de Depósito puede obtenerse aproximadamente de:

230.- 
$$F/D = Al \div 2 C - \frac{Ti}{2}$$

El número F/D, que representa un equilibrio de materiales, define para los números positivos el aluminio de la matriz en exceso de la composición estequiométrica  $TiAl$ . Por tanto, representa el aluminio en exceso que está disponible para el depósito del recubrimiento. Cuando el número F/D llega a cero, no hay exceso de aluminio sobre la cantidad de Ti en la matriz y las fases restantes son de  $Ti_2AlC$  y  $TiAl$  es-

235.-



240.- tequiométrico. En tal punto, con una aleación ternaria debidamente activada, como se describió antes, serán depositados de la misma manera números iguales de aluminio y titanio. Si el número F/D es menor que cero, hay un exceso de T y el depósito de Ti se hará todavía más pronunciado. Así es posible controlar, por medio del presente invento, el depósito de

245.- aluminio o de titanio o de combinaciones de ambos.

Estas diversas fases y depósitos relativos de aluminio y titanio se entenderán mejor haciendo referencia al dibujo. Usando la relación del Factor de Depósito antes descrita, se calculó una serie de números de F/D para varias composiciones

250.- de aleaciones ternarias Ti-Al-C. Como se muestra en el dibujo, los números F/D se trazaron entonces en función del contenido en aluminio de la aleación para contenidos en carbono en la gama entre 0 y 10% en peso.

Durante la evaluación del presente invento, se ha visto

255.- que gran número de composiciones que variaban en cantidades de titanio, aluminio y carbono, pero que tenían el mismo número F/D, resultaban comportarse idénticamente durante un ciclo de tratamiento dado para una superficie de aleación particular. Se reconoció que, cualquiera que sea el contenido en

260.- aluminio de la aleación ternaria, el aluminio disponible para el depósito será siempre el mismo si los números de F/D son iguales. Análogamente este tipo de trazado gráfico puede usarse para encontrar números de F/D de polvos de aleaciones ternarias para la práctica del presente invento si las concentraciones de aluminio y carbono se conocen. Una evaluación de

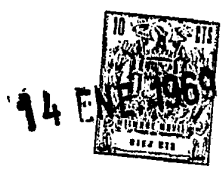
265.- una diversidad de polvos de aleaciones ternarias de titanio, aluminio y carbono, junto con su comportamiento físico, permitió la construcción de las líneas limítrofes de las fases



presentadas en el dibujo.

- 270.- Durante una evaluación de la gran variedad de aleaciones sobre las cuales está basado el dibujo, se reconoció que aquellas aleaciones ternarias que tienen número de F/D menor que cero, y por tanto se hallan dentro del área AGHBA, incluyen titanio en la matriz en estado alfa y tienen un exceso de titanio, en vez de aluminio. Las superficies o los recubrimientos producidos a partir de estas formas de aleación pueden ser útiles en ciertos casos. Sin embargo, la resistencia a la oxidación y a la corrosión en caliente es menor que la producida a partir de aleaciones que se encuentran a la derecha de la línea vertical A B, en cuya zona se forma el titanio gamma. Por consiguiente, en su forma preferida, el presente invento define el número F/D como mayor que cero. Además, se encontró que ocurre un cambio de fase en la zona de un número F/D de aproximadamente 18. Este cambio está representado en el dibujo por la línea de trazos CD. Por encima de esa área, la matriz puede incluir cantidades sustanciales de  $TiAl_3$  que tiende a producir recubrimientos de espesor excesivo. Por tanto, la forma del presente invento específicamente preferida define el número F/D como situado entre 0 y 18 aproximadamente.
- 275.-
- 280.-
- 285.-
- 290.-

- Se encontró que la matriz en la zona ALFA es predominantemente de aluminio y que sólo se depositará aluminio a velocidad o en proporción relativamente grandes a partir de tal sistema. Como el presente invento tiene como uno de sus objetos principales la creación de un tratamiento superficial mejorado que mantenga sustancialmente las dimensiones originales del artículo que se está tratando, la rápida deposición del aluminio, aunque útil en ciertos casos, no se prefiere de
- 295.-



modo específico para componentes de motores de chorro. Por  
300.- tanto, la forma específicamente preferida del presente in-  
vento considera el uso de la aleación ternaria de aluminio,  
titanio y carbono dentro de la zona del dibujo definida por  
ABCD A, con una composición en peso de 50-70% de titanio,  
20-48% de aluminio y 0,5-9% de carbono (combinado) y un nú-  
305.- mero F/D de entre 0 y 18.

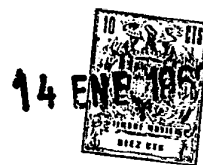
Como se dijo antes, el carbono desempeña una misión  
importante en la aleación ternaria del presente invento.  
Por ejemplo, cuando se usó la aleación ternaria del ejemplo  
20, con un contenido real de carbono combinado de 0,35%, pa-  
310.- ra recubrir una muestra del tipo y en la forma antes descri-  
tos, el recubrimiento resultante incluyó cantidades relati-  
vamente grandes de titanio y tenía poca resistencia, relati-  
vamente, a la oxidación y a la corrosión en caliente. Una  
investigación similar en relación con la forma de aleación  
315.- del ejemplo 1, con un contenido de carbono combinado de apro-  
ximadamente 9% y un contenido total de carbono de 12% apro-  
ximadamente, mostró el comienzo de la formación de altas con-  
centraciones del  $TiAl$  indeseable. También estaba presente el  
 $TiC$  indeseable. Evaluaciones subsiguientes de los recubri-  
320.- mientos hechos con polvos de la aleación del ejemplo 1, mos-  
traron una velocidad muy grande de depósito del recubrimien-  
to, dando como resultado un espesor excesivo. Esta rápida  
ganancia de peso, mostrada en la Tabla II, indica una clase  
diferente de mecanismo que empieza a ocurrir a números de  
325.- F/D mayores de aproximadamente 16. Se cree que ésto está  
asociado con compuestos tales como  $TiAl_3$  en la matriz. Por  
tanto, la forma preferida del presente invento evita la alea-  
ción ternaria de titanio, aluminio y carbono, que forme can-



tidades sustanciales de  $TiAl_3$ .

- 330.- Como se muestra en el dibujo y por estas razones, la gama de carbono combinado en tales aleaciones ternarias está limitada a 9% en peso. Con, al menos, 0,5% en peso de carbono presente, el aluminio se deposita preferiblemente junto con algo de titanio. Con cantidades de carbono menores, o en ausencia de carbono, parecen depositarse cantidades sustancialmente iguales de titanio y aluminio. Como las cantidades mayores de titanio, tales como ocurrirían en este último caso, pueden tener un efecto perjudicial sobre la resistencia a la oxidación y a la corrosión en caliente, el presente invento exige la presencia de carbono combinado como se describió antes, dentro de un margen crítico.

- 340.- Las muestras de la citada aleación René 41 a las cuales se habían aplicado las aleaciones ternarias de la Tabla I por el método específico antes descrito, se ensayaron en condiciones oxidantes 1120° durante 23 horas. Los estudios fotomicrográficos de las muestras después del ensayo mostraron que la zona de difusión interior de las muestras recubiertas con polvos con un número F/D bajo, tales como en los ejemplos 16 y 18, parecía disolverse más extensamente que las recubiertas con polvos de números de F/D altos, tales como en los ejemplos 1 y 7. En el caso de las muestras recubiertas con el polvo del ejemplo 1, con un número F/D de 17 aproximadamente, se observaron indeseables vacíos en la difusión en la zona de difusión interior. Tales vacíos, cuando son continuos, pueden hacer que salte el recubrimiento.
- 345.- También, pueden convertirse en lugares naturales para altas concentraciones de esfuerzos que desarrollan grietas que conducen a fallos prematuros por fatiga.
- 350.-
- 355.-



Los recubrimientos producidos a partir de aleaciones ternarias de la Tabla I con un Factor de Depósito entre 3 y 16, dieron como resultado un contenido en titanio relativamente bajo. Sin embargo, los recubrimientos resultantes del uso de los polvos de aleaciones ternarias con un número de F/D cercano o por debajo de cero, dieron como resultado concentraciones de titanio relativamente elevadas en el recubrimiento. El ensayo de oxidación de las muestras recubiertas con las aleaciones ternarias de la Tabla I mostró un gran fallo en las muestras recubiertas con elevadas concentraciones de titanio, al paso que los recubrimientos con menores concentraciones de titanio no mostraron indicación de ataque por oxidación, incluso aunque los recubrimientos eran de igual espesor y se expusieron a los mismos parámetros de oxidación.

Se cree que los recubrimientos con concentraciones de titanio mayores, cuando se aplican a superaleaciones a base de níquel, exhiben mala resistencia a la oxidación como resultado de la formación de una fase de  $Ni_3(Al, Ti)$  rica en titanio, poco resistente a la oxidación, en la capa exterior del recubrimiento. Los compuestos preferidos en tales recubrimientos, son  $NiAl$  o  $NiAl$  rico en aluminio que tienen resistencia excelente a la oxidación a alta temperatura. Por ensayos de esta naturaleza, se ha visto que, cuando el número F/D de un polvo de aleación ternaria dentro de la gama de composiciones del presente invento, llega al valor de cero, el polvo ve reducida su eficacia como medio de recubrimiento para producir los recubrimientos de máxima resistencia a la oxidación.

Como se dijo antes, se ha visto que el contenido en ti-



- 390.- tanto del recubrimiento producido de acuerdo con el presente invento aumenta al disminuir los números F/D. Los ensayos de oxidación a 1120° durante 23 horas se realizaron sobre muestras de la aleación René 41 antes descrita, usando la aleación ternaria de los ejemplos 4, 5 y 18 de la Tabla I. Los resultados mostraron que el fallo por oxidación de tal
- 395.- recubrimiento ocurrirá en ciertas superaleaciones a base de níquel por el uso de aquellos polvos de aleación ternaria con un número F/D de menos de 5. Por ejemplo, una mezcla de empaquetar que incluye la aleación ternaria del ejemplo 18, con un número inicial F/D de 5,6, se usó en aplicaciones re-
- 400.- petidas que disminuían el número F/D por el uso a 2,8 y luego a 0,6. El fallo por oxidación del recubrimiento, que ocurrió a un número de F/D de 2,8, se cree que es debido al resultado del mayor contenido en titanio del recubrimiento, formando la fase de  $Ni_3(Al,Ti)$  rica en titanio, menos resistente a la oxidación. Sin embargo, en otra evaluación similar, cuando se aplicó el polvo del ejemplo 4 repetidamente, disminuyendo así el número de F/D desde 13,7 a 10,2 a 9,2, las características a la oxidación del recubrimiento aplicado siguieron siendo sustancialmente las mismas y no se obser-
- 405.- vó fallo por oxidación. Análogamente, el polvo de aleación del ejemplo 5 con número de F/D de 13,6, se redujo por aplicación repetida a 12,0 y luego a 10,4. El recubrimiento resultante no mostró disminución sustancial de su resistencia a la oxidación. Es interesante notar que los estudios micro-
- 410.- fotográficos de la muestra del ejemplo 5 para la oxidación, reducido por el uso a un número de F/D de 10,4, parece casi idéntica a la muestra del ejemplo 4 para la oxidación, con un número de F/D reducido a 10,2 por el uso, aunque las dos
- 415.-



420.- aleaciones ternarias usadas en la mezcla de empaquetar tenían composiciones diferentes dentro de la gama del presente invento.

425.- Aún cuando los recubrimientos arriba descritos sobre aleaciones basadas en níquel consisten principalmente en NiAl(Ti), el recubrimiento formado sobre una aleación basada en cobalto usando los mismos polvos e iguales parámetros de tratamiento, consiste principalmente en CoAl(Ti). Como hemos señalado antes, el compuesto de NiAl tiene excelente resistencia a la oxidación. Sin embargo, a medida que el Al es reemplazado por Ti, la resistencia a la oxidación tiende a disminuir. Esto se hace aún más evidente cuando el Ti reemplaza al Al en CoAl en aleaciones a base de cobalto, tal como una consistente nominalmente, en peso, en 25% de cromo, 10% de níquel, 7,5% de tungsteno, 0,50% de carbono, siendo el resto cobalto, denominada a veces aleación X-40. Esta disminución de la resistencia a la oxidación, está basada en el hecho de que el titanio de cobalto (CoTi) es un compuesto con una resistencia a la oxidación relativamente escasa en comparación con el CoAl, que es extremadamente resistente a la oxidación.

440.- Por consiguiente, la presencia de una fuerte concentración de titanio en tales aleaciones a base de cobalto recubiertas es indeseable, aunque sea necesaria una pequeña cantidad de titanio para tener una buena resistencia a la corrosión en caliente (sulfuración). La evaluación del presente invento incluyó la aplicación de diversos polvos de aleaciones ternarias de la Tabla I a probetas de aleación X-40 a base de cobalto en la manera arriba descrita en relación con las aleaciones a base de níquel. Por ejemplo, la evaluación



del polvo del ejemplo 18, con un número F/D de 5,6 y concen-  
450.- traciones excesivas de titanio en el revestimiento en forma  
de CoTi, dió como resultado el fallo del revestimiento du-  
rante la prueba de oxidación. Otras probetas recubiertas con  
polvos con números F/D de 13,6 (ejemplo 5) y 13,7 (ejemplo  
4) no mostraron evidencia de fallos por oxidación incluso  
455.- después de varios usos repetidos, que redujeron el F/D sus-  
tancialmente.

Por la evaluación de la oxidación y la corrosión en ca-  
liente así como por estudios de las fases, como antes se han  
descrito, se vió que el presente invento, cuando se aplica a  
460.- superficies a base de cobalto, se limita de preferencia al  
uso de un polvo que consiste esencialmente en peso en 59-62%  
de titanio, 32-35% de aluminio y 4,5-6% de carbono combinado.  
El número del F/D se prefiere en el margen de 9-16 para con-  
trolar la cantidad de titanio en el recubrimiento y limitar  
465.- la precipitación del indeseable  $TiAl_3$  a concentraciones que,  
según se ha visto, son aceptables desde el punto de vista  
del espesor de los recubrimientos.

Como antes se ha descrito, la aleación ternaria de tita-  
nio-aluminio-carbono en la cual este invento requiere la pre-  
470.- sencia del carburo completo  $Ti_2AlC$ , es útil en ciertas apli-  
caciones, por ejemplo en superaleaciones a base de níquel co-  
mo la aleación René 41 antes descrita, cuando la gama de car-  
bono combinado de la aleación ternaria es de aproximadamente  
0,5-3. Sin embargo, como se ha visto que el espesor de los  
475.- recubrimientos resulta afectado por el contenido del carbono  
combinado, los recubrimientos resultantes son en general de-  
masiado finos para una resistencia adecuada a condiciones se-  
veras de oxidación y corrosión en caliente. Por tanto, una



- forma preferida del presente invento para aplicación a aleaciones a base de níquel para condiciones severas de oxidación en caliente emplea la aleación ternaria de composición, en peso, de 60-63% de titanio, 32-35% de aluminio y 3,5-5% de carbono combinado, con el F/D mantenido en el margen de aproximadamente 9-13.
- 480.-
- 485.- Como se dijo antes, ciertas cantidades de carbono sin combinar, por ejemplo de hasta 3% en peso o más, pueden estar presentes sin afectar perjudicialmente a la aleación ternaria. Además, pueden estar presentes pequeñas cantidades de impurezas tales como níquel, manganeso, cromo y hierro, en la cantidad total de aproximadamente 2% en peso.
- 490.-
- Se realizó un tipo de evaluación de la corrosión en caliente del recubrimiento resultante del presente invento en un túnel de llama de oxidación dinámica provisto de medios para la ingestión de una solución al 1,6% de cloruro sódico/sulfato sódico y producir una concentración corrosiva de aproximadamente 100 ppm. La relación cloruro sódico/sulfato sódico era de 9:1, simulando muy de cerca la relación cloro/sulfato en el agua de mar. Uno de tales ensayos se realizó sobre la sección superficial del perfil de ala de paletas de turbina de motor de chorro, de aleación a base de níquel, con una composición nominal, en peso, de 18% de cromo, 3% de titanio, 3% de aluminio, 18% de cobalto, 4% de molibdeno, 0,005% de boro, 0,05% de carbono, y el resto níquel e impurezas accidentales. La mezcla de empaquetar usada de la manera arriba descrita incluía la aleación ternaria en peso de 62,0% de titanio, 34,8% de aluminio, 4,6% de carbono total, 0,16% de carbono libre, con menos de 0,15% de hierro.
- 495.-
- 500.-
- 505.-
- La aleación fue mezclada con alúmina en polvo en una canti-



dad tal que la aleación ternaria consistía esencialmente  
510.- en 40% en peso y el polvo de alúmina formaba aproximadamen-  
te 60% en peso de la mezcla de empaquetar. A esta mezcla se  
añadió 0,2% en peso de activador de fluoruro de amonio. El  
tratamiento se realizó a 1065<sup>o</sup> durante 4 horas. Además, se  
hizo una prueba comparativa con el mismo artículo recubier-  
515.- to con dos revestimientos del tipo de difusión empaquetada  
a alta temperatura comercialmente disponible usados normal-  
mente como recubrimiento en la producción de perfiles de ala  
de paletas de turbina de motor de chorro. Después de los en-  
sayos de 25 y 50 horas a temperaturas que fluctuaban entre  
520.- 870 y 980<sup>o</sup> para simular el funcionamiento del motor, se per-  
cibió un ataque por corrosión sobre los perfiles de ala re-  
vestidos con los recubrimientos conocidos, al paso que el  
recubrimiento proporcionado por el presente invento, virtual-  
mente, no resultó afectado. Por comparación con probetas de  
525.- control y por los ensayos subsiguientes en el motor, se en-  
contró que los ensayos en túnel con llama de corrosión ca-  
liente simulan de manera muy aproximada el ensayo real del  
motor.

N O T A.  
=====

530.- Los puntos de invención propia y nueva que se presen-  
tan para que sean objeto de esta Patente de Invención en  
España, por veinte años, son los siguientes:

1<sup>a</sup>.- Un método de preparar una aleación ternaria, par-  
ticularmente útil en forma de polvo en un método de recubrir  
535.- una superficie de un artículo, que comprende fundir por in-  
ducción bajo vacío a la forma de lingote de una mezcla de  
Ti, Al y C y pulverizar luego el lingote, de modo que dicha



540.- aleación ternaria consista en esencia en 50-70% de titanio, 20-48% de aluminio y 0,5-9% de carbono combinado, en peso, teniendo la aleación una dispersión de carburo complejo de  $Ti_2AlC$  en una matriz seleccionada del grupo consistente en titanio, aluminio y sus aleaciones.

545.- 2º.- Un método según el punto 1º, en el cual la matriz de la aleación se produce para que sea una aleación binaria de titanio y aluminio con el titanio en el margen gamma del diagrama de fases Ti-Al y con un número de Factor de Depósito entre 0 y 18, según se determina por la relación  $F/D = Al \neq 2C - \frac{Ti}{2}$  en la cual el aluminio, el titanio y el carbono están en por ciento en peso.

550.- 3º.- Un método según el punto 2º, en el cual los elementos combinan para que queden dentro de la zona ABCDA del dibujo adjunto.

555.- 4º.- Un método según el punto 3º, en el cual se hace que los elementos consistan esencialmente, en peso, en 59-62% de titanio, 32-35% de aluminio y 4,5-6% de carbono combinado, estando el número del Factor de Depósito entre 9 y 16.

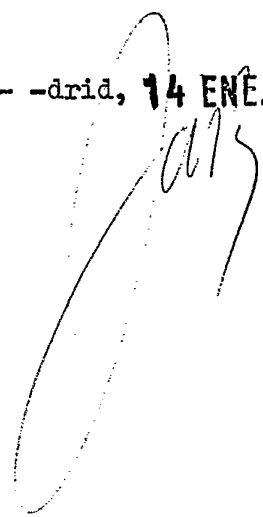
560.- 5º.- Un método según el punto 3º, en el cual los elementos se combinan para que den una aleación en peso, en 60-63% de titanio, 32-35% de aluminio y 3,5-5% de carbono combinado, estando el Factor de Depósito entre 9 y 13.

565.- 6º.- "UN METODO DE PREPARAR UNA ALEACION TERNARIA", todo tal y conforme se describe en la presente memoria, la cual consta de 565 líneas, y a título de ejemplo se representa en el adjunto dibujo.

14 ENÉ. 1969

A rectangular postmark stamp with a decorative border. The text inside the stamp includes "10", "14 ENÉ. 1969", and "RECEIVED".

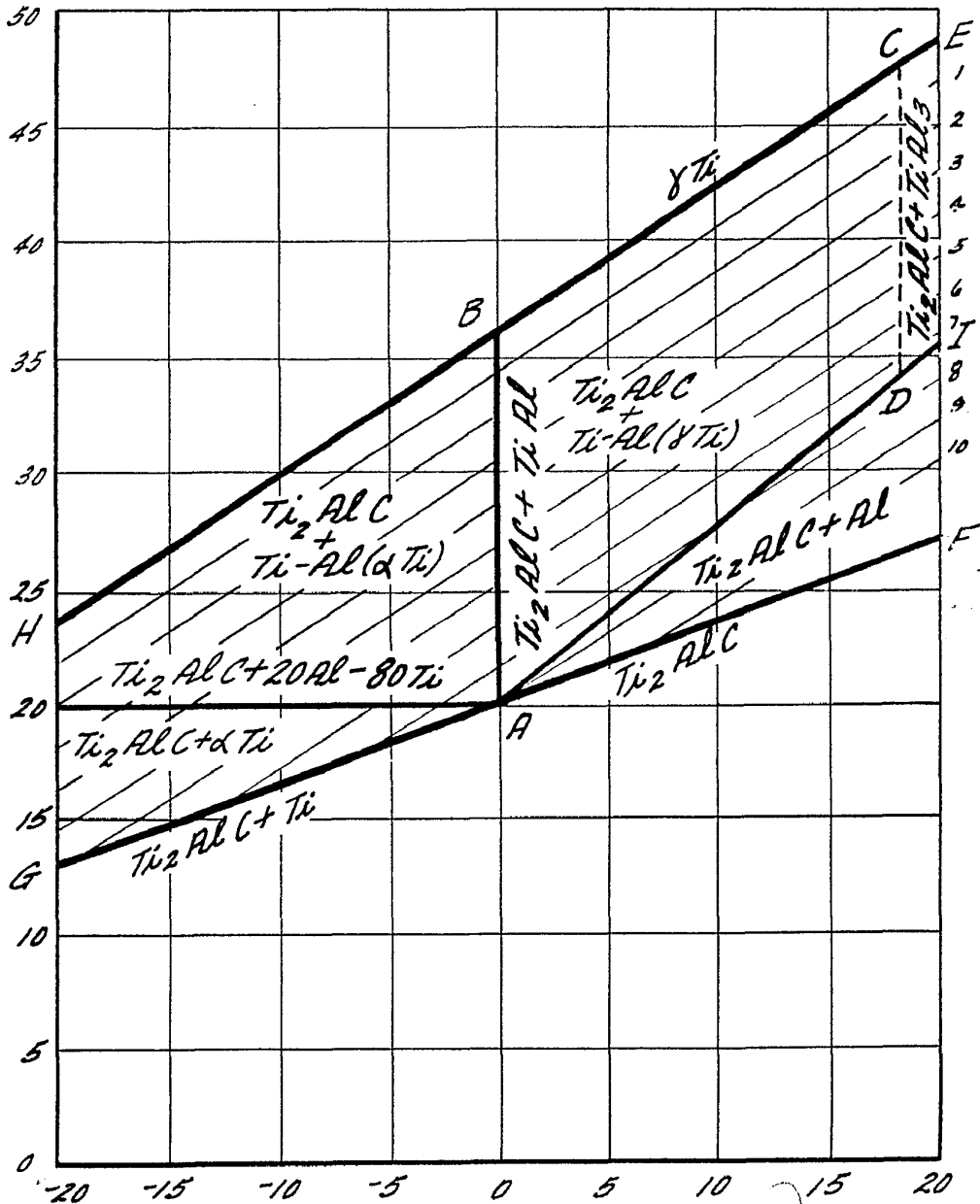
-----drid, 14 ENÉ. 1969

A large, handwritten signature in black ink, written over the typed date. The signature is stylized and appears to be a name.

ESCALA VARIABLE.



14 ENE 1969



Madrid, 14 ENE 1969

*[Handwritten signature]*