

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 Concedido el Registro de acuerdos  
 en los datos que figuran en la pre-  
 Registro de la Propiedad Industrial de esta descripción y según el con-  
 tenido de la Memoria adjunta.

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| (11) NUMERO                | 475.940  |
| (21)                       |          |
| (22) FECHA DE PRESENTACION | 12-12-78 |

(10) A1



ESPAÑA

**PATENTE DE INVENCION**

|                                  |                          |               |
|----------------------------------|--------------------------|---------------|
| (30) PRIORIDADES:<br>(31) NUMERO | (32) FECHA               | (33) PAIS     |
| 859.438                          | 12 de Diciembre de 1.977 | Norteamerica. |

|                          |                                  |  |
|--------------------------|----------------------------------|--|
| (47) FECHA DE PUBLICIDAD | (51) CLASIFICACION INTERNACIONAL | (62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA |
|                          | B24B                             |  |

(64) TITULO DE LA INVENCION

Procedimiento para reparar álabes de turbinas desgastados.

(71) SOLICITANTE (ES)

SALVATORE JOSEPH CRETELLA, MATTHEW BERNARDO y RALPH THOMAS DEMUSTIS.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

180 Fitch Street, North Haven, CT, EE.UU. de A., 62 Lee Street, West Ha-  
 ven, CT, EE.UU. de A y 547 Foxon Road, North Branford, CT. EE.UU. de A.

(72) INVENTOR (ES)

SAVATORE JOSEPH CRETELLA, MATTHEW BERNARDO y RALPH THOMAS DEMUSTIS.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

D. Jose Miguel Gómez-Acebo y Pombo.

La presente invención se refiere en general a procedimientos para reparar y restaurar componentes de turbinas como son los álabes y, de un modo más particular, se refiere a procedimientos que comprenden la restauración de la parte de refuerzo de los álabes que se ha de deteriorado o desgastado.

5.

Los álabes de turbinas van montados normalmente en el motor por un cubo central y se sitúan en esencia radialmente con respecto a su eje geométrico. Las partes de base de montajes nervadas de los álabes se alojan en ranuras correspondientes en el cubo, encajándose los refuerzos de los álabes unos contra otros y manteniéndose ensamblados por un anillo apropiado. Durante el funcionamiento del motor, se produce una diminuta pero continua vibración de los álabes adyacentes entre sí y con respecto al cubo. Esta vibración da lugar a desgaste en los bordes opuestos

10.

del refuerzo, en las proximidades de lo que se conoce como escotaduras en Z del refuerzo, haciendo necesaria la sustitución de los álabes en la turbina después de haber transcurrido un cierto periodo de funcionamiento.

15.

En el pasado, la reparación de las turbinas se ha realizado aplicando cordones de material de soldadura a las zonas de un álabe desgastadas. El material se ha aplicado en general con una varilla de soldadura que tiene prácticamente la misma composición que el metal base del que está constituido en álabe. Las zonas soldadas se recrecen hasta una dimensión superior a la de la pieza original y después se elimina el exceso por muela abrasiva para restaurar de la pieza dándole su geometría original. Estos procedimientos ya se han empleado con profusión en la restauración de álabes y han tenido un gran éxito.

20.

25.

No obstante, según se ha indicado anteriormente, los procedimientos anteriores presentan algunos inconvenientes. La va

30.

- rilla de soldadura empleada suele ser costosa, siendo su precio superior a 100 dólares por libra a los precios actuales. Además, como la soldadura se ha tenido que realizar a mano, los costes se elevan debido a la mano de obra. Además, como los álabes se tienen que exponer a elevadas temperaturas y tensiones en su uso, ha sido necesario realizar un cierto número de inspecciones durante la elaboración para tener la seguridad de que la soldadura fueran adecuadas y para tener la seguridad de que se obtenía un aglutinamiento satisfactorio. Después de esta operación, la pieza se tenía que rectificar por necesidad para devolverla las dimensiones de una pieza nueva. Después de rectificado se precisaban operaciones adicionales de inspección.

- Los costes comprendidos en los procedimientos anteriores son sustanciales aun cuando en general menores que los resultantes de tirar los álabes viejos o gastados y reemplazarlos por elementos nuevos.

- Los inconvenientes anteriores de los procedimientos de restauración quedan eliminados por la presente invención, que tiene por objeto proporcionar un método nuevo y perfeccionado para restaurar los bordes del refuerzo de un álabe de turbina en las proximidades de sus escotaduras en Z, cuyo procedimiento se realiza de una forma especialmente sencilla y al mismo tiempo ofrece un producto acabado que cumple con las estrictas exigencias impuestas en los álabes de turbina y componentes similares.

- Otro objeto de la invención es proporcionar un método perfeccionado que comprende un mínimo de mano de obra, dando por resultado una reducción de costa y una reducción en los errores relacionados con la mano de obra.

- Otro objeto de la invención es proporcionar un método perfeccionado que se caracteriza porque se necesita muy poco o

ningún rectificado de la parte recrecida después de la aplicación de la capa metálica, con el resultado final de que se reduce el tiempo necesario para la restauración y el coste en el que se incurre con la restauración o reparación del álabe alcanza una cifra menor que la posible con anterioridad a esta invención.

5.

Los objetos anteriores se obtienen por un nuevo método para restaurar o reparar álabes de turbina gastados del tipo que tiene una composición de aleación que contiene una preponderancia de cobalto o de níquel, y cuyo método comprende las fases de

10.

rectificar, hasta una medida predeterminada de precisión un borde de la parte de escotadura en Z en el refuerzo de montaje en un extremo del álabe colocar el álabe en un aparato provisto de un elemento de máscara con una ranura de modo que el borde del álabe se sitúe prácticamente alineado con la ranura, y depositar

15.

sobre el borde rectificado, por medio de una corriente de plasma, una cantidad de aleación metálica que tiene una preponderancia de cobalto o de níquel suficiente para recrear el borde hasta alcanzar su dimensión original. Después, el álabe se sinteriza a temperaturas elevadas durante un periodo de tiempo predeterminado para templar la parte reparada y mejorar el aglutinamiento.

20.

Después de la sinterización se enfría el álabe. No se precisa un acabado adicional en forma de rectificado del borde recubierto por plasma. Además, el borde que se recrece según la invención y según se ha expuesto anteriormente, posee la resistencia a las temperaturas elevadas y a las grandes tensiones de los componentes nuevos y, por lo tanto, puede cumplir con las exigencias estrictas de uso especificadas para este tipo de piezas. Como se precisa poca mano de obra, el coste general de la reparación se reduce y también se reduce al mínimo la posibilidad de

25.

que se produzcan errores relacionados con la mano de obra en el

30.

producto restaurado.

5. Para llevar a cabo el procedimiento expuesto, se ha averiguado que la cantidad precisa y apropiada del metal se puede depositar con precisión sobre el borde del refuerzo, sin que sean precisas operaciones sucesivas de rectificado. Por lo tanto, no se aplica un exceso de material en el refuerzo ni se precisan operaciones adicionales en la elaboración del álabe, a no ser la sinterización del mismo y después su enfriamiento.

10. Este procedimiento constituye un perfeccionamiento distintivo sobre el método de la tecnología anterior donde se utilizaba varilla de soldadura para recrecer el canto hasta una dimensión superior a la de un álabe nuevo y eliminar después el exceso de material por rectificado. En dicho caso, normalmente no se podría recuperar el material removido en la operación de rectificado. Por ser elevado el coste de la varilla de soldadura original, según se ha indicado, así como el de la mano de obra, los métodos de reparación anteriores han demostrado ser de realización costosa.

20. Otras características y ventajas de la invención aparecerán más adelante.

En los dibujos, que ilustran varias fases en el método de la invención y que representan de un modo particular varios aparatos comprendidos para llevar el método a la práctica:

25. La figura 1 es una vista en alzado de un álabe de turbina del tipo destinado a la restauración según el método de la presente invención.

La figura 2 es una vista del costado izquierdo del álabe de la figura 1.

30. La figura 3 es una vista del costado derecho del álabe de la figura 1.

La figura 4 es una vista en planta inferior del álabe de la figura 1.

5. La figura 5 es una vista en perspectiva de un rotor de turbina que incorpora una serie de álabes del tipo ilustrado en las figuras 1-5.

La figura 6 es una vista fragmentada, tomada a lo largo de la línea 6-6 de la figura 5.

10. La figura 7 es una vista en alzado de un primer aparato destinado a utilizarse con un aparato rectificador, donde se representa un álabe desgastado del tipo destinado a la restauración según el método de la presente invención en una posición que presenta una escotadura en Z del refuerzo en dirección encarada hacia arriba, de modo que se puedan eliminar cantidades controladas cuidadosamente del canto desgastado.

15. La figura 8 es una vista en planta superior del aparato de la figura 7.

La figura 9 es una vista del costado derecho del aparato de la figura 7.

20. La figura 10 es una vista en alzado de un segundo aparato destinado a utilizarse con un aparato rectificador, donde el álabe desgastado se ilustra sujeto en una posición que presenta la otra escotadura en Z del refuerzo en dirección encarada hacia arriba, de modo que se puedan eliminar cantidades controladas cuidadosamente del canto desgastado.

25. La figura 11 es una vista en planta superior del aparato de la figura 10.

La figura 12 es una vista fragmentada, tomada a lo largo de la línea 12-12 de la figura 10.

30. La figura 13 es una vista tomada a lo largo de la línea de corte 13-13 de la figura 10.

La figura 14 es una vista de costado del aparato de la figura 10.

5. La figura 15 es una vista en alzado de un tercer aparato que tiene un elemento de máscara con ranuras múltiples, estando destinado el aparato a montarse en una pluralidad de álabes con las escotaduras en Z de sus refuerzos, encaradas en sentidos opuestos, alineados respectivamente con las ranuras del elemento, de modo que el metal de recubrimiento se pueda depositar por plasma a través de las ranuras y sobre las superficies de las escotaduras para recrecerlas.

10.

La figura 16 es una vista en planta superior del aparato de la figura 15.

La figura 17 es una vista fragmentada del costado derecho del aparato de la figura 15.

15.

La figura 18 es una vista tomada a lo largo de la línea de corte 18-18 de la figura 16.

La figura 19 es una vista fragmentada de costado del aparato de la figura 15 y que ilustra también un aparato de pulverización por plasma empleado en el método de la presente invención.

20.

La figura 20 es una vista como la figura 2, excepto que ilustra el álabe después de haberse rectificado un canto de la parte de refuerzo, y donde se aplica chorro de arena a las partes rectificadas para eliminar cualquier rebaba.

25.

La figura 21 es una vista como la figura 2, excepto que ilustra el álabe después de haberse recrecido el canto de la parte de refuerzo por el procedimiento de pulverización por plasma de la figura 19.

30.

La figura 22 es una vista en alzado de un horno en el cual se sinterizan los álabes después de haberse recrecido los cantos de sus refuerzos por el procedimiento de metalización por

plasma de la figura 19.

5. Las figuras 1-4 ilustran un álabe de turbina de tipo des-  
tinado a la restauración según los métodos de la presente inven-  
ción. El álabe está indicado de un modo general por el número 10  
y comprende una superficie aerodinámica convexa 12 y una super-  
ficie aerodinámica cóncava 14 (figura 2). Según se recorre el  
álabe longitudinalmente, la forma de la sección aereodinámica  
cambia dando lugar al doble contorno aereodinámico (indicado por  
líneas de rayas) ilustrado en la figura 2. El álabe comprende  
10. además una parte de base de montaje 15 que tiene una sección de-  
creciente según se indica en la figura 1, con una serie de nerva-  
duras 16 en un lado y una segunda serie de nervaduras 18 en el  
otro lado. En el extremo opuesto del álabe hay un refuerzo de  
contorno irregular, ilustrado de un modo particular en la figura  
15. 2. El refuerzo está indicado por el número 20 y comprende partes  
de canto 22, 24, 26 y 28, 30,32.

20. La figura 5 ilustra un motor de turbina 34 en contorno  
de línea de rayas que comprende un eje 36 y un cubo de rotor 38,  
cuyo cubo tiene una serie de rebajos dirigidos radialmente 40 en  
su periferia, estando destinado los rebajos a alojar las partes  
de base nervadas 15 de los álabes de la turbina 10. Una serie de  
dichos álabes 10 se ilustran en la figura 5, ocupando las posi-  
ciones que aparecerían durante el funcionamiento normal de la tur-  
bina. Según se ilustra en la figura 6, los refuerzos 20 de los  
25. álabes encajan unos con otros y las nervaduras 21 de cada refuer-  
zo se alinean entre sí. Un anillo de estanquidad apropiado 42,  
se extiende alrededor de los refuerzos encajados y se acopla a  
los mismos manteniendo por lo tanto cautivos los álabes 10 en sus  
posiciones de funcionamiento. El anillo 42 se ilustra con líneas  
30. de rayas en la figura 5.

5. Durante el funcionamiento de la turbina se produce una considerable vibración del cubo rotórico 38, que da lugar a ligeros movimientos relativos de los álabes individuales 10 entre sí y con respecto al propio cubo rotórico. Con el acoplamiento encajado de los refuerzos 20, según se verá en la figura 6, las partes de los cantos 22-26 y 28-32 de unidades adyacentes rozan unas contra otras continuamente haciendo que se desgasten después de un periodo de uso prolongado.

10. Según la presente invención se proporciona un método nuevo y perfeccionado para restaurar los refuerzos gastados de los álabes de la turbina y elementos similares que se han desgastados o deteriorado después de periodos prolongados de uso, cuyo método comprende las fases de remover una cantidad cuidadosamente controlada de un canto desgastado para que tenga una cierta  
15. dimensión predeterminada con respecto al resto del álabe y después se aplica por plasma una capa controlada con precisión sobre el borde rectificado para restaurar el borde a su geometría original.

20. Para realizar el método, los álabes gastados se sujetan o se montan de otro modo en tres aparatos en sucesión, cuyos aparatos se ilustran de un modo particular en las figuras 7-9, 10-14 y 15-19, respectivamente.

25. Refiriendonos a las figuras 7-9, se ilustra el primero de los tres aparatos, que permite sujetar un álabe en una posición con su superficie aerodinámica cóncava encarada hacia abajo y donde el borde 30 del refuerzo del álabe queda encarado hacia arriba para ponerse en contacto con una muela abrasiva apropiada 44 (figura 9).

30. El aparato está indicado de un modo en general por el número 50 y comprende una base que tiene una placa de corredera

5. 52 con un bloque extremo alzado 54 en un extremo y un segundo bloque alzado 56 en su otro extremo. El primer bloque extremo 54 tiene un agujero transversal 58 donde se aloja el saliente 60 de un bloque de base de soporte o soporte giratorio 62. El saliente 60 comprende un taladro roscado que aloja un tornillo de cabeza 64, con arandelas 66 que se mantienen separadas por medio de un muelle 68. Este dispositivo de montaje para el bloque de soporte 62 permite que gire dentro de ciertos límites. Esta destinado a recibir la base 15 de un álabe de turbina en la forma ilustrada en la figura 7. Además, un brazo de guía estacionario o pestaña 70 se encuentra en el bloque 62 y un brazo resiliente o pestaña 72 se sitúa en el extremo opuesto del bloque 62 para mantener la base 15 confinada. La cara del bloque 62 comprende un rebajo hueco 74 para proporcionar por lo tanto un asiento para el extremo de la base 15.
- 10.
- 15.

El segundo bloque alzado 56 de la base lleva una abrazadera que comprende una mordaza 76 que puede girar alrededor de una espiga 78 en el bloque 56.

20. En la mordaza 76 se encuentra un tornillo accionador 80 que tiene una parte moleteada 82. El tornillo 80 se aloja en un taladro roscado en la mordaza 76. La mordaza 76 comprende una cara 84 que se apoya contra un saliente 23 (figura 6) del refuerzo 20.

25. En el bloque 56 se encuentra montado también un pasador de acero templado 86 que constituye una superficie de sustentación para el borde 26 del refuerzo cuando el álabe se sujeta en la posición ilustrada. Un segundo tornillo 88, que constituye un tornillo de sujeción y que tiene un botón moleteado 90, se coloca en el bloque 56 de la base. Lleva una pieza extrema de acero templado 92 que se apoya contra la nervadura 21 del refuerzo (fi
- 30.

gura 6) cuando se aprieta el tornillo 88.

En las figuras 8 y 9, hay prevista una superficie suplementaria de sustentación en forma de bloque 94 que constituye un resalto contra el cual puede descansar un borde del refuerzo del álabe.

5.

La rectificadora de superficie comprende una bancada 100, según se ilustra en la figura 9, y una guía 102 contra la cual se puede mover la placa de corredera 52 según se efectúa una operación de rectificado sobre el borde 30.

10.

El álabe que se ha de restaurar se instala en el aparato 50 y se elimina por rectificado una cantidad cuidadosamente controlada del borde 30 por medio de la muela abrasiva 44 según se desliza el aparato 50 a lo largo de la guía 102.

15.

La cantidad exacta que se ha de eliminar está determinada en parte por la gravedad del desgaste. Se comprenderá que las posiciones relativas de la guía 102 y la muela abrasiva 44 con respecto a la bancada 100 se determinan de una forma experimental. Después de la operación del rectificado expuesta, el borde 30 mantendrá una relación de dimensiones fijas con respecto al resto del refuerzo 20 y el álabe 10.

20.

El álabe se quita entonces del aparato 50 ilustrado en las figuras 7-9 y se traslada a un segundo aparato ilustrado de un modo particular en las figura 10-14. Este aparato está destinado a sujetar el álabe en una posición con su superficie aerodinámica cóncava encarada hacia arriba, de modo que un borde opuesto 24 del refuerzo 20 se pueda poner en contacto con una muela abrasiva apropiada según se ilustra en la figura 14.

25.

Este segundo aparato está indicado de un modo general por el número 104 y comprende una placa de base 106 y un par de correderas 108, 110. Según se ilustra en la figura 10, la base 106

30.

- comprende un bloque de sustentación alzado 112 destinado a situar la base 15 del álabe de turbina restaurado y un segundo bloque alzado 114 acoplable con el refuerzo del álabe de turbina. Para poder colocar apropiadamente la base 15, el bloque 112 lleva un elemento de sustentación de acero templado 116 y un par de pasadores posicionadores alzados 118, 120. El elemento de sustentación 116 está destinado a acoplarse con una de las partes nervadas de la base 15, en la forma ilustrada en la figura 10, cuando el álabe 10 se sujeta en su sitio según se ilustra. Refiriéndonos a la figura 14, el bloque 114 lleva dos caras de acero templado 122, 124 destinadas a ponerse en contacto con los bordes 28 y 32, respectivamente, del refuerzo. Además, hay previsto un pasador de acero templado 126 que se acopla con el borde del refuerzo del álabe cuando este último se sujeta en su sitio.
5. Según se ilustra de un modo particular en la figura 13, el aparato tiene previsto un brazo de sujeción 128 montado pivotamente sobre un bloque de soporte alzado 130 por medio de un pasador 132. La abrazadera tiene una cara 134 con una configuración generalmente cilíndrica, que se aloja en la parte aerodinámica cóncava del álabe de la turbina en la forma ilustrada en la figura 14. En el bloque 130 va montado un tornillo 136 que constituye una guía para un muelle 138 que se apoya contra una parte extrema de la abrazadera 128. Un bloque adicional 140 va montado también sobre la base 106, y un tornillo 142, que tiene un botón de accionamiento manual 144 penetra en un manguito de guía tubular 146, para acoplarse con un pasador accionador 148. Un extremo de este último se apoya contra una parte extrema de la abrazadera 128, para efectuar un movimiento pivotal. Según se comprenderá fácilmente, a medida que avanza el tornillo 142, la abrazadera 128 efectúa un movimiento a izquierda alrededor del pasador
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

pivote 132 poniendo de este modo la cara 134 en contacto con la superficie aerodinámica cóncava. Dicho acoplamiento de sujeción se ilustra en la figura 14.

5. Con el aparato ilustrado en la figura 10-14 se observará que la colocación precisa del álabe de la turbina está determinada casi enteramente por el acoplamiento del borde del refuerzo 20 con las caras correspondientes 112, 124 y el pasador 126. El elemento de sustentación 116 y los pasadores posicionadores 118, 120 proporcionan simplemente un apoyo para la parte de base
10. 15 del álabe de la turbina cuando la cara 134 se pone en contacto con la superficie aerodinámica del álabe. La figura 14 ilustra en contorno de línea de rayas una guía 150 contra la cual se puede mover deslizantemente la base 106 del aparato durante la operación de rectificado que se describirá a continuación. También
15. se ilustra en la figura 14 una muela abrasiva, indicada de un modo en general por el número 152, montada en un eje motorizado 154.

20. El álabe de la turbina que se ha de restaurar se rectificara primero en el aparato de las figuras 7-9 y después se traslada al aparato ilustrado en las figuras 10-14, donde el borde 24 se presenta para ponerse en contacto con la muela abrasiva 152. Según se mueve el aparato deslizantemente a lo largo de la guía 150, se elimina una cantidad controlada cuidadosamente del borde 24. La cantidad absoluta de material que se ha de eliminar se determina experimentalmente y en parte depende de la gravedad del
25. desgaste que presente la partida de álabes que se han de reaparar. Después de completarse esta fase de rectificado, el borde 24 mantendrá una relación de dimensiones unas con respecto al resto del refuerzo 20 del álabe y con respecto al resto de la superficie
30. aerodinámica y base del álabe.

El álabe se quita del aparato y se puede someter discrecionalmente a una operación de desbarbado en forma de chorro de arena con un tamaño de partícula de 0,127 a 0,254 mm, según se ilustra en la figura 20. La tobera del aparato de chorro de arena está indicada por el número 153 y el chorro de arena está indicado por la referencia 155. La figura 20 ilustra también, con líneas de rayas, los lugares de los bordes originales en las proximidades de las escotaduras en Z, estando ilustrados los lugares de los bordes rectificadas por líneas sólidas y presentando diminutas rebabas resultantes de la operación de rectificado y que se eliminan por el chorro de arena. Después del desbarbado, los álabes se colocan en un tercer aparato ilustrado de un modo particular en las figuras 15-19. El aparato está indicado en general por el número 156 y comprende una base alargada, generalmente rectangular, 158, que tiene una serie de escotaduras separadas 160. Desde cada escotadura 160 se extiende un par de barras de sustentación separadas 162, destinadas a acoplarse con la superficies opuestas de la parte nervada 15 del álabe de la turbina, según se ilustra en la figura 15. En el extremo de la base 158 se sitúa un par de soportes alzados 164, 166 que llevan dos elementos de máscara coextensivos 168, 170. Una serie de ranuras 172 están previstas en el elemento 168 y una serie similar de ranuras 174 están previstas en el elemento 170. La disposición es la necesaria para que, cuando un alabé de turbina se sostiene sobre la base 158 en la forma ilustrada en la figura 15, la ranura adyacente 172 se sitúa prácticamente alineada con el borde 30 del refuerzo y la ranura adyacente 174 se sitúa de igual modo prácticamente alineada con el borde 24 del refuerzo.

Según se ilustra de un modo particular en la figura 17, la base tiene una parte dirigida hacia atrás 176 que se sujeta a

un soporte apropiado (no ilustrado), para montar el aparato en la posición predeterminada que se desee. Además, una tira de tope alargada 178 se utiliza según se ilustra en las figuras 16 y 18, contra la cual la parte de la base 15 de los álabes de la turbina se puede apoyar cuando se instala en el aparato una serie de dichos álabes. La tira de tope 178 sirve para mantener los álabes prácticamente alineados entre sí durante el proceso de deposición por plasma según se describirá más adelante.

- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.
- Refiriendonos ahora a la figura 19 y según la presente invención, se proporciona un método nuevo y perfeccionado para efectuar un recrecimiento de precisión de los bordes rectificad~~os~~ 24, 30 del álab~~e~~ de la turbina, de modo que los bordes recrecidos semejen con precisión las dimensiones físicas y características metalúrgicas de un álab~~e~~ nuevo. Para realizar esta operación se utiliza, según se ilustra, una pistola de metalización por plasma, indicada de un modo general por el número 180, que tiene una tobera 182 y también una serie de tubos flexibles o mangueras 184-194 para transportar el polvo de aleación metálica hasta la pistola, junto con oxígeno, argón y agua. La pistola de metalización por plasma puede ser similar a la fabricada por Plasma Dyne Corporation conocida por el número de modelo Mach II. Esta pistola de metalización está destinada en especial a depositar metal fundido sobre una parte de base, y se caracteriza porque la velocidad de la corriente que emana de la tobera es superior a la velocidad del sonido. La pistola 180 tiene una culata 192 y un soporte 194 se extiende hasta otro soporte apropiado (no ilustrado) para situar apropiadamente la tobera 182 de la pistola con respecto a las ramuras 172 o 174, de una vez.

Gracias a la presente invención, una corriente de aleación de metal fundido se deposita en sucesión sobre los bordes

24, 30 del refuerzo 20, para recrecer el borde en una cantidad suficiente para que semeje con precisión su geometría original. El diámetro de la corriente en las proximidades de las ranuras 172 o 174 es muy pequeña, del orden de 1,59 mm. Además, debido a las características de la tobera, la corriente surge de una forma turbulenta. El aparato presente ha demostrado ser extraordinariamente eficaz para depositar una capa densa y muy uniforme de material sobre el borde rectificado, de modo que el producto acabado semeja con precisión las dimensiones y características físicas de una pieza nueva. Según se podrá comprender fácilmente, situando una serie de álabes lado con lado en el aparato 156, la pistola se mueve desde una ranura 172 hasta la siguiente y el procedimiento continua hasta que todos los álabes han recibido un recrecimiento en sus bordes correspondientes 30. De un modo similar, la pistola se mueve hasta el otro lado del aparato y se alinea con las ranuras 174, de una en una. El metal fundido se deposita entonces por plasma sobre las partes de los bordes encarados en sentido opuestos 24. En las figuras 16 y 19 la corriente de plasma está indicada por el número 195. Según se comprenderá fácilmente, las ranuras 172, 174 limitan la anchura de la corriente 195 donde incide en los bordes 24 o 30 del refuerzo, puesto que parte de la corriente próxima a su periferia está interceptada por las paredes del elemento de máscara 168, 170 en las proximidades inmediatas de las ranuras 172, 174.

25. Cuando los álabes en restauración son álabes a base de cobalto, la composición del polvo metálico puede ser la obtenible en mercado con la marca Haynes Alloy Nº 25 o Nº 31, que tiene la composición siguiente:

ANALISIS QUIMICO ESENCIAL DE HAYNES ALLOY Nº 25

30. Porcentaje en peso:

|     |              |        |
|-----|--------------|--------|
|     | 1. Carbono   | 0,09   |
|     | 2. Silicio   | 0,22   |
|     | 3. Manganeso | 1,55   |
|     | 4. Fósforo   | 0,018  |
| 5.  | 5. Azufre    | 0,007  |
|     | 6. Cromo     | 20,32  |
|     | 7. Niquel    | 10,56  |
|     | 8. Tungsteno | 14,30  |
|     | 9. Hierro    | 2,25   |
| 10. | 10. Cobalto  | 50,685 |

El procedimiento de la presente invención no ha de considerarse limitado a la reparación de álabes a base de cobalto. Igualmente se pueden reparar los álabes a base de níquel, empleando un polvo de aleación de a base de níquel para el depósito de metalización por plasma. Por ejemplo, los álabes a base de níquel tienen normalmente la composición siguiente:

| Porcentaje en peso: |           | min  | max   |
|---------------------|-----------|------|-------|
|                     | Carbono   | 0,08 | 0,13  |
| 20.                 | Manganeso | —    | 0,20  |
|                     | Fósforo   | —    | 0,015 |
|                     | Azufre    | —    | 0,015 |
|                     | Silicio   | —    | 0,25  |
|                     | cromo     | 7,50 | 8,50  |
| 25.                 | Cobalto   | 9,50 | 10,50 |
|                     | Molibdeno | 5,75 | 6,25  |
|                     | Aluminio  | 5,75 | 6,25  |
|                     | Tantalo   | 4,00 | 4,50  |
|                     | Hafnio    | 1,05 | 1,25  |
| 30.                 | Titanio   | 0,80 | 1,20  |

|     |           |          |         |
|-----|-----------|----------|---------|
|     | Boro      | 0,010    | 0,020   |
|     | Zirconio  | --       | 0,13    |
|     | Hierro    | --       | 0,35    |
|     | Tungsteno | --       | 0,10    |
| 5.  | Columbio  | --       | 0,10    |
|     | Bismuto   | --       | 0,00005 |
|     | Plomo     | --       | 0,0005  |
|     | Selenio   | --       | 0,0003  |
|     | Teluro    | Variable |         |
| 10. | Talio     | Variable |         |
|     | Niquel    | Resto    |         |

En tal caso, el polvo empleado para la metalización por plasma sería de composición similar a la anterior. Según se comprenderá actualmente, se pueden permitir pequeñas desviaciones en las proporciones relativas de los materiales según se indica anteriormente, con iguales resultados o posiblemente mejores.

Después de la metalización por plasma, los álabes se sinterizan a una temperatura de  $1.079^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 14^{\circ}\text{C}$  por espacio de  $7\frac{3}{4}$  horas  $\pm 10$  minutos, para templar el aglutinamiento al metal básico. Un horno de sinterización apropiado se ilustra esquemáticamente en la figura 22 y comprende un elemento calentador 196 y un bastidor 198 sobre el que se puede colocar una serie de álabes 10. Después de la sinterización, los álabes se enfrían a un régimen de  $19^{\circ}\text{C}$  por minuto, a un régimen más rápido, en una atmósfera de hidrógeno o argón.

La figura 21 ilustra un álabe después que los bordes 24, 30 de su refuerzo 20 se han recrecido hasta el grado ilustrado por las líneas sólidas duplicando con precisión las dimensiones de álabes nuevos, indicando las líneas de rayas los lugares de los bordes rectificadas antes de su recrecimiento por el proceso

de metalización por plasma descrito anteriormente.

5. Para realizar el método presente, el intervalo de tiempo durante el cual la metalización de plasma se dirige contra el borde de refuerzo se controla cuidadosamente, así como el régimen de deposición, de manera que no se precisen virtualmente operaciones de acabado adicionales. Este procedimiento contrasta con los métodos de restauración de la tecnología anterior, que se caracterizaban porque después de haberse metalizado con plasma un componente, se necesitaba un considerable trabajo de restauración en forma de rectificado adicional y/u operaciones de pulido. Con el aparato de la invención se ha averiguado que no son necesarias dichas operaciones de acabado. Por el contrario, el álabe se puede quitar del aparato 156, sinterizarse, pulirse e inspeccionarse y después se puede poner inmediatamente en uso.
10. Las partes de los bordes restaurados han demostrado cumplir con las exigencias estrictas de uso establecidas para componentes de turbina nuevos. Se ha podido averiguar que la capa de recubrimiento es especialmente densa y homogénea y semeja con precisión la composición del metal básico. El metal aglutinado ha demostrado ser capaz de mantener una dureza adecuada hasta 982°C, que está muy por encima de las temperaturas de funcionamiento encontradas normalmente en los motores de turbina donde se utilizan los álabes.
15. Se verá que la presente invención proporciona álabes restaurados que semejan con precisión las dimensiones de piezas nuevas, con lo que se asegura una gran fiabilidad y funcionamiento sin tensiones durante periodos prolongados de uso. El método de la invención, según se verá, ofrece ventajas y perfeccionamientos notables en la tecnología de las reparaciones de álabes de turbinas.
20. Se verá que la presente invención proporciona álabes restaurados que semejan con precisión las dimensiones de piezas nuevas, con lo que se asegura una gran fiabilidad y funcionamiento sin tensiones durante periodos prolongados de uso. El método de la invención, según se verá, ofrece ventajas y perfeccionamientos notables en la tecnología de las reparaciones de álabes de turbinas.
25. Se verá que la presente invención proporciona álabes restaurados que semejan con precisión las dimensiones de piezas nuevas, con lo que se asegura una gran fiabilidad y funcionamiento sin tensiones durante periodos prolongados de uso. El método de la invención, según se verá, ofrece ventajas y perfeccionamientos notables en la tecnología de las reparaciones de álabes de turbinas.
30. Se verá que la presente invención proporciona álabes restaurados que semejan con precisión las dimensiones de piezas nuevas, con lo que se asegura una gran fiabilidad y funcionamiento sin tensiones durante periodos prolongados de uso. El método de la invención, según se verá, ofrece ventajas y perfeccionamientos notables en la tecnología de las reparaciones de álabes de turbinas.

Todas y cada una de las reivindicaciones adjuntas definen un aspecto distintivo de la invención separado de los demás, y cada reivindicación se ha de tratar, por consiguiente, de esta manera cuando se examinen dispositivos de la tecnología anterior en cualquier determinación de novedad o validez.

5.

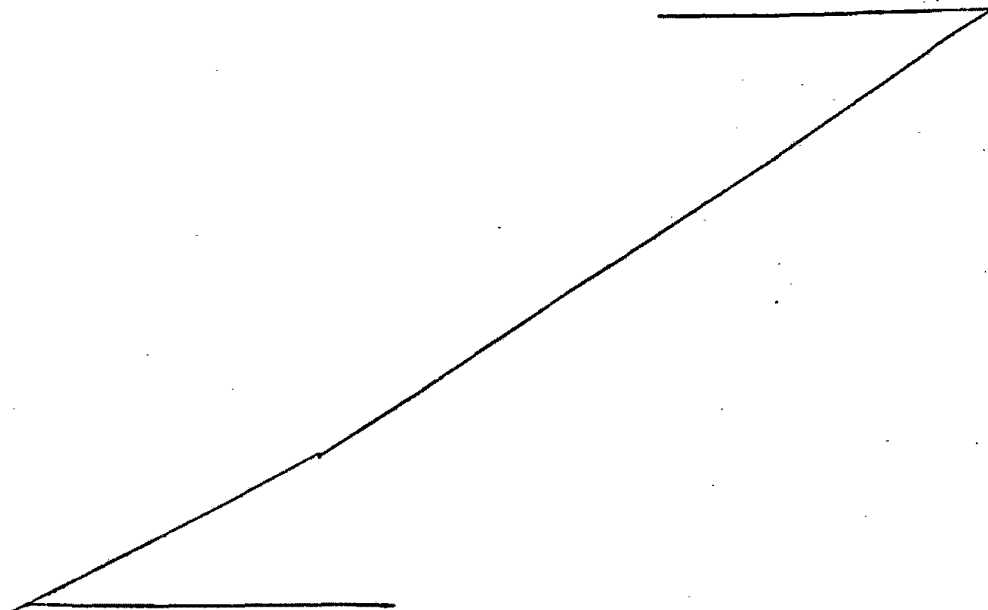
Se puede efectuar variaciones y modificaciones sin desviarse del espíritu de la invención, y ciertas partes de la invención se pueden emplear sin otras.

10.

A pesar de que la modalidad de la invención ilustrada explica la elaboración de los bordes 24, 30 de las escotaduras en Z, se comprenderá que la invención no ha de interpretarse limitada a estos bordes específicos sino que, por el contrario, se puede utilizar en una elaboración de otros bordes del refuerzo, como los bordes 22, 26, 28 y 32.

15.

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

5. 1.- Procedimiento para reparar álabes de turbinas desgastados, cuyos álabes son de una aleación metálica, que comprenden de las fases de rectificar hasta una dimensión determinada con precisión, un borde de la parte de escotadura en Z del refuerzo de montaje en un extremo del álabe, enmáscarar el refuerzo en ambos lados del borde después de rectificado; someter el borde rectificado a una corriente de plasma que contiene una
10. aleación metálica para recrecer el borde prácticamente a su dimensión original, y después sinterizar el álabe a temperaturas elevadas durante un periodo de tiempo determinado para templar la reparación.
15. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la sinterización se lleva a cabo a una temperatura del orden de  $1.079^{\circ}\text{C}$ .
20. 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la sinterización se lleva a cabo en una atmósfera que contiene argón.
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la sinterización se lleva a cabo en una atmósfera que contiene hidrógeno.
25. 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases adicionales de enfriar el álabe, después de la sinterización a un régimen que, en esencia, no es apreciablemente menor de  $19^{\circ}\text{C}$  por minuto.
30. 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de someter el borde rectificado a la corriente de plasma comprende depositar la aleación metálica contra dicho borde con una velocidad de partículas superior a la veloci-

dad supersónica.

5. 7.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de someter el borde rectificado a la corriente de plasma comprende depositar la aleación metálica contra el borde con una velocidad particular del orden del doble que la velocidad del sonido.

10. 8.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de someter el borde rectificado a la corriente de plasma comprende metalizar el borde con una aleación metálica que tiene cantidades sustanciales cromo.

15. 9.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de someter el borde rectificado a la corriente de plasma comprende metalizar el borde con una aleación fundida que contiene silicio no en exceso a un pequeño porcentaje.

15. 10.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de enmascarar el refuerzo comprende colocar una caja alrededor de aquellas partes del borde que se han de recrecer.

20. 11.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de enmascarar el refuerzo comprende colocar una placa metálica ranurada delante de la parte del borde que se ha de recrecer.

25. 12.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la aleación metálica de los álabes contiene níquel.

25. 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la aleación metálica de la corriente de plasma contiene níquel.

30. 14.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la aleación metálica de los álabes contiene cobalto.

30. 15.- Procedimiento según la reivindicación 14, caracte-

rizado porque la aleación metálica de la corriente de plasma contiene cobalto.

5. 16.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los álabes tienen una preponderancia de un metal elegido del grupo consistente en cobalto y níquel.

17.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la corriente de plasma contiene una preponderancia de un metal elegido del grupo consistente en cobalto y níquel.

10. 18.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la fase adicional de desbarbar dicho borde del refuerzo después que se ha recrecido.

15. 19.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases adicionales de rectificar hasta una dimensión predeterminada con precisión un borde de la otra parte de escotadura en Z del refuerzo de montaje; enmascarar el refuerzo en ambos lados del borde inmediatamente precedentes después de su rectificado, y someterlo a una corriente de plasma que contiene una aleación metálica para recrecerlo hasta su dimensión original.

20. 20.- Procedimiento para reparar álabes de turbinas desgastados, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de veintitres hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

7 DIC. 1978

SALVATORE JOSEPH CRETELLA, MATTHEW BERNARDO  
y RALPH THOMAS DEMUSIS.

SECRET  
SECRET

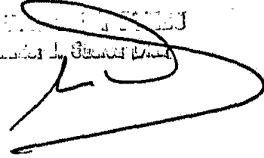




Fig. 8

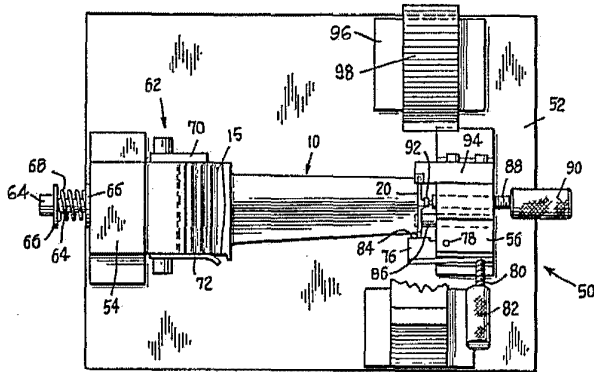


Fig. 7

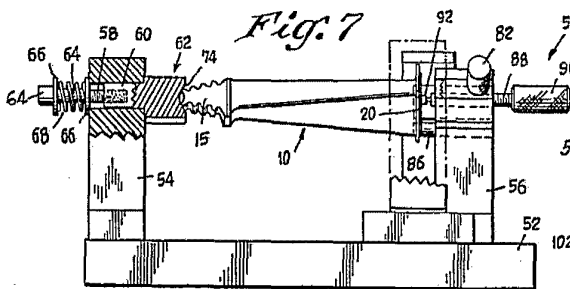
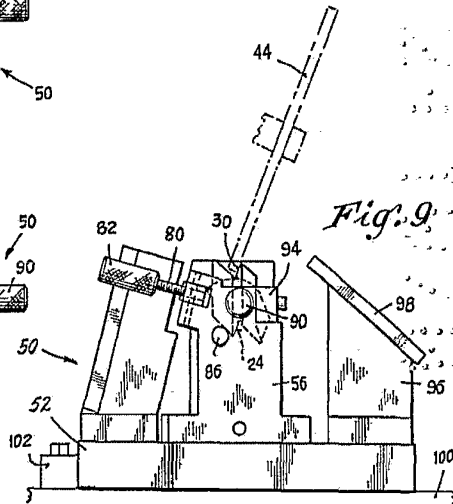


Fig. 9



ESCALA  
VARIABLE

7 DIC. 1978

J. M. GARCIA ALONSO Y FORNIG  
p. p. Firmado J. Garcia Diaz

Fig. 11

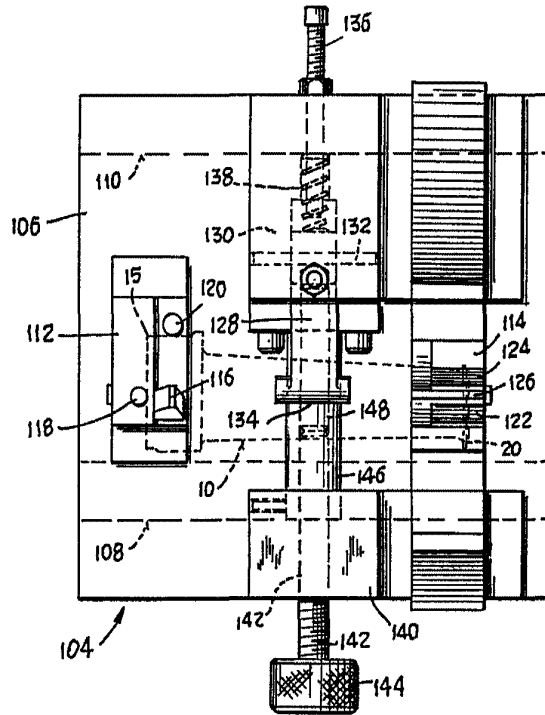


Fig. 12

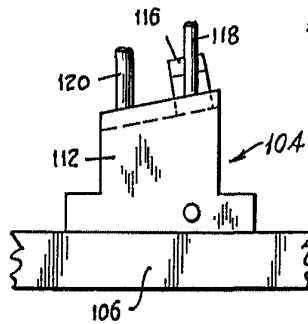
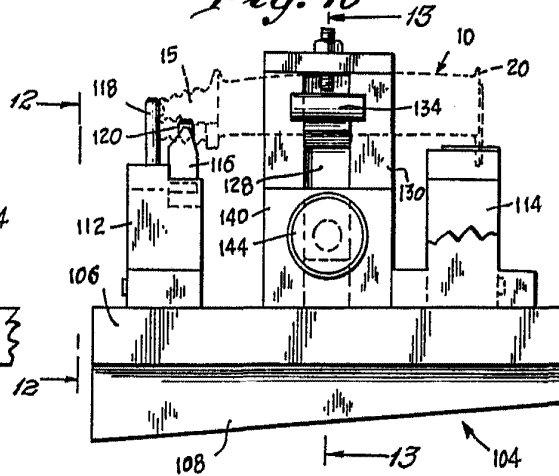


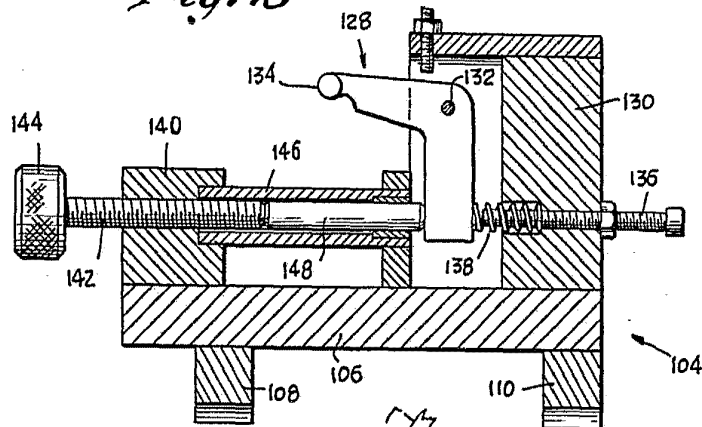
Fig. 10



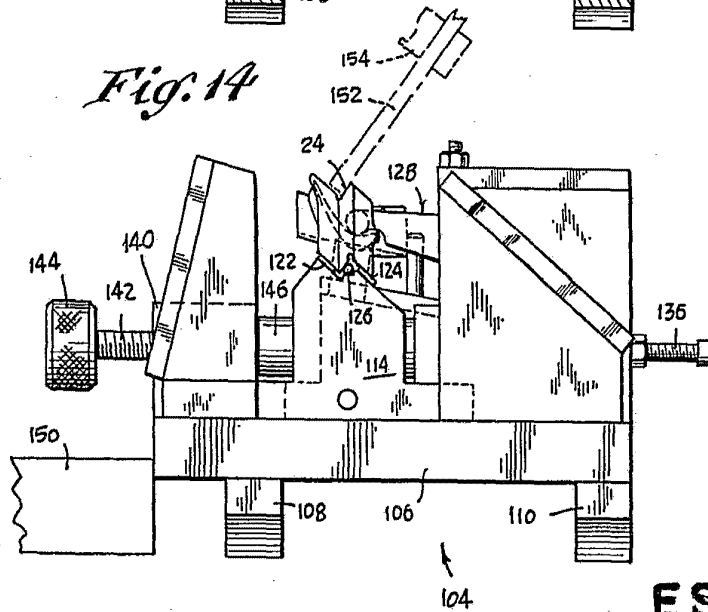
ESCALA  
VARIABLE

7 DIC. 1978  
J. M. GOMEZ ACEBO Y PARRA  
p. Firmado J. Suarez Diaz

*Fig. 13*



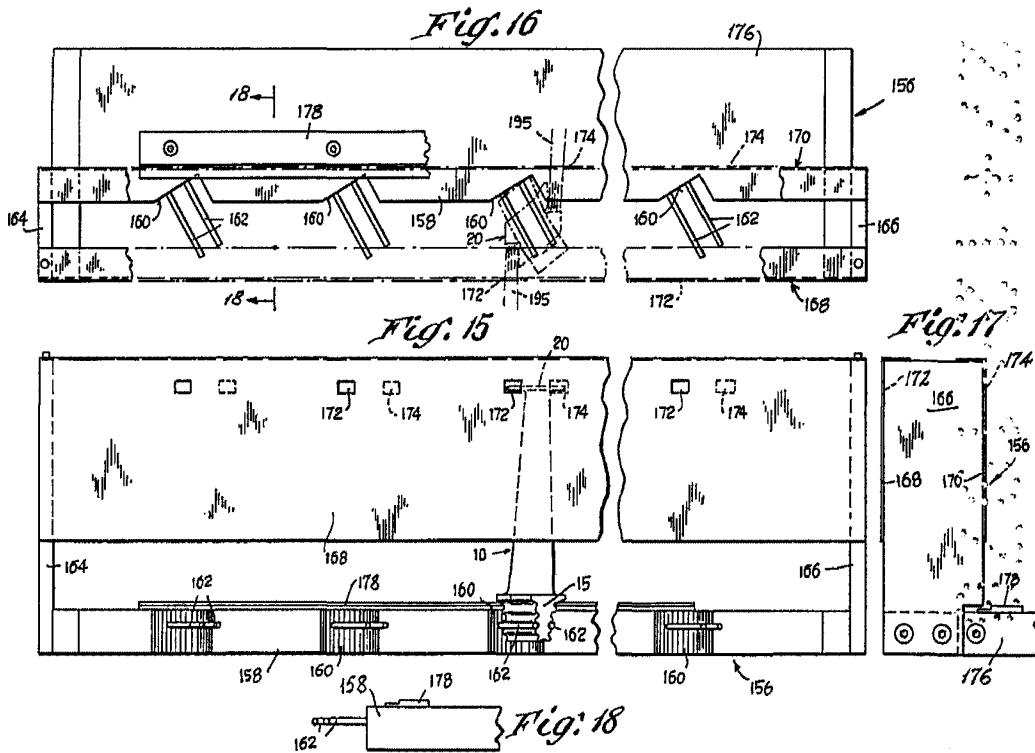
*Fig. 14*



**ESCALA  
VARIABLE**

7 DIC. 1978

J. M. GOMEZ ACEGO Y POZAS  
P. P. Firmado: J. Suarez Diaz

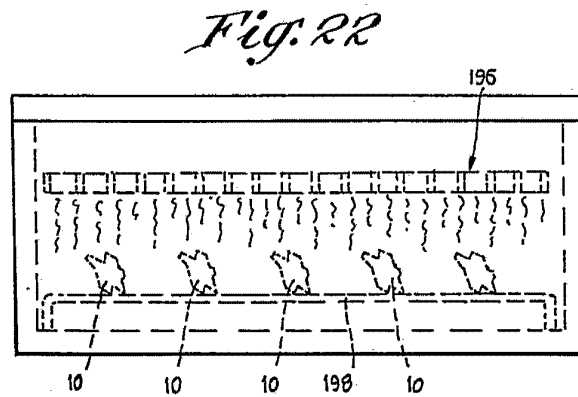
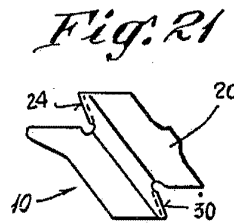
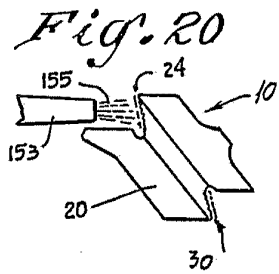
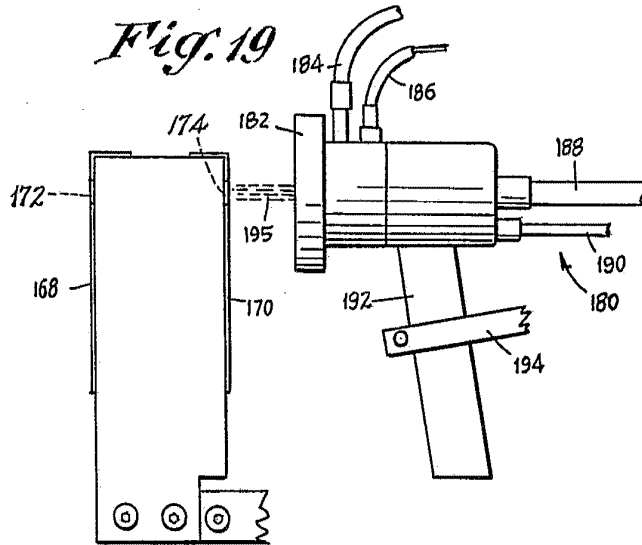


**ESCALA  
VARIABLE**

7 DIC. 1978

J. M. GOMEZ ABEJO Y POMBO

p. p. Firmador J. Suarez Diaz



7 DIC. 1978  
D. P. M... S... L.L.C.