



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 269 516**

51 Int. Cl.:
F01D 11/12 (2006.01)
B23K 11/00 (2006.01)
B23K 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01997622 .4**
86 Fecha de presentación : **26.11.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1348067**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.2003**

54 Título: **Estructura de cierre celular en panel metálica.**

30 Prioridad: **27.11.2000 US 722060**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

73 Titular/es: **Neomet Limited**
92 Cross Lane
Marple, Stockport SK6 7PZ, GB

72 Inventor/es: **Hammersley, Richard, Charles y**
Sporer, Dieter, Rudolf

74 Agente: **Ungría López, Javier**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estructura de cierre celular en panal metálica.

5 (i) **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a cierres de turbina de gas, abrasible, y, más en particular, a nuevos cierres de turbina que tienen estructuras metálicas celulares adecuadas para la operación en un entorno de gas oxidante y/o carburizante a altas temperaturas.

10 (ii) **Descripción de técnicas relacionadas**

Las estructuras celulares hechas de metal en lámina fina u hoja metálica son atractivas para utilizarlas en aplicaciones espaciales y aeroespaciales, en particular motores de reacción, ya que proporcionan una elevada relación solidez a peso y altas capacidades de absorción de energía mecánica y amortiguación acústica siendo al mismo tiempo de peso ligero. Como consecuencia directa de la baja densidad, pueden además limarse fácilmente, característica que se utiliza en motores a reacción, así como también en turbinas de gas estacionarias empleadas para generación de energía, para reducir el hueco entre el anillo de refuerzo estacionario y los componentes de las hojas rotatorias, con lo que mejora la eficacia del ciclo de la turbina de gas. Aunque la estructura celular utilizada como un cierre abrasible debe ser lo bastante blanda para permitir que las puntas o bordes de cuchilla de una hoja rotatoria la corten sin causar daño a la hoja y la estructura portadora de la estructura celular que puede limarse, debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las cargas estáticas y vibratorias de alta frecuencia, abrasión, esfuerzos térmicos cíclicos y oxidación cíclica y/o ataque de carburización, ocurriendo todo ello a altas temperaturas. Además, el cierre no debe agrietarse bajo choque térmico y carga baja de fatiga del ciclo. En otras palabras, la estructura celular utilizada como cierre del paso del gas debe ser resistente al ataque de corrosión por el gas caliente y debe tener una excelente integridad estructural y estabilidad dimensional a largo plazo para resistir las cargas mecánicas y térmicas sobre ella durante muchos ciclos y a lo largo de períodos de tiempo prolongados.

Los cierres de paso de gas, celulares, convencionales, abrasibles, se fabrican de aceros inoxidables austeníticos altamente aleados y aleaciones de base de níquel y se proporcionan en forma de células hexagonales regulares formadas por corrugado de cintas de lámina u hoja y soldando las láminas corrugadas juntas donde las paredes colindantes de las cintas corrugadas adyacentes se encuentran para formar una doble pared, es decir, un nodo. La Patente estadounidense 2902589 describe una estructura en panal de una técnica anterior que tiene en general celdillas hexagonales.

La Patente estadounidense No. 3.867.061 registrada el 18 de febrero de 1975 proporciona un ejemplo típico de un anillo de refuerzo de técnica anterior para hojas de rotor para turbinas en que las paredes de las celdillas del panal están hechas de aleaciones a base de níquel resistentes al calor y las tiras del panal están soldadas con latón o soldadas con resistencia a un anillo de respaldo.

La Patente estadounidense No. 4.063.742 registrada el 20 de diciembre de 1977 describe otro modo de realización de cierre de fluidos, abrasible, de técnicas anteriores, para ser utilizado en turbinas de gas que consiste en un panal convencional hecho con un equipo convencional para panales en el que tiras semi-hexagonales de tres lados colindantes, que tiene cada una un par de lados oblicuos planos y una cresta plana de igual longitud que está colocada derecha sobre el borde ("soe"), se sueldan por resistencia, las tiras juntas, en las crestas.

Las estructuras en panal se fabrican típicamente formando capa a capa la estructura para dar lugar a un cuerpo tridimensional que tiene una altura determinada por la anchura a la que la cinta ha sido cortada antes del corrugado. La longitud de la estructura es paralela al plano de las dobles paredes o nodos y la anchura está representada por la dirección de la formación de la capa. Este cuerpo celular está soldado con latón a láminas de cara para formar una piel en "sándwich" o está soldado al latón a las placas de respaldo de un anillo o segmentos de anillo para formar un cierre, siendo la superficie de contacto del cuerpo celular una superficie "soe". Esta soldadura al latón no solo junta el cuerpo de estructura celular a la lámina de cara o la placa de respaldo sino que contribuye también significativamente a la solidez de la propia estructura celular. Esto se debe al hecho de que la aleación de soldadura al latón, en un estado líquido y debido a la acción capilar, asciende por el hueco formado por las dos paredes vecinas del nodo, con lo que moja las superficies colindantes de las citadas paredes del nodo y, después de resolidificación del metal fundente de soldadura al latón, forma una estructura celular sólida. El flujo de soldadura al latón por las paredes nodales se conoce como "efecto de mecha". Este efecto de mecha es esencial para proporcionar una estructura celular soldada al latón con un buen comportamiento mecánico a altas temperaturas para resistir cargas térmicas y mecánicas combinadas.

El método más comúnmente utilizado para proporcionar un segmento o anillo de cierre de motor de turbina consiste en colocar en sándwich una hoja de metal fundente de soldado al latón, tira o polvo de soldadura al latón entre las superficies colindantes de la estructura celular "soe" y la superficie de la placa de respaldo, y soldar al latón toda esta estructura junta. El metal de soldadura al latón líquido se moverá hasta llenar la profundidad completa de los nodos para impartir resistencia estructural mejorada. La superficie expuesta al frotamiento de la punta de la hoja del rotor o borde de cuchilla es también una superficie donde tiene lugar la más fuerte combinación de carga mecánica, desgaste y temperatura y por lo tanto requiere una integridad estructural excelente. Si se alcanza un episodio inadecuado del efecto de mecha durante la soldadura al latón, la desventaja es doble: no solamente tiene lugar a una estructura celular débil, con la consecuencia de baja estabilidad de forma, lo cual puede ser causa de fallo prematuro del cuerpo del cierre

en servicio, sino que también queda el grueso de metal fundente de la soldadura al latón en la superficie de la placa de respaldo y penetra por difusión tanto en el material de la placa de respaldo como en la estructura celular de aleación de hoja mientras está en estado líquido en una extensión mucho mayor que en el caso en que la aleación de soldadura fluyese por los nodos. Esto tiene el efecto de alterar significativamente las características químicas y mecánicas de la placa de respaldo y la aleación de metal de hoja al menos localmente en su junta.

Dado que se requieren resistencia a la oxidación y resistencia a la carburización a alta temperatura, deberán utilizarse metales en hoja o lámina que tengan una buena resistencia a la corrosión por gas caliente para la manufactura de cierres de turbinas. La resistencia de metales a la oxidación y carburización se basa en la formación de capas de óxido en la superficie que protegen al metal subyacente de posterior ataque. Las aleaciones de base de níquel y aceros inoxidables austeníticos altamente aleados utilizados en los cierres celulares que pueden limarse, convencionales, se basan en la formación de cromia (Cr_2O_3) u óxidos mixtos $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ para proporcionar esa protección. A temperaturas muy altas o atmósferas de gases de combustión que fluyen a altas velocidades (ambos casos se dan en motores de turbinas), este tipo de protección es inestable debido a posterior oxidación del Cr_2O_3 a CrO_3 volátil como describen James L. Smialek y Gerald H. Meier en "Superalloys II" de Chester T. Sims y col. (editores), John Wiley & Sons, Inc. (1987). Los mismos autores, en el mismo manual, describen que se alcanza mucha mejor protección con alúmina (Al_2O_3) que se forma sobre metales que tienen una alta concentración de aluminio y que están reforzados además por altos contenidos de cromo (Cr) y la adición de metales de tierras raras, tales como itrio (Y), zirconio (Zr), cerio (Ce), hafnio (Hf), iterbio (Yb), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), samario (Sm) o lantano (La) que conduce a las aleaciones llamadas MCrAlX donde X representa la adición de metal de tierras raras y siendo M el constituyente principal de la aleación seleccionado del grupo de Ni, Fe o Co o combinaciones de los mismos. Si se elige el itrio como la principal adición de tierras raras, entonces, las aleaciones resultantes se designan como aleaciones MCrAlY. Las aleaciones MCrAlY están descritas en la Patente estadounidense No. 5.116.690 por W.J. Brindley y col., registrada el 26 de mayo de 1992. Otras patentes tales como la Patente estadounidense No. 4.034.142 registrada el 5 de julio de 1977 para R. J. Hecht y Patente estadounidense No. 4.503.122 registrada el 5 de marzo de 1985 para A.R. Nicholls describen aleaciones MCrAlY similares con excelente autoprotección frente al ataque de gas caliente. Todas las patentes antes mencionadas describen el uso de aleaciones MCrAlY como recubrimientos de acabado y no como material estructural en la forma de hoja para proporcionar una estructura celular soldada.

Resulta difícil obtener aleaciones MCrAlY en lámina fina u hoja porque son duras y difíciles de laminar lo cual es efecto de la alta concentración de aluminio, típicamente en el intervalo de 2-6% en peso, representando el 6-7% el límite superior para retener la capacidad de trabajado. Si los materiales MCrAlY están disponibles en forma de lámina delgada u hoja, son difíciles de corrugar y conformarse en una estructura celular tal como la descrita antes. En particular estos materiales son difíciles de conformarse en cinta corrugada, si está presente una porción o todo el itrio añadido como itria (Y_2O_3) y/o parte del aluminio matriz de la aleación está presente como alúmina matriz. La insuficiente capacidad de conformado de estas aleaciones da por resultado estructuras celulares que pueden desviarse significativamente de la forma óptima ya que no se pueden conseguir por corrugaciones esquinas agudas, sino solo redondeadas con un radio de curvatura relativamente grande lo que compromete la capacidad de soldado al latón. Esto es así especialmente para metal MCrAlY en hoja o lámina que tienen calibres gruesos. Para la utilización a altas temperaturas, el espesor de hoja de la lámina u hoja de MCrAlY utilizado debe ser mayor que un cierto límite mínimo para evitar una oxidación de rotura. La oxidación de rotura u oxidación catastrófica tiene lugar cuando, debido a un crecimiento hacia adelante de la escama de alúmina protectora o debido al astillado repetido de la escama y restauración automática de la escama protectora en entornos oxidantes a alta temperatura, la concentración global de aluminio en la aleación en hoja o lámina se consume y cae por debajo de un cierto valor crítico. Este fenómeno está descrito por W. Quadackers y K. Bongartz en *Werkstoffe und Korrosion* 45 232-241 (1994). Los mismos autores proponen la utilización de concentraciones de aluminio iniciales altas en la aleación MCrAlY y el empleo de una hoja o lámina más gruesa para retrasar el comienzo de la oxidación de rotura. Ambas medidas, sin embargo, son perjudiciales para la conformabilidad y capacidad de soldado al latón del material cuando se le ha dado forma de una estructura celular y se ha sometido a soldadura al latón a un anillo de metal de lámina de respaldo segmentos de anillo de metal en lámina o miembros de respaldo de fundición.

Incluso, si se logra una forma celular con buenas características geométricas, los materiales de MCrAlY son difíciles de soldar al latón debido a que contienen una elevada cantidad de Al e Y o Y_2O_3 . Debido a la elevada afinidad de aluminio al oxígeno, hay una fuerte tendencia hacia la formación de escamas de alúmina estables y fuertemente adherentes en la superficie de metal MCrAlY, reduciéndose con ello la humectabilidad y como consecuencia el efecto de mecha de la soldadura al latón que es requerida para alcanzar la solidez estructural de la estructura celular que se va a utilizar como cierre de motor de turbina que puede limarse. Asimismo, el itrio tiene una afinidad muy fuerte para oxígeno para formar itria muy estable (Y_2O_3) que también actúa como detención del flujo de soldado al latón. Por tanto, típicamente, las aleaciones de MCrAlY, que contienen típicamente 6-30% en peso de Cr, 2-7% en peso de Al, 0,005-0,6% en peso de Y y otros elementos reactivos del grupo que consiste en Zr, Ti, Hf, La, Ce, Er, Yb, Pr, Nd, Sm, siendo el resto uno o más de los elementos pertenecientes al grupo de Fe, Ni, Co, son extremadamente difíciles de soldar al latón y es difícil por tanto su utilización en una estructura celular de un sistema de cierre que puede limarse.

H. Bode en "Metal-Supported Automotive Catalytic Converters", H. Bode (editor), *Werkstoff Informationsgesellschaft mbH*, Francfort (1997), páginas 17-31, describe estructuras celulares hechas de aleaciones de hoja de MCrAlY para su uso a alta temperatura como estructura soporte para catalizadores de automóviles. Las estructuras celulares están formadas por capas alternantes de hoja plana o microcorrugada y hoja corrugada que tiene estrías sinusoidales. La hoja corrugada sinusoidal se puede manufacturar utilizando aleaciones de Fe-Cr-Al-Y.

La solicitud PCT No. PCT/EP95/00885 (WO 95/26463) publicada el 9 de marzo de 1995 describe una estructura celular metálica hecha de aleación MCrAlY con un contenido de aluminio superior a 6% en peso para resistividad eléctrica incrementada. La estructura celular se fabrica por extrusión de polvos de metal o polvos de metal-cerámica o formando la hoja de metal por solidificación rápida debido a las dificultades de dar forma a las aleaciones de MCrAlY con un contenido en aluminio superior al 6% en peso.

Compendio de la invención

Según la presente invención se proporcionan nuevas estructuras celulares, hechas preferiblemente de hoja o lámina de metal de aleación MCrAlY, que tienen buena integridad estructural y solidez después de soldadas al latón a una estructura metálica de respaldo y muestran por tanto estabilidad dimensional a largo plazo a alta temperatura.

En su forma más amplia, esto se consigue a través de una nueva forma de celdilla alargada de una estructura celular en panel. Según la presente invención, la fórmula de la celdilla es alargada en la dirección paralela a la dirección de las crestas de doble pared o nodos y, más en particular, comprende una pluralidad de tiras semi-hexagonales colindantes teniendo cada una de ellas lados oblicuos planos alternantes interconectados por una cresta plana, las tiras colindantes unidas juntas en las crestas planas adyacentes para formar generalmente celdillas hexagonales que tienen crestas de doble pared o nodos, teniendo los lados oblicuos una longitud igual y teniendo las crestas una longitud mayor que los lados oblicuos con lo que la anchura w medida entre las crestas planas opuestas de tiras adyacentes respecto a la distancia b entre los planos de los lados oblicuos opuestos tiene una relación $b:w$ de más de 1,15:1,0. Preferiblemente, la relación de $b:w$ es de 1,2 a 2,0:1,0, y más preferiblemente, la relación de $b:w$ es 1,3 a 1,6:1,0.

En otro modo de realización preferido de la invención, las tiras alargadas semi-hexagonales son un metal en hoja o una aleación metálica en lámina de MCrAlY que comprende 13 a 27% en peso de Cr, 2 a 7% en peso de Al 0,005 a 0,6% en peso de Y, al menos uno de hasta 0,6% en peso de Zr, hasta 0,6% en peso de Hf, hasta 0,6% en peso de Ce, hasta 6% en peso de La, hasta 6% en peso de Si, hasta 0,6% en peso de Mn, hasta 0,6% en peso de Ti y hasta 0,3% en peso de C y el resto, aparte de las impurezas, Fe o Ni o combinaciones de ellos. Más preferiblemente, el contenido de hierro es de al menos 6% en peso de Fe, el resto Fe o Ni o combinaciones de ellos.

La nueva estructura en panel de la invención se puede utilizar como un cierre, que puede limarse, en una turbina de gas tal como un motor de reacción o turbina de gas estacionaria que comprende una placa de respaldo de metal con la estructura en panel unida derecha sobre el borde a la placa de metal de respaldo, consistiendo la estructura de panel en hoja de metal o metal en lámina del MCrSiY. El miembro de respaldo de metal es, preferiblemente, una aleación de base níquel en la forma de un anillo de metal de lámina de respaldo, segmentos de anillo de metal de lámina o miembros de respaldo de fundición y la hoja de metal o metal de lámina utilizado para la manufactura de la estructura celular tiene un espesor de 0,100 mm a 400 mm.

Breve descripción de los dibujos

El cierre de gas, que puede limarse, de la invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en plano de estructura celular en panel de técnicas anteriores.

La Figura 2 es una vista en plano de la nueva estructura celular en panel de la invención

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una estructura celular en panel de la invención; y

La Figura 4 es una vista en perspectiva de la estructura en panel de la invención ilustrada en las Figuras 2 y 3 preparatoria para la unión por soldadura al latón a una placa de respaldo.

Descripción de los modos de realización preferidos

Con referencia a los dibujos, la Figura 1 ilustra una estructura celular en panel de técnicas anteriores, 10, fabricada a partir de una pluralidad de tiras, 12, de hoja de metal o metal en lámina, corrugada, que tiene una forma semi-hexagonal de tres lados que consiste en un par de lados oblicuos planos, 14, 16, que tienen una longitud k , interconectados por crestas planas intermediarias adyacentes, 18, 19, que tienen una longitud m , todas de igual longitud, siendo $m = k$. Las tiras adyacentes 12, 12a, 17b se juntan entre sí en sus crestas colindantes, 18, 19, tal como por soldadura con resistencia o por soldadura por puntos de láser, para formar un cuerpo tridimensional, 10, que tiene una altura determinada por la anchura a a la que las tiras han sido cortada desde una lámina, que no se muestra.

La estructura celular en panel, 10, tiene un eje largo paralelo a la dirección señalada con L , perpendicular a la anchura de la celdilla w . La distancia b entre los planos de lados oblicuos opuestos, 14, 14 y 16, 16 de tiras adyacentes 12, 2a, 12b es igual a la distancia w , es decir, $b:w = 1$.

Volviendo ahora a la Figura 2, la estructura celular en panel, 30, de la presente invención fabricada a partir de una pluralidad de tiras corrugadas, 32, de hoja de metal o metal en lámina, teniendo cada una de ellas una forma en tres lados que consiste en un par de lados oblicuos planos, 34, 36, que tienen una longitud igual k interconectados por

crestas planas intermediarias adyacentes 38, 39 que tienen una longitud m , donde m es mayor que k , por lo que la anchura de la celdilla w , cuando se mide entre crestas planas opuestas, 18,19, de tiras adyacentes es más corta que la distancia b entre los planos de lados oblicuos opuestos 34, 34 y 36,36, siendo la relación $b:w$ al menos 1,15:1,0, preferiblemente 1,2 a 2,0:1,0 y más preferiblemente 1,3 a 1,6:1,0. Alternativamente, con referencia a la longitud de celdilla y , como se ve en las Figuras 1 y 2, respecto a la anchura de celdilla w , la relación y/w debe ser, al menos 2,30:1,0. La relación de $y:w$ en la Figura 1 es 1,155:1,0.

Se ha encontrado, sorprendentemente, que la estructura celular en panel que tiene una relación de $b:w$ superior a 1,15:1,0, preferiblemente 1,2:1,0 a 2,0:1,0, y, más preferiblemente 1,3:1,0 a 1,6:1,0, proporciona consistentemente un buen efecto de mecha de la soldadura de latón de hasta 100% para estructuras celulares en panel hechas de MCrAlY de la invención. Las tiras adyacentes 32,32 a, 37b, se unen juntas en sus crestas colindantes 38, 39 tal como por soldadura con resistencia o por soldadura por puntos de láser, 40, para formar un cuerpo tridimensional 30 mostrado en las Figuras 3 y 4 que tiene una altura H determinada por la anchura de las tiras, una longitud L y una anchura B . La estructura en panel, 30, derecha sobre el borde con la superficie 42 colindante con la superficie 44 de la placa de respaldo 46 de un refuerzo de anillo (no mostrado) está soldada al latón a una placa de respaldo 46 de un refuerzo de anillo para formar una estructura de cierre para su utilización como cierre de turbina abrasible. La placa de respaldo 46 puede ser un anillo de metal de lámina de respaldo, segmentos de un anillo de metal de lámina o miembros de respaldo de fundición de una aleación de base de níquel que forma parte del refuerzo de anillo de la turbina de gas de un motor de reacción o una turbina de gas estacionaria.

La hoja de metal preferida o aleación de lámina de la invención consiste en 6 a 30% en peso de Cr, 2 a 7% en peso de Al, 0,005 a 0,6% en peso de Y, al menos uno de los elementos seleccionados del grupo que consiste en Zr, Hf, Ce, La, Si, Mn, Ti en una cantidad de hasta 0,6% en peso y C en la cantidad de hasta 0,3% en peso, al menos 6% en peso de Fe y el resto, aparte de las impurezas, es Fe o Ni o combinaciones de ellos.

La estructura celular en panel, 30, se une a la placa de respaldo, 46, por soldadura por resistencia o soldadura por puntos con láser. Se aplica entonces un metal fundente de latón en forma de polvos por relleno de las celdillas alineadas verticalmente con el polvo de latón y la estructura se calienta por encima del punto de fusión del polvo de la soldadura al latón, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 1190°C a 1215°C, en un horno de vacío convencional durante el tiempo suficiente tal como aproximadamente 2 a 8 minutos para fundir y mojar las paredes nodales de la estructura celular en panel y para elevarse por las dobles paredes nodales por acción capilar para unir eficazmente la estructura a la placa de respaldo y para la solidez de la estructura celular en panel. Las aleaciones de metal fundente de latón de base cobalto adecuadas para la estructura en panel de MCrAlY pueden consistir en un 19% en peso de Cr, 17% en peso de Ni, 8% en peso de Si, 4% en peso de W, 0,8% en peso de B, 0,4% en peso de C y el resto Co, ó 21% en peso de Cr, 4,5% en peso de W, 2,4% en peso de B, 1,6% en peso de Si, 0,1% en peso de C y el resto Co.

El cierre de turbina, que puede limarse, de la invención se describirá a continuación con referencia a los siguientes ejemplos no-limitativos.

Ejemplo 1

Se proporcionó una aleación convencional, no de MCrAlY, que tenía la composición química nominal de 22% en peso de Cr, 18% en peso de Fe, 9% en peso de Mo, 1,5% en peso de Co, 0,6% en peso de W, el resto de Ni, en forma de una hoja de 125 μm de grosor (0,125 mm, 0,005") para formar la estructura celular ilustrada en la Figura 1 que tiene una longitud L de 55 mm, una anchura B de 35 mm y una altura nodal H de 8 mm, por corrugado y soldado por puntos con láser de la hoja para obtener una forma de celdillas en panel con un tamaño de celdilla nodal, medida como distancia interna mínima entre las paredes de las celdillas que forman las paredes nodales, de $w = 1,59$ mm y un tamaño de celdilla b , medido como distancia interna mínima entre paredes de celdillas opuestas de espesor de hoja simple de 1,59 mm. Por lo tanto, la relación de $b:w$ es 1. Pequeñas desviaciones, normalmente de menos de un 10%, de este valor están permitidas dentro de las tolerancias de manufactura. La estructura, que tiene la configuración celular descrita, se soldó al latón a una placa metálica de respaldo como se tipifica en la Figura 4 utilizando un metal fundente de soldado al latón en forma de polvo que tiene la composición química de 19% en peso de Cr, 10,2% en peso de Si, 0,03% en peso de C, el resto Ni. El polvo de aleación de soldadura al latón se aplicó llenando con un total de 8,7 g las celdillas después de haber soldado por resistencia el cuerpo celular a la placa de respaldo con la dimensión de altura nodal H colocada derecha sobre el borde a 90° a la placa de respaldo. Esta estructura se calentó a 1193°C y se mantuvo a esa temperatura durante 6 minutos en un horno de vacío convencional que hacía fundir el metal fundente de soldadura a latón y mojar las paredes nodales de la estructura celular y unir la estructura celular a la placa de respaldo. Después de la soldadura al latón, se determinó el resultado del efecto de mecha de la soldadura al latón por comprobación del porcentaje de nodos que mostraban un mojado completo con el fundente de soldadura al latón sobre la altura nodal total de 8 mm, es decir, el porcentaje de nodos que muestran metal fundente de la soldadura al latón en la superficie 49 (Figura 4). Este resultado se vio que era del 100% con un total de 114 nodos investigados.

Ejemplo 2

Se formaron dos estructuras celulares que tenían las mismas dimensiones exteriores y los tamaños de celdilla que se han descrito en el Ejemplo 1 empleando una hoja de aleación de MCrAlY que tenía un espesor de 110 μm (0,110 mm, 0,004") con una composición de aleación de 20,2% en peso de Cr, 5,8% en peso de Al, 0,05% en peso de Y,

ES 2 269 516 T3

0,04% en peso de Zr, 0,04% en peso de Hf, el resto Fe. Las dos estructuras se soldaron por resistencia al mismo material de placa de respaldo utilizado en el Ejemplo 1 y se rellenaron las celdillas con el mismo tipo y cantidad de metal fundente de soldadura al latón que se ha utilizados en el Ejemplo 1. Se soldaron al latón las estructuras en el mismo horno empleado en la estructura del Ejemplo 1. Los resultados del efecto en mecha en la soldadura al latón se comprobaron como se ha descrito en el Ejemplo 1, con un resultado de 54 y 71% respectivamente. Se examinaron un total de 114 y 95 nodos, respectivamente.

La comparación de los resultados de los ejemplos 1 y 2 sugiere que se alcanza un resultado del efecto de mecha de la soldadura al latón mucho mejor con aleaciones a base de Ni convencionales que con aleaciones MCrAlY cuando se utiliza una forma de celdillas en panal convencional.

Ejemplo 3

Se proporcionó una aleación MCrAlY que tenía la composición química nominal de 19% en peso de Cr, 5,5% en peso de Al, 0,5% en peso de Ti, 0,21% en peso de Y, y el resto Fe, en la forma de una hoja que tenía un espesor de 0,125 mm (0,125 mm, 0,005"). Este material de hoja se corrugó y soldó para proporcionar un cuerpo de estructura celular con unas dimensiones externas como las dadas en el Ejemplo 1, es decir, una longitud L de 55 mm, una anchura B de 35 mm y una altura nodal H de 8 mm. El tamaño de celdilla de la estructura celular de este cuerpo era $w = 2,5$ mm y $b = 2,5$ mm al determinarlo como se ha descrito en el Ejemplo 1. La estructura celular se soldó por resistencia a un material de respaldo como el utilizado en los Ejemplos 1 y 2 con la dimensión de altura nodal H derecha sobre el borde que está a 90° a la placa de respaldo. El polvo de metal fundente de la soldadura al latón que tenía la composición química nominal de 19% en peso de Cr, 17% en peso de Ni, 8% en peso de Si, 4% en peso de W, 0,8% en peso de B, 0,4% en peso de C y el resto Co se introdujo en las celdillas de la estructura celular. Se utilizó la misma cantidad de metal fundente de soldadura al latón que en el Ejemplo 1. Se calentó la estructura a una temperatura de 1204°C y se mantuvo a esa temperatura durante 6 minutos. Este tratamiento hacía fundirse al metal fundente de la soldadura al latón y subir capilarmente por las paredes nodales. El resultado del efecto de mecha de la soldadura al latón, que se comprueba como se ha señalado en el Ejemplo 1, era solamente de un 8% con un total de 168 nodos examinados.

Ejemplo 4

El material de hoja de aleación MCrAlY, como se ha descrito en el Ejemplo 2, se empleó en la elaboración de un cuerpo celular que tenía unas dimensiones de $L = 55$ mm, $B = 35$ mm y $H = 8$ mm, como se ha descrito antes. La estructura celular tenía las dimensiones de celdilla dadas en el Ejemplo 3 medidas como en el Ejemplo 1. El posterior elaborado de esta estructura celular que incluía soldadura por resistencia y llenado con el polvo y el tipo y cantidad del polvo de metal fundente de la soldadura al latón eran exactamente los mismos que los utilizados en el Ejemplo 3. La estructura se soldó al latón en el mismo horno empleado para la estructura descrita en el Ejemplo 3. El resultado del efecto de mecha después de la soldadura al latón, determinado por el procedimiento descrito en el Ejemplo 1, era del 84%. Se examinó un total de 114 nodos.

Ejemplo 5

El material de hoja de aleación MCrAlY de la composición descrita en los Ejemplos 2 y 4 se elaboró para obtener un cuerpo de estructura celular que tenía unas dimensiones exteriores como las anteriores, $L = 55$ mm, $B = 35$ mm y $H = 8$ mm. La estructura celular, sin embargo, tenía la forma de celdillas en panal de seis lados especial de acuerdo con la presente invención. La anchura de celdilla, medida como distancia interna mínima w entre paredes de celdillas que forman las crestas de doble pared o nodos era de 1,59 mm y la dimensión b de la celdilla, medida como distancia mínima entre las paredes de celdillas de espesor de hoja simple, era 2,41 mm, lo que da una relación de $b:w = 1,52$ o una relación de $y/w = 2,31$. Esta estructura en panal se soldó por resistencia al mismo material de placa de respaldo que el utilizado en los Ejemplos 1 a 4 estando la altura nodal H a 90° respecto a la placa de respaldo. El metal fundente de aleación de soldadura al latón, como el utilizado en los Ejemplos 3 y 4 se introdujo llenando las celdillas. Esta estructura se soldó al latón en el mismo horno que las estructuras descritas en los Ejemplos 3 y 4. El resultado del efecto de mecha de la soldadura al latón, determinado de la misma manera que en el Ejemplo 1, era del 95%. Se examinó un total de 114 nodos.

Ejemplo 6

Se proporcionó el material de hoja de aleación MCrAlY que tenía la composición descrita en los Ejemplos 2, 4 y 5 para una forma de cuerpo de estructura celular que tenía las dimensiones externas de antes pero con la forma de celdilla descrita en el Ejemplo 5, es decir, teniendo una relación de $b:w$ de 1,52. La posterior elaboración y materiales adicionales utilizados para proporcionar una estructura para soldadura al latón como la de antes fueron los mismos descritos en el Ejemplo 5, excepto en que la cantidad de metal fundente de soldadura al latón era de 9,8 g. Esta estructura se calentó a una temperatura de 1190°C y se mantuvo a esa temperatura durante 4 minutos. El resultado del efecto de mecha de la soldadura al latón, determinado de la misma manera que en el Ejemplo 1, era del 100%. Se examinó un total de 220 nodos.

ES 2 269 516 T3

Ejemplo 7

Se proporcionó el material de hoja de aleación MCrAlY que tenía la composición descrita en el Ejemplo 3 como un cuerpo de estructura celular que tenía una altura nodal H de 7,5 mm de y una forma de celdillas en panal según la presente invención con la dimensión de celdilla w, medida como distancia interna mínima entre las paredes de celdillas que forman las crestas de doble pared o nodos de la celdilla, que es 1,45 mm y la dimensión b, medida como distancia interna mínima entre las paredes de las celdillas de espesor de pared simple, que es 2,08 mm, lo que da una relación de b:w de 1,43. Este cuerpo de estructura celular se colocó derecho sobre el borde en una placa de respaldo de metal que tenía una composición química nominal del 10% en peso de Co, 6,6% en peso de Cr, 6,5% en peso de Ta, 6,4% en peso de W, 5,5% en peso de Al, 3,0% en peso de Re, 1,0% en peso de Ti, 0,6% en peso de Mo, 0,009% en peso de Hf, siendo el resto Ni y se proporcionó en forma monocristalina de fundición. La estructura celular se colocó sobre el metal de respaldo poniendo un peso en la parte de encima de la estructura celular que, como antes, tenía la dirección de la altura nodal H a 90° respecto a la placa de respaldo. El polvo de aleación de soldadura al latón que tiene la composición química nominal de 21% en peso de Cr, 4,5% en peso de W, 2,4% en peso de B, 1,6% en peso de Si, 0,1% en peso de C, el resto Co, se introdujo en las celdillas. Esta estructura se calentó a una temperatura de 1210°C y se mantuvo a esa temperatura durante 2 minutos en un horno de vacío convencional. Esto hizo fundir el metal fundente de la soldadura al latón y elevarse por las paredes dobles o nodales. El resultado del efecto mecha de la soldadura al latón, determinado como se ha descrito en el Ejemplo 1, era de 96%.

La Tabla 1 dada a continuación recoge los resultados del ensayo del efecto capilar de mecha de la soldadura al latón para comparación directa de las muestras de ensayo que tienen en común el mismo material de hoja de MCrAlY, la misma aleación de soldadura al latón y el mismo material de placa de respaldo.

TABLA 1

Ejemplo, No.	Forma de la celdilla	Resultado del efecto De mecha de soldadura Al latón
4	b:w = 1; y:w = 1,16 de técnicas anteriores	84%
5	b:w = 1,52; y:w = 2,31 de la presente invención	95%
6	b:w = 1,52; y:w = 2,31 de la presente invención	100%

Se midió la relación m:k resultando ser 0,98 a 1,03 para la estructura de la técnica anterior según el Ejemplo 4 y la relación m:k se comprobó que era 1,30 a 1,36 para las nuevas estructuras celulares según los Ejemplos 5 y 6.

La Tabla 2 dada a continuación recoge los resultados del efecto de mecha de la soldadura al latón alcanzados utilizando el mismo material de hoja de MCrAlY y empleando similares metales fundentes de soldadura al latón a base de Co en diferentes formas de celdilla.

TABLA 2

Ejemplo, No.	Forma de la celdilla	Resultado del efecto De mecha de soldadura Al latón
3	b:w = 1; y:w = 1,18 de técnica anterior	8%
7	b:w = 1,43; y = 2,40 de la presente invención	96%

La Tabla 3 proporciona una panorámica de todos los ensayos de soldadura al latón llevados a cabo con la misma aleación MCrAlY para comparación directa de diferentes aleaciones de fundente de soldadura al latón en formas de celdillas de técnicas anteriores y las celdillas de la presente invención.

TABLA 3

Ej., No	Forma de celdilla	Aleación de soldadura al latón	Ciclo de soldadura al latón	Resultado del efecto capilar en mecha de la soldadura al latón
2 a	técnica anterior	Ni-Cr-Si-C	1193°C/6 min.	54%
2b	técnica anterior	Ni-Cr-Si-C	1193°C/6 min.	71%
3	técnica anterior	Co-Cr-Ni-Si-W-B-C	1204°C/4 min.	8%
4	técnica anterior	Co-Cr-Ni-Si-W-B-C	1204°C/4 min.	84%
5	presente invención	Co-Cr-Ni-Si-W-B-C	1204°C/4 min.	95%
6	presente invención	Co-Cr-Ni-Si-W-B-C	1190°C/4 min.	100%
7	presente invención	Co-Cr-W-B-Si-C	1210°C/2 min.	96%

Las tablas y ejemplos anteriores demuestran que se alcanza un buen efecto de mecha de la soldadura al latón, es decir, de más del 95%, cuando se determina como se describe en el Ejemplo 1, con un buen reforzamiento y por consiguiente buena estabilidad dimensional a largo plazo de las estructuras celulares, con la forma de celdillas en panal según la presente invención. Esto es particularmente evidente al comparar los resultados del Ejemplo 3 con los del Ejemplo 7 y los resultados de los Ejemplos 2 y 4 con los de los Ejemplos 5 y 6. El efecto de mecha de la soldadura al latón se alcanza con las aleaciones de base Ni convencionales cuando se emplean formas de celdillas de técnicas anteriores. Sin embargo, con materiales de hoja de MCrAlY, el efecto de mecha en la soldadura al latón alcanza resultados de solo 8 al 84% cuando se emplea esta forma de celdilla standard.

Todas las estructuras celulares de los Ejemplos 5, 6 y 7 mostraron excelente estabilidad de forma y resistencia a la oxidación cuando se ensayaron al aire a temperaturas superiores a 850°C, y se observó buena resistencia frente al ataque de carburización cuando se expusieron a gases de quemadores de alta velocidad también a temperaturas superiores a 850°C.

Al material de lámina u hoja de MCrAlY de calibres gruesos se le puede ventajosamente dar forma de estructura celular en panal según la presente invención como se discute en los Ejemplos 8 y 9 dados a continuación con referencia a la Figura 4.

Ejemplo 8

Se proporcionó una aleación MCrAlY que tenía la composición química nominal de 16% en peso de Cr, 4,5% en peso de Al, 3% en peso de Fe, 0,1% máximo en peso de Zr, 0,01% en peso de Y, 0,7% en peso máximo de Mn+Si, 0,05% en peso de C, siendo Ni el resto, aparte de las impurezas intersticiales, en la forma de hoja gruesa que tiene un espesor de $s = 0,254$ mm (0,010"). Este material de hoja gruesa se corrugó y soldó para proporcionar una estructura celular con dimensiones externas de $L = 100$ mm, $B = 38$ mm y $H = 10$ mm. Las características de tamaño de celdilla de esta estructura celular eran $w = 1,48$ mm, $b = 2,44$ mm, de aquí que $b/w = 1,67$, $y = 3,66$ mm, $m = 1,46$ mm y $k = 1,07$ mm y de aquí $m:k = 1,36$. La estructura celular mostrada en la Figura 4 podría manufacturarse fácilmente en esta forma celular especial. Todos los intentos para proporcionar una estructura celular según el diseño de la técnica anterior, es decir, teniendo una relación de $b:w =$ aproximadamente 1, con valores de $b = w = 1,0$ a 2,0 mm, fallaron.

Ejemplo 9

Se proporcionó una aleación de hoja convencional, no de MCrAlY, que tenía la composición química de 25% en peso de Cr, 10% en peso de Mo, 0,005% en peso de C y 0,03% en peso de Ce en la forma de una hoja gruesa que tenía un calibre de 0,254 mm (0,010"). Este material de hoja se corrugó y soldó para proporcionar un cuerpo de estructura celular con dimensiones exteriores como las del Ejemplo 8. Las características de forma de células eran similares a las del Ejemplo 8, en particular la relación b:w era superior a 1,15 y la relación m:k era superior a 1. Se fabricó esta estructura celular. De nuevo fallaron todos los intentos de fabricar cuerpos estructurales de forma celular hexagonal convencional a partir del material de hoja antes mencionado cuando las dimensiones celulares eran $w = b = 1,0$ a $2,0$ mm..

Habría de entenderse, naturalmente, que se pueden hacer modificaciones en los modos de realización de la presente invención ilustrada y descrita aquí, sin separarse del alcance de la invención tal como queda definida por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura en panal (30) que comprende una pluralidad de tiras de metal corrugadas semi-hexagonales colindantes (32) soldadas al latón a una placa de respaldo metálica (46) teniendo cada tira metálica corrugada lados oblicuos planos alternantes (34,36) interconectados por una cresta plana (38,39), las tiras colindantes unidas juntas en las crestas planas adyacentes (38,39) por soldadura para formar generalmente celdillas hexagonales, teniendo los lados oblicuos (34,36) una longitud igual y teniendo las crestas (38,39) una longitud mayor que los lados oblicuos (34,36) **caracterizada** porque la anchura de celdilla w , medida entre crestas planas opuestas (38,39) de tiras adyacentes (32, 32 a, 32b) respecto a la distancia b entre los planos de los lados oblicuos opuestos (34,36) tiene una relación de $b:w$ superior a 1,15:1,0 y donde las tiras corrugadas semi-hexagonales son de una aleación metálica en hoja o metálica en lámina que consiste en 6 a 30% en peso de Cr, 2 a 7% en peso de Al, 0,005 a 0,6% en peso de Y, hasta 0,6% en peso de al menos uno de los elementos seleccionados del grupo que consiste en Zr, Hf, Ce, La, Si, Mn y Ti, 0 a 0,3% en peso de C, al menos 6% en peso de Fe, y siendo el resto, aparte de las impurezas, Fe o Ni o combinaciones de los mismos.
2. Una estructura en panal, según la reivindicación 1, donde la relación de $b:w$ es 1,2 a 2,0:1,0.
3. Una estructura en panal según la reivindicación 1, donde la relación de $b:w$ es 1,3 a 1,6:1,0.
4. Un cierre abrasible para utilizarlo en una turbina de gas que comprende una placa metálica de respaldo (46) y una estructura en panal (30) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes unida derecha sobre el borde a la placa de respaldo (46) que comprende una hoja de metal o metal en lámina donde la hoja de metal o el metal en lámina consiste en 6 a 30% en peso de Cr, 2 a 7% en peso de Al, 0,005 a 0,6% en peso de Y, hasta 0,6% en peso de al menos uno de los elementos seleccionados del grupo que consiste en Zr, Hf, Ce, La, Si, Mn y Ti, 0 a 0,3% en peso de C, al menos 6% en peso de Fe, y siendo el resto, aparte de impurezas, Fe o Ni o combinaciones de los mismos.
5. Un cierre abrasible según la reivindicación 4, donde la placa de respaldo metálica (46) es una aleación a base de níquel en la forma de un anillo de respaldo de lámina metálica, segmentos de anillo de metal de lámina o un miembro de respaldo de fundición y la hoja metálica o metal de lámina utilizado para la manufactura del panal tiene un espesor de 0,100 mm a 0,400 mm.
6. Un cierre, que se puede limar, según la reivindicación 5 donde la estructura en panal (30) comprende una pluralidad de tiras de hoja metálica o metal en lámina corrugadas semi-hexagonales colindantes que tienen lados oblicuos planos alternantes (34,36) interconectados por una cresta plana (38,39), unidas juntas las tiras colindantes en crestas planas adyacentes (38,39) por soldadura para formar generalmente celdillas hexagonales, teniendo los lados oblicuos (34,36) una longitud igual y teniendo las crestas (38,39) una longitud mayor que los lados oblicuos (34,36) con lo que la anchura de la celdilla w , medida entre crestas planas opuestas (38,39) de tiras adyacentes (32, 32 a, 32 b) respecto a la distancia b entre los planos de lados oblicuos opuestos (34,36) tiene una relación de $b:w$ de más de 1,15:1,
7. Un cierre, que se puede limar, según la reivindicación 6, donde la relación de $b:w$ es 1,2 a 2,0:1,0.
8. Un cierre que se puede limar, según la reivindicación 6, donde la relación de $b:w$ es de 1,3 a 1,6:1,0.
9. Un cierre, que se puede limar, según la reivindicación 6, en que la estructura en panal (30) está unida a la placa de respaldo metálica (46) por soldadura al latón.
10. Un método de formación de un cierre, que se puede limar, para su utilización en una turbina que comprende la formación de una pluralidad de tiras corrugadas de aleación de metal en hoja o metal de lámina **caracterizado** porque la hoja de metal o el metal de lámina consiste en 6 a 30% en peso de Cr, 2 a 7% en peso de Al, 0,005 a 0,6% en peso de Y, hasta 0,6% en peso de al menos uno de los elementos seleccionados del grupo que consiste en Zr, Hf, Ce, La, Si, Mn y Ti, 0 a 0,3% en peso de C, al menos 6% en peso de Fe, y siendo el resto, aparte de impurezas, Fe o Ni o combinaciones de los mismos, teniendo cada una de las citadas tiras lados oblicuos planos alternantes (34,36) interconectados por una cresta plana (38,39), estando juntas las tiras colindantes en crestas planas adyacentes (38,39), soldando las tiras juntas en las crestas planas adyacentes (38,39) para formar generalmente células hexagonales, teniendo los lados oblicuos (34,36) una longitud igual y teniendo las crestas (38,39) una longitud mayor que los lados oblicuos (34,36) con lo que la anchura de la celdilla w , medida entre crestas planas opuestas (38,39) de tiras adyacentes (32, 32 a, 32 b) respecto a la distancia b entre los planos de lados oblicuos opuestos (34,36) tiene una relación de $b:w$ de más de 1,15:1 y soldadura al latón de la estructura hexagonal (30) derecha sobre el borde a una placa de respaldo basada en níquel (46).
11. Un método según la reivindicación 10, donde la relación de $b:w$ es 1,2 a 2,0:1,0.
12. Un método según la reivindicación 10, donde la relación de $b:w$ es 1,3 a 1,6:1,0.

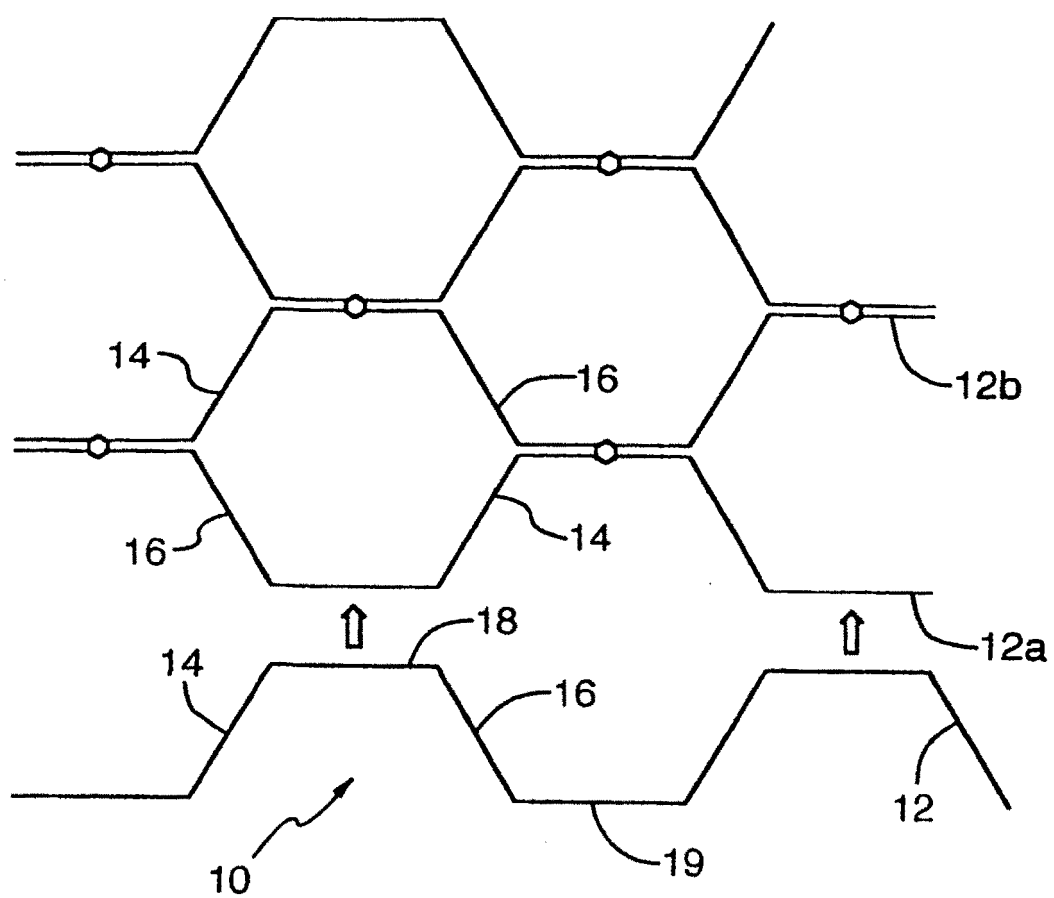


FIG.1

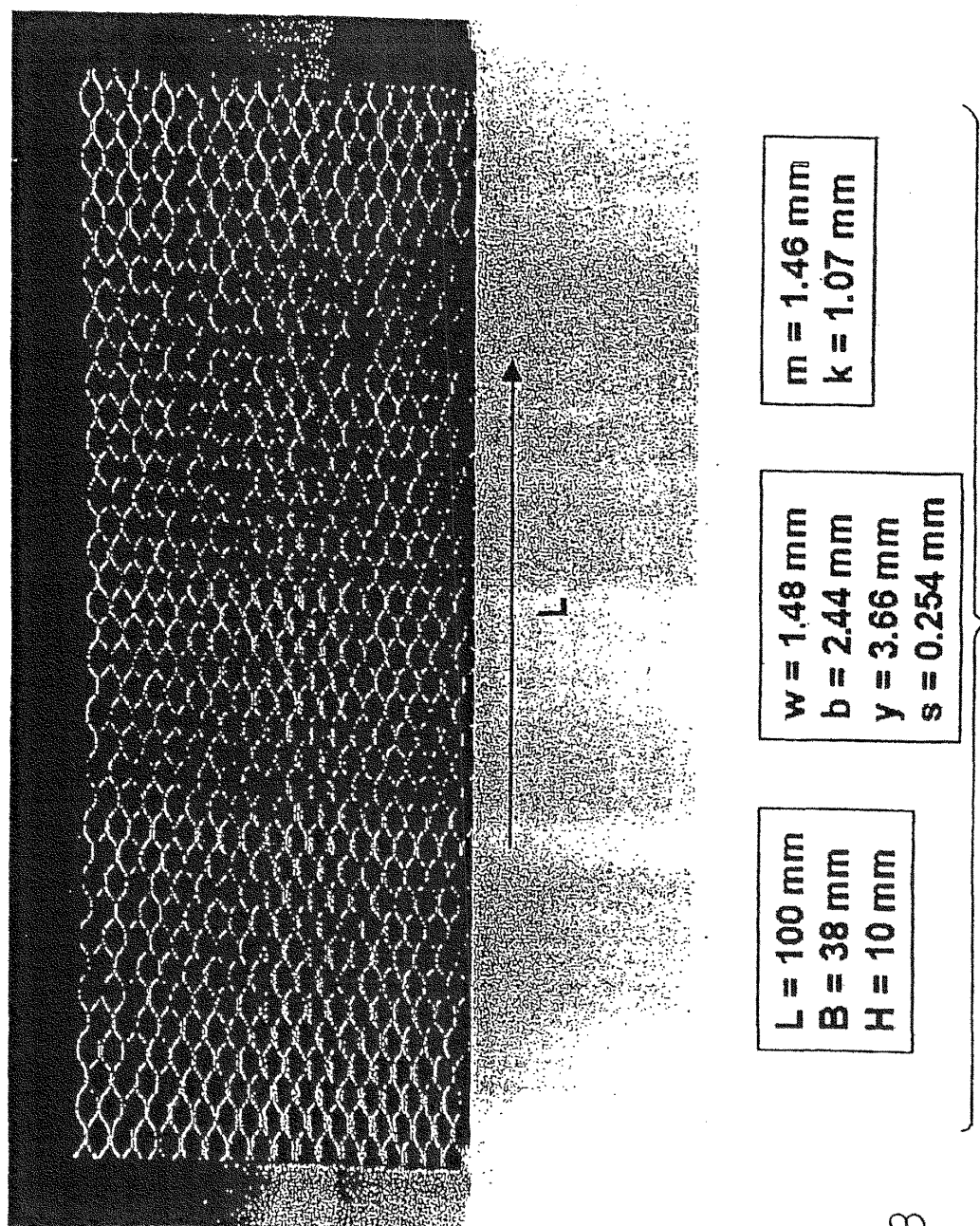


FIG.3

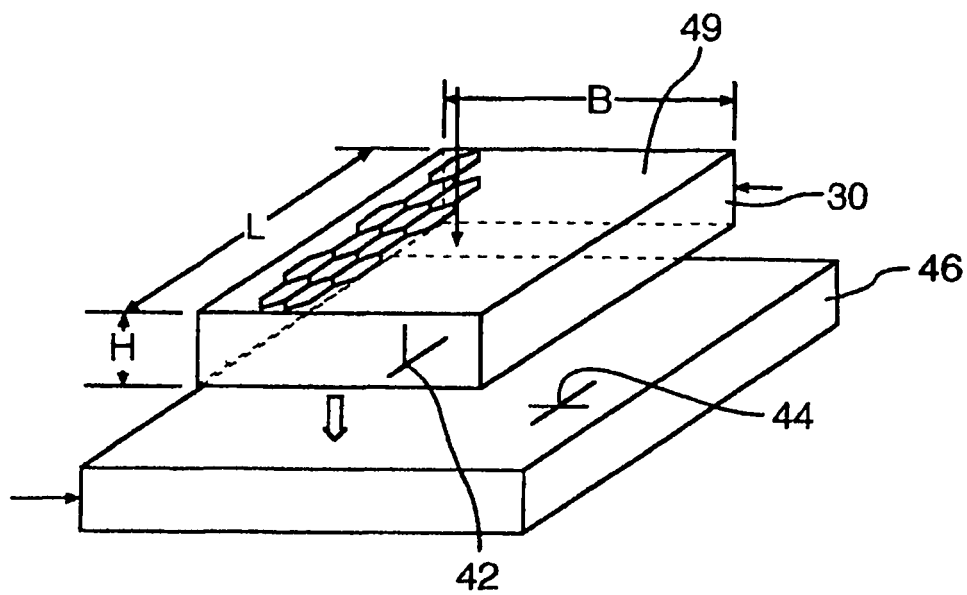


FIG.4