

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 908**

51 Int. Cl.:

B05D 5/00 (2006.01)

B05D 1/42 (2006.01)

F01D 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2006 E 12172486 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 2502679**

54 Título: **Método para proteger y reparar una superficie de perfil de ala**

30 Prioridad:

14.12.2005 US 750536 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

22.02.2018

73 Titular/es:

**HONTEK CORPORATION (100.0%)
161 South Satellite Road
South Windsor, Connecticut 06074, US**

72 Inventor/es:

HONG, SHEK

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 655 908 T3

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

Método para proteger y reparar una superficie de perfil de ala

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere a la reparación y retirada de daño por erosión o impacto para recubrimientos elastoméricos sobre un sustrato curvo, concretamente el borde de ataque de un perfil de ala que puede adoptar la forma de un ala, una pala de rotor, una pala de turbina, una pala de hélice, una pala de ventilador, un radomo o antena de aeronave que tienen superficies de ataque arqueadas similares.

Antecedentes de la invención

Se usan composiciones poliméricas elastoméricas para proteger estructuras con superficies orientadas hacia delante, tales como alas, palas de rotor, palas de hélice, palas de ventilador, palas de turbina, radomo de aeronave, y antenas de aeronave. Estas estructuras pueden resultar gravemente dañadas cuando se usan en entornos de funcionamiento deseados. El término "daño por erosión" es un término amplio que engloba el daño producido por erosión por lluvia, erosión por arena y polvo, así como daños por impacto producidos por piedras, grava u objetos extraños encontrados normalmente en condiciones de vuelo. Los recubrimientos elastoméricos resistentes a la erosión se suministran en forma de cintas, láminas, fundas moldeadas y recubrimientos que pueden pulverizarse. Los recubrimientos de poliuretano elastoméricos disponibles actualmente usados en aplicación de protección frente a la erosión son altamente resistentes a la erosión por arena, demostrando una resistencia a la erosión por arena mayor que el metal. Sin embargo, los recubrimientos de poliuretano elastoméricos tienen una resistencia a la erosión por lluvia menor que el metal, mostrando habitualmente daño por erosión por lluvia en forma de picaduras, grietas, depresiones y orificios profundos. El tamaño, la conformación y la ubicación de los sitios de daño varían dependiendo de la naturaleza del daño. El tamaño y la conformación pueden variar desde líneas de grieta tan finas como un cabello, picaduras de aproximadamente 1 mini-metro o más pequeño de diámetro, depresiones de aproximadamente 2 a 3 mini-metros de diámetro, u orificios de conformación irregular más anchos de 1 centímetro. Los sitios de daño pueden existir aislados y distribuidos aleatoriamente, o continuos a través de las superficies orientadas hacia delante.

Cuando se producen estos daños por erosión, es extremadamente difícil realizar reparaciones en los elastómeros de poliuretano erosionados por lluvia. La alta resistencia a la erosión por arena hace extremadamente difícil retirar los recubrimientos mediante lijado a mano. Para los helicópteros, la retirada de los tipos actuales de recubrimiento de protección frente a la erosión mediante medios mecánicos o químicos requiere la retirada de las palas de rotor de la aeronave y normalmente la retirada mediante lijado a máquina u otras técnicas. La aplicación de nuevo de la cinta, la funda moldeada y los recubrimientos que pueden pulverizarse en campo es muy laboriosa y costosa. Otro método para retirar el recubrimiento dañado usa separadores químicos. Este método también requiere la retirada de las palas de rotor de la aeronave, ya que la intemperie secará el separador químico muy rápidamente. Otro problema es que la separación química introduce productos químicos peligrosos en la operación. Además, los recubrimientos resistentes a la erosión típicos se usan con un grosor igual o mayor de 0,355 mm (0,014"). Habitualmente se tarda toda la noche en empapar para ablandar los recubrimientos de modo que puedan retirarse. También existen los problemas de que la solución del separador puede abombar y dañar la estructura de material compuesto bajo los recubrimientos resistentes a la erosión. Por estos motivos, no resulta práctico realizar reparaciones de campo con un separador químico.

Los posibles métodos que podrían usarse para reparar el daño por erosión implican aplicación con brocha sobre el material de reparación y pulverización sobre los materiales de reparación. Ninguno de estos métodos es completamente satisfactorio para llenar las grietas, orificios de diversos tamaños y conformaciones sobre una superficie curva, mientras que todavía se mantiene una superficie lisa, aerodinámica al final de las operaciones de reparación. Las capas extra simplemente siguen los contornos irregulares de las superficies dañadas que interfieren con la aerodinámica del perfil de ala. Ninguno de los métodos empleados hasta la fecha ha proporcionado satisfactoriamente un método para reparar en campo una pala de rotor que tiene daño por erosión.

El documento US 5 611 102 A da a conocer un método y un aplicador útil en la aplicación de pasta de panel de yeso y materiales viscosos similares a superficies curvas. El aplicador incluye una placa metálica flexible y plana que comprende dos asideros alargados unidos a la placa. El usuario le da a la placa la conformación apropiada agarrando los asideros y haciendo rotar los asideros en sentido opuesto uno del otro si se aplica a una superficie convexa y haciendo rotar los asideros uno hacia el otro si se aplica a una superficie cóncava. El hecho de ejercer presión a través de los asideros y la aplicación a una superficie cóncava requieren ambos una rigidez considerable de la placa.

En la técnica anterior se conocen diversos tipos de aparatos flexibles y sus usos, por ejemplo de los documentos US 952 972 A, US 3 123 947 A, US 3 341 878 A, US 4 097 951, US 4 631 019 A y US 6 003 192 A.

En un método de reparación a nivel de campo a partir del documento US 6 341 747 B1, se fija una capa de

nanomaterial compuesto de un material elastomérico reforzado con partículas de refuerzo nanométricas al borde de ataque de un perfil de ala aplicando la capa como un recubrimiento. Las técnicas de recubrimiento dadas a conocer son pulverización, pintado y recubrimiento por inmersión. La capa de nanomaterial compuesto también puede fijarse al perfil de ala como una cinta adhesiva.

5 Un objeto de esta invención es proporcionar un método para llenar eficazmente las picaduras, grietas, depresiones y orificios de diversos tamaños y conformaciones sobre una superficie curva.

10 Un objeto de esta invención es proporcionar un método para reparar estructuras de perfil de ala tales como las palas de rotor que pueda llevarse a cabo en el campo.

Otro objeto de esta invención es reparar la pala de rotor u otras estructuras de borde de ataque mientras las palas todavía están montadas en la aeronave o los equipos,

15 Un objeto adicional es diseñar un sistema de protección frente a la erosión que pueda retirarse y/o repararse en el campo, sin herramientas con motor ni separadores químicos.

20 Otro objetivo de esta invención es proporcionar un sistema de recubrimiento de protección frente a la erosión para perfiles de ala y un sistema de resina que pueda repararse para perfiles de ala con colores de contraste para permitir la detección temprana de la erosión, el impacto y otros daños, y para permitir la reparación rápida para prolongar la vida útil de las palas o estructuras.

Sumario de la invención

25 La invención se refiere a un método de reparación de una superficie de perfil de ala que tiene una pluralidad de cavidades de daño producidas por daño por erosión o impacto que comprende: llenar dicha pluralidad de cavidades de daño en dicha superficie con un material de reparación líquido usando un aplicador flexible que puede adaptarse a la superficie de dicha superficie de perfil de ala mientras se arrastra longitudinalmente a lo largo de la superficie de perfil de ala. Este método puede incluir las etapas preliminares de lijar la parte de dicha superficie de perfil de ala que contiene dicha pluralidad de cavidades de daño con material abrasivo y aplicar un revestimiento de imprimador opcional sobre las zonas lijadas. El material de reparación líquido está formulado preferiblemente como un revestimiento de base elastomérico y puede aplicarse opcionalmente un revestimiento de acabado resistente a la erosión sobre el revestimiento de base. El revestimiento de acabado resistente a la erosión preferiblemente es más resistente a la erosión por arena que el revestimiento de base elastomérico subyacente. Dicha superficie de perfil de ala tiene un recubrimiento protector elastomérico adherido a una parte de dicha superficie de perfil de ala y dicho recubrimiento protector elastomérico contiene dicha pluralidad de cavidades de daño producidas por daño por erosión o impacto. La parte de la superficie de perfil de ala que contiene la pluralidad de cavidades es una superficie que rodea el borde de ataque de dicho perfil de ala.

40 El método puede aplicarse a un recubrimiento elastomérico de protección frente a la erosión de un perfil de ala que comprende, para la detección visual de daño por erosión por agua y arena, un revestimiento de base elastomérico de un color de contraste con el color de una capa de revestimiento de acabado que es visible sobre la superficie exterior. Este sistema de capas de recubrimiento de color de contraste proporciona la detección visual de cualquier daño detectando la aparición del color de contraste en las capas subyacentes, indicando de ese modo daño en la zona. El recubrimiento de protección frente a la erosión puede comprender tres capas de color de contraste: (a) un imprimador de un primer color aplicado directamente sobre un sustrato estructural de dicho perfil de ala que rodea un borde de ataque de dicho perfil de ala; (b) un revestimiento de base de un segundo color aplicado sobre dicho imprimador; y (c) un revestimiento de acabado de un tercer color encima de dicho revestimiento de base, en el que dichos primer color, segundo color y tercer color son colores de contraste que permiten la detección visual del daño a dicho recubrimiento de protección mediante inspección visual para detectar la aparición del segundo color de dicho revestimiento de base o del primer color de dicho imprimador lo que indica daño en la zona. El sistema de recubrimiento de color de contraste se usa en un método de detección de daño a un recubrimiento de protección frente a la erosión de perfil de ala que permite que se repare el daño ligero antes de que resulte dañado el sustrato del perfil de ala, prolongado de ese modo la vida útil. El método de reparación de la invención es útil para una reparación de este tipo.

55 A método para hacer que un recubrimiento de protección frente a la erosión de un borde de ataque de perfil de ala pueda repararse en campo mediante lijado a mano puede comprender aplicar a un sustrato de perfil de ala un sistema de recubrimiento compuesto por un revestimiento de base que puede lijarse a mano y un revestimiento de acabado, teniendo dicho revestimiento de base menor resistencia a la erosión por arena que el revestimiento de acabado y constituyendo dicho revestimiento de base al menos el 50% del grosor de recubrimiento total. El recubrimiento de protección frente a la erosión puede repararse lijando las cavidades de daño hasta que todos los bordes irregulares que se extienden por encima de la superficie de dicho recubrimiento se han lijado hasta que dichos bordes están alineados con la superficie; aplicando un revestimiento de base de reparación usando el aplicador flexible para llenar dicha pluralidad de cavidades para formar cavidades llenas; y finalmente aplicando una capa de revestimiento de acabado de reparación sobre las cavidades llenadas.

Una composición de protección frente a la erosión polimérica que puede repararse en campo colocada sobre y adherida a la superficie del borde de ataque del perfil de ala puede comprender una composición de base elastomérica cargada con cargas suficientes para hacer que la composición de protección frente a la erosión polimérica pueda lijarse a mano, sometiéndose a prueba dicha composición de base elastomérica según la norma ASTM D412-92 antes de su incorporación de dichas cargas que tienen una resistencia a la tracción mínima de 1000 psi, un alargamiento a la rotura de al menos el 200% y una dureza Shore A de menos de 95A.

Un recubrimiento elastomérico que puede repararse para la superficie del borde de ataque del perfil de ala puede comprender: (a) un revestimiento de base elastomérico que puede lijarse a mano dispuesto rodeando dicha superficie del borde de ataque que tiene una velocidad de erosión por arena por encima de 0,020 gramos/cm; y (b) un revestimiento de acabado elastomérico dispuesto encima de dicho revestimiento de base elastomérico que tiene una velocidad de erosión por arena por debajo de 0,020 gramos/cm. Preferiblemente, el revestimiento de base constituye al menos el 50% del grosor de recubrimiento total.

Alternativamente puede adherirse un recubrimiento elastomérico resistente a la erosión de una sola capa a la superficie del borde de ataque del perfil de ala que comprende una sola capa de un revestimiento de base elastomérico adherido sobre dicho borde de ataque de dicho perfil de ala que tiene una velocidad de erosión por arena por encima de 0,020 gramos/cm y una velocidad de erosión por agua mayor de 100 minutos.

Una realización que utiliza aplicadores que están realizados para adaptarse al contorno de sección transversal de la superficie del borde de ataque de un perfil de ala que son útiles en la aplicación de borde de ataque de sección transversal uniforme larga, y utiliza un aplicador que comprende un cuerpo que tiene un área interior abierta definida por al menos una pared interior, teniendo dicha pared un borde de limpieza en un extremo distal de la misma y un borde frontal generalmente opuesto a dicho borde de limpieza; definiendo dicho borde de limpieza un contorno complementario a una superficie del borde de ataque de un perfil de ala; definiendo dicho borde frontal un contorno conformado para formar un hueco entre dicha superficie del borde de ataque de dicho perfil de ala y dicha pared interior; y en el que durante la operación, un material elastomérico se aloja dentro de dicho hueco de modo que cuando dicho aplicador se arrastra a lo largo de dicha superficie del borde de ataque de dicho perfil de ala dicho material elastomérico se deposita sobre dicha superficie del borde de ataque de dicho perfil de ala y sigue la conformación definida por ella. Este aplicador puede tener un asidero incorporado en el mismo y un dispositivo de entrada para permitir la alimentación de los materiales de reparación elastoméricos mediante diversos métodos de suministro incluyendo botellas comprimibles, dispositivos de calafateo de tipo pistola y dispositivos de dispensación que dosifican y premezclan el material de reparación elastomérico.

La invención también se refiere a un kit de reparación de perfil de ala que comprende el aplicador flexible; y un material de reparación elastomérico que puede lijarse a mano junto con componentes de kit opcionales de discos de lijado, un imprimador, un revestimiento de base elastomérico, un revestimiento de acabado elastomérico, brochas y un pulverizador.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una sección parcial de la parte de borde de ataque de una estructura de perfil de ala que muestra daño por erosión por arena y agua.

45 La figura 2 es una sección parcial de la parte de borde de ataque de una estructura de perfil de ala que muestra daño por erosión por arena y agua más grave.

La figura 3 es una sección parcial de la parte de borde de ataque de una estructura de perfil de ala usada para pruebas de laboratorio recubierta con recubrimiento elastomérico frente a la erosión.

50 La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de una conformación de perfil de ala con perfil de ala principal o elementos de perfil hidrodinámico identificados.

La figura 5 es una vista en perspectiva de un borde de ataque que está reparándose usando un aplicador flexible

55 La figura 6 es una sección parcial de la parte de borde de ataque de una estructura de perfil de ala que muestra daño por erosión por arena y agua que está reparándose usando un aplicador flexible formado especialmente.

60 La figura 7 es una sección parcial de la parte de borde de ataque de una estructura de perfil de ala que muestra daño por erosión por arena y agua que está reparándose usando un aplicador flexible formado especialmente con un asidero.

65 La figura 8 es una sección parcial de la parte de borde de ataque de una estructura de perfil de ala que muestra daño por erosión por arena y agua que está reparándose usando un aplicador flexible formado especialmente con una entrada para reparar fluido acumulado en el cuerpo del aplicador flexible.

La figura 9 es una representación esquemática de un método para someter a prueba la resistencia a la erosión por arena.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Las figuras 1 y 2 muestran una secuencia de transcurso de tiempo de la progresión de daño por erosión sobre una estructura conformada como perfil de ala 10, cuya parte de borde de ataque 12 se muestra en las figuras 1 y 2 en vista en sección. Normalmente se produce erosión por lluvia y daño por impacto (14 y 16) en la parte frontal del borde de ataque 12, mientras que la erosión por arena o partículas sólidas tiende a centrarse sobre las superficies de contorno ligeramente alejadas de los bordes de ataque. La erosión por lluvia normalmente produce picaduras, depresiones y orificios, mientras que la erosión por arena normalmente produce un aspecto de superficie mate de manera uniforme y patrones de orificios por erosión poco profundos. La figura 2 ilustra una fase posterior de daño por erosión usando la misma sección de la figura 1. En la figura 2, se producen sitios de erosión más grave 20 y 22 cuando la superficie se erosiona en primer lugar por arena o partículas de polvo, y esto va seguido luego por erosión por lluvia. En este entorno mixto de arena/lluvia, la región de superficie lateral 24 que rodea los bordes de ataque normalmente se erosionan dando lugar a picaduras y depresiones profundas muy rápidamente.

Determinadas realizaciones se refieren en general a la reparación de un recubrimiento elastomérico 26 sobre una superficie curva 28 de una estructura conformada como perfil de ala 30 tal como se ilustra en las figuras 1 y 2 como la pala de rotor 10. El recubrimiento elastomérico 26 está definido como un recubrimiento flexible basado en composición de polímero elastomérico. El recubrimiento puede no contener carga o puede contener cargas. La presencia de carga puede rigidizar los recubrimientos hasta el punto de tener un carácter físico relativamente poco elastomérico, pero estos recubrimientos cargados todavía se consideran "recubrimientos elastoméricos" para su uso en diversas realizaciones de esta invención. La figura 3 muestra el perfil de ala de prueba 40 que es un modelo de la sección de borde de ataque de perfil de ala parcial de una pala de rotor real para simular el daño real a partir de la incidencia de agua y arena en un entorno controlado. El recubrimiento elastomérico 42 se deposita sobre el área superficial del sustrato subyacente 44 del/de la totalidad del perfil de ala de prueba. El borde de ataque 46 es el punto focal para el choque de agua y arena durante las pruebas mostrado por la flecha de dirección 48. Todo a lo largo del borde de ataque 46 y todas las superficies adyacentes representadas por este daño de perfil de ala de prueba se produce por la aparición durante las pruebas de las cavidades de daño por erosión mostradas en las figuras 1 y 2.

La figura 4 ilustra mediante una representación esquemática en sección transversal las partes estructurales de convenio de un perfil de ala típico 50 que tiene un borde de ataque 52 y un borde de salida 54, mostrándose la dirección del viento entrante como la flecha 56, siendo el ángulo de ataque 58 el ángulo entre la dirección del viento y la cuerda 60 del perfil de ala 50 mostrado como una línea discontinua 60.

El viento lleva arena y lluvia y desechos en contacto con el borde de ataque 52 e incide sobre sus superficies contorneadas 62 y 64 a cada lado del borde de ataque. Estas zonas de borde de ataque son las superficies de prueba simuladas por el perfil de ala de prueba de la figura 3 y son generalmente donde se produce el daño, tal como se muestra mejor en las representaciones de dibujo en las figuras 1 y 2.

Definiciones de terminología

El término "perfil de ala" tal como se usa a lo largo de toda esta memoria descriptiva pretende ser más amplio que la estructura conformada como perfil de ala convencional en la figura 4 y también englobará estructuras tales como perfiles aerodinámicos que tienen una conformación aerodinámica que es algo diferente que la figura 4 pero que se someten de manera similar a arena y desechos portados por el viento y el agua. Tales conformaciones incluidas son conformación de radomos que tendrían un borde de ataque en forma de una punta estrechada, en lugar del borde de ataque que es geoméricamente una línea en la forma de perfil de ala de la figura 4. Las antenas de aeronave están conformadas para permitir el flujo de aire suave a través de ellas y se consideran dentro del término "perfil de ala" ya que son otros dispositivos que se benefician del avance de las realizaciones tales como palas de molino de viento, palas de turbina, palas de rodete, palas de ventilador, palas de compresor, palas de hélice, álabes, álabes fijos, turbinas hidroeléctricas, hélices marinas, turbinas hidráulicas, turbinas de gas, molinos mareomotrices, molinos de viento, compresores, bombas, fuelles, propulsores, hélices, y muchos tipos de ventiladores todos los cuales tienen la característica común de tener paso de fluido por las superficies que pueden portar arena y desechos que producen daño. Se entenderá de manera similar que el término "borde de ataque" tiene un significado más amplio que el mostrado en la figura 4 y debe definirse como una superficie estrechada diseñada para enfrentarse con el viento u otro fluido tal como agua. Puede ser un borde estrechado alargado en el caso de una pala de rotor, ala, antena, pala de molino de viento o una superficie de borde más afilado como en una pala de hélice o una zona en punta que se enfrenta con el viento orientada hacia delante como en radomos (que pueden tener una forma cónica roma u otra conformación generalmente redondeada).

El término "elastomérico" tal como se usa en el presente documento se entiende en general que es cualquier material flexible que tiene un alargamiento a la rotura final tal como se mide por la norma ASTM D412-92 de al menos el 40% a la rotura, preferiblemente el 80% y más preferiblemente el 100%.

5 Los términos “que puede pulverizarse” o “aplicado por pulverización” o “pulverizado” pretenden significar todos ellos materiales que se recubren y se unen sobre un sustrato, tal como un perfil de ala, particularmente el borde de ataque y las zonas circundantes usando técnicas de pulverización. Esta terminología distingue materiales elastoméricos que pueden aplicarse al sustrato como una funda moldeada previamente y/o conformada previamente de material elastomérico, un material de cinta preformado que se adhiere al perfil de ala o una lámina preformada que puede unirse al perfil de ala.

10 El término “que puede lijarse a mano” se entiende que significa un material cuya superficie se raspa como desechos sueltos en el plazo de un minuto de lijado a mano. El lijado a mano se realiza sobre un área de 1,5” x 3” soportada de manera apropiada del material de prueba usando presión hacia abajo moderada con papel de lija de óxido de aluminio de 80 de grano. Un recubrimiento “que puede lijarse a mano” se caracteriza porque la muestra puede lijarse mediante presión con la mano para dar lugar a polvo en menos de 15 segundos sin apelmazamiento o enrollamiento como un aglomerado. Una capacidad de lijado excelente preferiblemente incluye una o más de las propiedades adicionales siguientes: 1) los desechos de lijado resultan del recubrimiento en el plazo de 10 segundos de lijado, 2) baja fricción durante el lijado, 3) no se produce calor o baja generación de calor tras un minuto de lijado a mano con esfuerzo normal, 4) los desechos de lijado sueltos están en forma de polvo fluyente suelto, en lugar de aglomerado de apelmazado o enrollado, 5) la cantidad de residuo de lijado sobre el disco de lijado es igual o menor que la cantidad que queda sobre el recubrimiento tras el lijado. Usando el aparato de prueba de erosión de partículas, se ha encontrado que los materiales con velocidad de erosión por arena de menos de 0,020 gramos son difíciles de lijar a mano. Para poderse lijar a mano según la definición de esta invención, el material debe tener una velocidad de erosión por arena superior a 0,020 gramos, preferiblemente superior a 0,030 gramos y 0,040 gramos. Los materiales que tienen velocidades de erosión por arena de entre 0,02 y 0,03 en ocasiones muestran características de lijado a mano ligeramente más difíciles.

25 Se ha encontrado que es muy difícil reparar las picaduras, depresiones y orificios dispersados por todo el borde de ataque de una pala de rotor de helicóptero u otras superficies de borde de ataque. Las técnicas de reparación comunes de usar una espátula y resina de reparación sólida de tipo masilla no funcionan bien en esta aplicación. Los sitios de daño pueden ser demasiado pequeños para que un material con consistencia de masilla fluya. La espátula tampoco puede reparar una superficie curva.

30 Una pala de rotor de helicóptero u otras estructuras de borde de ataque son una superficie conformada aerodinámicamente bien definida. La conformación de perfil de ala de la pala de rotor se caracteriza por una curva muy pronunciada en el borde de ataque. Una resina de reparación debe tener la viscosidad apropiada de modo que no discurra ni gotee por la curva pronunciada durante el procedimiento de reparación. Cualquier reparación en la superficie de pala debe minimizar la distorsión del contorno aerodinámico.

35 La dificultad de reparar una superficie elastomérica dañada ha limitado la vida útil total de un sistema de protección elastomérico frente a la erosión en una pala de rotor de helicóptero.

40 Actualmente, se usan una funda moldeada elastomérica y una cinta de poliuretano autoadhesiva para proteger las palas. Una vez que se produce el daño sobre la superficie y en el cuerpo de los materiales elastoméricos, las cintas elastoméricas autoadhesivas pueden encontrar pérdida de adhesión catastrófica repentina y despegarse de las palas de rotor durante el vuelo, lo que constituye un problema de seguridad para el equilibrio aerodinámico de los rotores. La cubierta elastomérica existente alternativa de un rotor adopta la forma de una funda moldeada preformada que se une de manera adhesiva al sustrato de pala. Habitualmente se deja que la funda elastomérica se erosione hasta que no pueda utilizarse y entonces se reemplaza. El reemplazo de la cinta y la funda son ambas operaciones muy laboriosas, que implican la retirada de la pala de rotor del helicóptero, separar todos los recubrimientos antiguos mediante una variedad de métodos, aplicar algunos materiales elastoméricos de reemplazo y luego realizar cuidadosamente el equilibrado de peso de la pala tras el procedimiento de reparación. Si la unidad de campo no está equipada para realizar la reparación, toda la pala de rotor debe enviarse de nuevo a una instalación de terminal para realizar la reparación y el servicio. El transporte de las palas de rotor es costoso y lleva mucho tiempo.

55 Otra deficiencia de los métodos actuales de protección frente a la erosión es la falta de un indicador de erosión temprana que permita al usuario emprender la acción preventiva para detener la erosión que está produciéndose por todo el recubrimiento elastomérico y finalmente en el interior del sustrato. Los recubrimientos que pueden pulverizarse resistentes a la erosión comerciales usan unos esquemas de color mate o brillo de un color. Si se usan un revestimiento de base y un revestimiento de acabado mate, los sistemas de recubrimiento de la técnica anterior normalmente usan un revestimiento de base de brillo o semibrillo y un revestimiento de acabado mate, ambos del mismo color o de colores muy similares. En estos sistemas, aun cuando puede utilizarse el adhesivo o imprimador subyacente de diferente textura o diferentes colores, el sistema total no proporciona una advertencia suficiente para que los usuarios emprendan acciones preventivas cuando hay un ligero daño en el recubrimiento elastomérico. Una vez que el adhesivo o imprimador subyacente queda expuesto, el recubrimiento protector elastomérico resulta dañado hasta el punto de ya no ser útil. Esta incapacidad para detectar daño temprano y ligero acorta la vida útil de las palas de rotor y otras estructuras de tipo de perfil de ala con bordes de ataque, tales como estructuras de antena

5 y radomos en la aeronave. Puesto que los materiales elastoméricos de protección frente a la erosión de la técnica anterior normalmente se erosionan hasta el sustrato con formación de depresiones y picaduras profundas, el daño habitualmente alcanza el sustrato antes de que pueda emprenderse ninguna acción correctiva. Esto puede ser perjudicial para una estructura de material compuesto ya que las capas de material compuesto subyacentes del rotor o perfil de ala pueden perforarse por erosión por lluvia en un periodo de tiempo muy corto.

10 Todavía otra deficiencia de los sistemas de protección frente a la erosión existentes es la dificultad de retirada del recubrimiento del sustrato. La retirada del recubrimiento es una parte esencial de un procedimiento de reparación en campo satisfactorio. Un recubrimiento elastomérico resistente a la erosión es por naturaleza muy difícil de retirar. Los métodos comunes usan un separador basado en disolvente para empapar el recubrimiento para ablandar o disolver el imprimador. Los imprimadores típicos adecuados para un procedimiento de este tipo incluyen imprimadores de lavado basados en polivinilbutiral. Mientras que el procedimiento funciona bien para retirar los recubrimientos resistentes a la erosión, no es deseable el uso de una cantidad excesiva de disolventes peligrosos. Además, lleva mucho tiempo, normalmente empapado durante la noche, para ablandar o disolver el imprimador. En una operación militar o en otras operaciones de emergencia, el helicóptero no puede estar fuera de servicio muchas horas, esperando este procedimiento de reparación prolongado. Pueden lograrse muchas ventajas mediante los métodos y procedimientos de reparación en las realizaciones descritas a continuación.

15 La reparación de campo de las cavidades producidas por la erosión por lluvia o daño por impacto sobre las superficies curvas de una estructura de perfil de ala puede lograrse con el uso de un aplicador de contorno de perfil de ala flexible también denominado un aplicador flexible (FA) tal como se describe más completamente a continuación. Las etapas adicionales en la reparación del daño de la pala de rotor pueden incluir una o más de las etapas siguientes: 1) Preparación de la superficie incluyendo lijado, 2) aplicación de imprimador, 3) aplicación de revestimiento de base y 4) aplicación de revestimiento de acabado.

20 1. Superficie preparación etapa

25 Sobre una superficie dañada por lluvia o impacto, hay orificios y superficies cortadas, con algunos desechos restantes colgando alrededor de los pocillos de las depresiones, picaduras y orificios. Estos desechos "producidos" deben retirarse o suavizarse para corresponderse con la superficie contorneada circundante. Pueden usarse cúteres, pero se desaconsejan debido al riesgo de daño para los sustratos de material compuesto. Se ha encontrado que puede usarse un par de tijeras, lo más preferiblemente tijeras curvas, para recortar los desechos producidos. Las tijeras curvas tienen una curvatura que puede tocar los sitios de daño en el ángulo apropiado para recortar los desechos. Esto es especialmente útil en la preparación de superficie de recubrimientos elastoméricos de protección frente a la erosión resistentes a la erosión por arena, puesto que es muy difícil que se alisen con lijado abrasivo. Por ejemplo, los recubrimientos de poliuretano elastoméricos que no contienen carga o concentraciones de carga baja tienden a "correrse" o "apelmazarse" cuando se usa ligado abrasivo. Resultará extremadamente agotador que un trabajador o un soldado lije estos recubrimientos de la gran pala de rotor en el procedimiento de reparación.

30 Realización que puede lijarse a mano

35 Para que pueda repararse de manera práctica en el campo, el nuevo sistema de protección frente a la erosión de esta realización debe poder lijarse preferiblemente a mano en el campo, en la aeronave, sin necesidad de retirar la pala de rotor de la aeronave. En una realización preferida, el recubrimiento se realiza adrede para que pueda lijarse a mano. Esta es una desviación significativa de los materiales de protección frente a la erosión empleados actualmente. El método de protección frente a la erosión convencional procura hacer que los recubrimientos elastoméricos o resinas sean lo más resistentes a la erosión como sea posible, haciendo por tanto que el elastómero no cargado o ligeramente cargado / pigmentado sea extremadamente difícil de retirar mediante lijado cuando se necesita reparar. Estos materiales no "pueden lijarse a mano" tal como se define a continuación. Esta realización da a conocer el concepto opuesto en el diseño del sistema de protección frente a la erosión. En esta realización, se añaden cargas adicionales para disminuir la resistencia al lijado del revestimiento de base adrede, y en muchas aplicaciones cuando se enfrenta a impacto de arena, se usa una capa fina de revestimiento de acabado resistente a la erosión por arena encima del revestimiento de base que puede lijarse para formar el sistema de protección frente a la erosión total. En esta realización preferida, la capa fina del revestimiento de acabado y la capa gruesa del revestimiento de base puede lijarse con el uso de un grado apropiado de medio de lijado, logrando todavía alta protección frente a la erosión contra la erosión por lluvia y arena. Usando este nuevo concepto con el indicador de advertencia multicolor de erosión temprana añadido que se describirá en detalle a continuación, se logra un sistema de protección frente a la erosión renovable que puede repararse para la protección de los bordes de ataque de perfiles de ala.

40 En una pala de rotor de helicóptero u otros bordes de ataque de tipo de perfil de ala que tienen superficies aerodinámicas muy bien definidas, la realización de una operación de lijado accionada eléctrica o neumáticamente es un procedimiento peligroso ya que un lijado en exceso puede dañar fácilmente la estructura en panel de material compuesto por debajo de la piel de material compuesto. Puede usarse lijado con accionamiento eléctrico o neumático en un entorno de terminal donde personal con experiencia realiza de manera rutinaria el procedimiento de lijado, pero no es práctico para un entorno de reparación en campo donde personal sin experiencia realiza las tareas

de lijado en condiciones de trabajo no ideales. Se prefiere usar lijado a mano porque la mano humana puede detectar el contorno del sustrato y ajustar dinámicamente el grado de fuerza de lijado contra el recubrimiento para la retirada óptima sin daño al sustrato. Si se usan discos de lijado para el lijado a mano, se prefieren discos de lijado autoadhesivos del tamaño de la palma de la mano. Son especialmente útiles los que tienen adhesivo autoadherente que pueden mantenerse unidos de manera segura a la palma de la mano. Pueden usarse tamaños de grano de entre 40 y 200 granos, prefiriéndose especialmente de 80-120 granos. Se ha encontrado, de manera bastante sorprendente, que un disco de lijado rígido con una pieza de inserción central, diseñado originalmente para esmerilado de metales a alta velocidad, funciona especialmente bien como disco de lijado a mano óptimo para lijar materiales elastoméricos resistentes a la erosión. La pequeña pieza de inserción central rígida, tal como se observa en discos de lijado comerciales tales como discos Roloc TSM 36 IF de 3M, permite que el dedo presione duramente el disco de lijado contra los recubrimientos elastoméricos para retirar eficazmente el recubrimiento. Puede usarse un bloque de lijado para superficies menos contorneadas cuando los técnicos están altamente cualificados y bien supervisados.

Los ejemplos de algunos de los accesorios y herramientas preferidos para su uso en el kit de reparación que se describirá más tarde en detalle pueden incluir: Tijeras curvas, discos de lijado Roloc y discos de lijado autoadherentes. El lijado de la zona dañada puede crear polvos y desechos de recubrimiento sueltos. Estos polvos y desechos sueltos deben retirarse de la superficie de trabajo antes de que puedan aplicarse las resinas de reparación. Para retirar los desechos y polvos sueltos, se ha encontrado que diferentes disolventes tienen diferente poder de limpieza. Un buen disolvente de limpieza no ataca ni ablanda a los elastómeros de protección frente a la erosión, pero puede recoger los polvos sueltos eficazmente. Se prefiere un disolvente de evaporación más lento ya que la reparación en campo se realiza en el exterior a la intemperie. Se ha encontrado que se prefiere especialmente un disolvente no polar tal como tolueno y xileno para en el procedimiento de reparación. Se prefieren paños limpiadores libres de pelusa para su uso con el disolvente de limpieza en este procedimiento.

2. Aplicación de imprimador

Si el daño por erosión alcanza al sustrato, habitualmente se requiere un imprimador de reparación que promueve la adhesión. Después, se aplica un revestimiento de base para llenar las cavidades, con la ayuda del aplicador flexible usando el método de aplicación de deformar el aplicador flexible para adaptarlo al contorno del perfil de ala lo que permite que la resina de reparación del revestimiento de base se extienda con el aplicador flexible hacia el interior de las cavidades sin dejar resina de reparación sobre las partes no dañadas de las superficies de perfil de ala. Una vez que el revestimiento de base se endurece, entonces va seguido por la aplicación del revestimiento de acabado.

Cuando el imprimador se erosiona y el sustrato se expone, el imprimador de reparación, que puede ser un imprimador epoxídico, debe usarse con gran cuidado y con precauciones para impedir que se deposite inadvertidamente encima del recubrimiento elastomérico original intacto. Se ha encontrado experimentalmente que si se dejan manchas o zonas del imprimador epoxídico encima de un recubrimiento de poliuretano elastomérico resistente a la erosión, el imprimador epoxídico producirá el inicio temprano de la erosión, probablemente debido a la naturaleza rígida, de alto módulo de la base epoxídica del imprimador que es marcadamente diferente del módulo inferior del revestimiento de base lo que hace que se desarrolle tensión en la superficie de contacto, lo que produce grietas y fallo prematuro de la integridad del revestimiento de base. Por tanto, el imprimador debe aplicarse sólo a las zonas del sustrato expuestas en el fondo de las cavidades sin que ningún imprimador se solape sobre la superficie de recubrimiento elastomérico circundante no dañado.

Debido al pequeño tamaño típico de la cavidad de daño inducida por erosión por lluvia, depositar la cantidad apropiada de imprimador es un reto significativo que requiere habilidad y práctica para lograrlo. La mayor parte de las brochas de pintura usadas en cualquier trabajo de pintura normal son demasiado grandes para este procedimiento. La puesta en práctica de esta realización incluye preferiblemente el uso de brochas o puntas microdimensionadas para la reparación del sistema de protección frente a la erosión. Se prefieren especialmente las puntas o brochas que pueden controlar el tamaño de depósito a aproximadamente 1,0 mm, 2,0 mm y 3,0 mm de diámetro. Estas brochas de colocación de gota son muy útiles en la imprimación de las depresiones, picaduras, grietas y orificios. También pueden usarse para aplicar el imprimador a un área más grande que depresiones, picaduras y orificios pequeños. Para daños por erosión que se han ampliado a un área algo más grande, puede usarse una brocha pequeña de cerdas anchas. Ejemplos de aplicadores adecuados para aplicar el imprimador son Microtip, Microbrush y Ultrabrush fabricadas por Microbrush International, Wisconsin, EE.UU. El imprimador de reparación puede formularse a partir de bases de imprimador conocidas incluyendo, pero sin limitarse a compuesto epoxídico, polivinilbutiral, poliuretano u otro sistema polimérico con buena adhesión al sustrato. Se prefiere tener un imprimador de secado rápido y curado rápido de modo que los recubrimientos resistentes a la erosión puedan aplicarse encima del imprimador en el plazo de un corto periodo de tiempo tal como de una a dos horas. Cuando se realiza la imprimación, con las brochas microdimensionadas especiales, se usa el aplicador Microbrush de punta redonda superfina para depositar microgotas en las picaduras y depresiones pequeñas. Se usa una brocha más grande para extender el imprimador sobre áreas mayores, de manera preferible usando aproximadamente carreras de 3/16" de ancho para "pintar" áreas mayores con el imprimador. Cuando el imprimador queda libre de pegajosidad o se cura para dar la fase apropiada (dependiendo del sistema de base de imprimador), es fácil que se recubra con el revestimiento de base.

3. Reparación del revestimiento de base

El revestimiento de base está formulado para curarse en una capa o película relativamente gruesa y para que sea flexible. El revestimiento de base de reparación puede tener un tiempo de empleo útil de aproximadamente 30 minutos a cuatro horas tras el mezclado. Este intervalo de tiempo de empleo útil proporciona un tiempo de trabajo razonable para el procedimiento de reparación. Puede usarse un tiempo de empleo útil más largo o más corto dependiendo del entorno y del programa de trabajo. El recubrimiento se vuelve más grueso a medida que pasa el tiempo y se vuelve muy viscoso, aunque todavía puede extenderse. Este cambio dinámico de la viscosidad puede usarse para obtener un buen resultado al realizar la reparación. Cuando la viscosidad todavía es baja (el recubrimiento todavía tiene una consistencia fina durante aproximadamente los primeros 30 minutos), la resina de reparación puede usarse para depositar una capa fina sobre las zonas dañadas. El recubrimiento fluido se extenderá hacia el interior de las micropicaduras y depresiones y sellará las superficies con imprimador. Cuando la viscosidad aumenta, la resina de reparación puede usarse para aumentar el grosor del recubrimiento más rápido ya que tiene menos tendencia a fluir por sí misma.

Para picaduras y depresiones pequeñas aisladas, pueden usarse los aplicadores Microbrush y Ultrabrush para depositar el revestimiento de base hacia el interior de las aberturas pequeñas. En contraposición a la aplicación de imprimador, la reparación con revestimiento de base puede usar depósitos pesados y gruesos. En este caso, el aplicador Microbrush puede depositar una capa de revestimiento de base gruesa tras un solo contacto con el sustrato sin extensión. Sobre una pala de rotor, pala de turbina, pala de hélice y otras palas de ventilador, el grosor de la pala puede cambiar a lo largo de su longitud, desde la sección interior hasta la sección exterior. La pala puede tener también un alabeo a lo largo de la superficie. Para aplicar el revestimiento de base grueso eficazmente en una aplicación, esta realización da a conocer el uso de un aplicador flexible para este fin. El aplicador flexible puede doblarse a lo largo de la curvatura de la superficie del borde de ataque. El tamaño del aplicador flexible puede ser tan grande como la zona que va a repararse. Para palas de rotor de helicóptero, los daños por erosión por lluvia habitualmente se concentran alrededor de 2 pulgadas (5 cm) en ambos lados del borde de ataque de la pala, mientras que los daños por erosión por arena y lluvia combinadas normalmente se producen dentro de 8 pulgadas (20 cm) en los lados del borde de ataque de la pala. Por tanto, será suficiente un aplicador flexible con cobertura de 8 pulgadas o menos en ambos lados de la pala de rotor. Puede usarse un tamaño más grande o tamaños más pequeños dependiendo del contorno real y de la dimensión de las palas.

El aplicador flexible también puede usarse para aplicar el recubrimiento sobre la superficie plana de la pala. En este caso, el borde del aplicador se usa como un raspador plano para alisar el recubrimiento sobre una superficie plana.

El aplicador flexible puede estar compuesto por material semirrígido, que puede doblarse, que puede ser metal, plástico o caucho. Es necesario que sea lo suficientemente rígido como para mantener su conformación, pero lo suficientemente flexible como para doblarse a lo largo de una curvatura que cambia de manera continua. Se prefieren láminas de plástico semirrígidas flexibles. Se prefieren especialmente láminas de plástico flexibles semirrígidas con alta resistencia a disolventes y buenas propiedades de liberación. Se prefieren particularmente las láminas de polietileno y polipropileno de alta densidad.

Se ha encontrado que una de las formas más sencillas del aplicador flexible es una lámina de polietileno de alta densidad de 0,010" (0,25 mm) de grosor que tiene la combinación apropiada de ser lo suficientemente flexible como para doblarse a lo largo de y adaptarse a la superficie curva, mientras todavía es lo suficientemente rígida como para mantener su conformación para aplicar y conformar el recubrimiento a lo largo de la curvatura. Tanto el polietileno como el polipropileno tienen resistencia a disolventes y propiedades de liberación excelentes. La figura 5 se muestra como una fotografía porque proporciona una mejor visualización de la técnica de aplicación de esta realización. El perfil de ala elegido para la ilustración es una pala de rotor de helicóptero 60 que tiene un borde de ataque 62 que tiene cavidades de daño 64 en sus superficies contorneadas. El aplicador flexible 68 está compuesto por una lámina de polietileno de alta densidad de 0,010" (0,25 mm) de grosor. El borde del aplicador flexible 68 forma un contacto de línea continua con la superficie contorneada del borde de ataque usando presión hacia abajo indicada por la flecha de vector de fuerza 70. Al mismo tiempo que la fuerza 70 se aplica en la dirección de la superficie, el aplicador flexible se arrastra en una dirección 72 que es paralela al borde de ataque 62. El material de reparación de revestimiento de base (no visible en esta vista) está bajo la superficie curva del aplicador flexible en un banco rodante de material que adelanta al borde del aplicador flexible 68 cuando el aplicador se arrastra suavemente en la dirección 72. El material de reparación de revestimiento de base llena completamente las cavidades de daño 64 cuando el banco rodante de material de reparación pasa sobre las cavidades. El contacto de línea continua del borde del aplicador con la superficie contorneada del borde de ataque no deposita cantidades significativas de material de reparación en ningún lugar excepto en las cavidades 64.

Tipos de aplicadores flexibles

Se ha determinado experimentalmente que la realización de reparación de perfil de ala o superficie curva se potencia mediante el uso de un "aplicador flexible" (FA). En la realización más sencilla, el aplicador flexible es una lámina de plástico flexible. Al usar el tipo de aplicador flexible de lámina plana más sencillo, el recubrimiento puede

depositarse sobre el sustrato, o sobre el aplicador, o sobre ambas superficies. El aplicador flexible se “arrastra” entonces, o “se tira de él” a lo largo de la curvatura, generalmente en la dirección longitudinal o dimensión larga del perfil de ala o rotor o pala. Se ha encontrado que aplicar una cantidad suficiente de material de recubrimiento de reparación sobre las superficies tanto del aplicador como de las superficies de sustrato produce un “efecto lubricante” útil. Esta técnica permite que el aplicador flexible se “deslice” fácilmente a lo largo de la curvatura de la superficie de perfil de ala.

En la puesta en práctica de esta realización, se ha encontrado que se prefiere usar una fuerza moderada para tirar del aplicador flexible fuertemente contra la superficie del sustrato. Manteniendo la fuerza sobre el aplicador, se mantiene un buen control del grosor de recubrimiento y no hay acumulación excesiva del recubrimiento de reparación sobre una superficie curva no dañada del perfil de ala que está reparándose. Se ha determinado que mantener el aplicador flexible húmedo y lubricado es muy beneficioso para realizar el procedimiento de reparación. Cuando la resina se seca o la resina de reparación se agota, la resina de reparación se vuelve pegajosa y no se rompe limpiamente. Las realizaciones de aplicador de la figura 8 abordan eficazmente esto al incorporar la característica de alimentación continua de resina a la región de contacto con la superficie bajo el aplicador flexible. Esta combinación de características deseables de la técnica de aplicador flexible garantiza que las características aerodinámicas del perfil de ala que está reparándose no se alteren por la reparación. Una característica importante de esta realización es la capacidad única para llenar las picaduras, grietas, depresiones y orificios de conformación y tamaño irregular en una aplicación sobre cada superficie curva. En comparación con el método convencional de llenar cada sitio de daño por erosión individualmente, este método de aplicación da como resultado grandes ahorros de tiempo y trabajo.

Es necesario que la dimensión del aplicador flexible sea más ancha y más larga que el tamaño de las cavidades de daño. La dimensión del aplicador flexible es de manera que el aplicador semiflexible, semirrígido pueda mantener el contorno exterior de la superficie curva original, de modo que extienda el recubrimiento líquido hasta un grosor no más grueso que el contorno exterior original del perfil de ala.

Esto es muy importante para una estructura aerodinámicamente sensible como una pala de rotor, radomo, antena, pala de ventilador, pala de turbina, etc. La resina de reparación puede aplicarse sobre la superficie del borde de ataque en primer lugar, y luego la lámina de plástico flexible se coloca sobre el borde de ataque y se tira de ella a lo largo de su superficie. O la resina de reparación puede aplicarse sobre la lámina de plástico y luego se tira de ella sobre el área superficial dañada. O la resina de reparación puede aplicarse tanto al borde de ataque como a la lámina de plástico, y luego se tira de la lámina de plástico a lo largo del borde de ataque para hacer disminuir la resina y comprimir la resina hacia el interior de los orificios y depresiones.

Realizaciones alternativas de aplicador flexible

Usando el mismo concepto de pala de raspador flexible/adaptable, pueden diseñarse diversas herramientas de aplicador manuales para ajustarse bien con las estructuras de borde de ataque de diversos tamaños y conformaciones. Tales aplicadores flexibles están dentro de la contemplación de esta realización y se contemplan como adecuados diversos grosores, conformaciones y materiales para un aplicador flexible siempre que puedan seguir el contorno de las superficies curvas de los bordes de ataque. La figura 6 muestra un aplicador flexible preformado 70 que está compuesto por plástico o metal adecuado y está formado para dar una conformación flexible aunque permanente del contorno exterior de sección transversal exacta 72 de la sección transversal del perfil de ala 74 que está reparándose. El borde 76 del aplicador flexible 70 está contorneado para que sea complementario al contorno exterior 72 y funcionará para mover un banco rodante de material de reparación 78 delante de él cuando se mueve en paralelo a y a lo largo del borde de ataque del perfil de ala 74 tal como se muestra por la flecha 82. El extremo abierto más ancho 84 aloja el volumen del banco rodante de material de reparación 78 que se llena completamente en cualquier cavidad 86 en la superficie del perfil de ala 74 que está reparándose cuando se hace avanzar el aplicador flexible a lo largo del borde de ataque del perfil de ala. La conformación de este extremo del aplicador no está limitada por ninguna consideración excepto dejar suficiente volumen para poder reponer el material de reparación, la ergonomía del operario y factores relacionados con cómo se fabrica. El material usado para este aplicador flexible debe tener memoria elástica o rigidez suficiente una vez que se forma para dar la curvatura apropiada del borde 76 para poder limpiar cualquier material de reparación en exceso 78 delante del borde 76 en una acción de limpieza o rasqueta. Se entiende que el borde 76 podría tener un arco que es ligeramente más pequeño que el borde de ataque para garantizar que hay presión ejercida por el aplicador en la dirección de la superficie por la memoria elástica o la rigidez general del material. Esta realización es útil para partes de las estructuras de perfil de ala en las que un borde de ataque tiene una sección transversal relativamente uniforme a lo largo de una longitud sustancial del perfil de ala. Esta realización es muy útil porque no se basa en ajustes delicados de presión hacia abajo realizados por el operario para mantener una buena acción de rasqueta. La punta exterior de sección decreciente de la pala de rotor o superficie de ala podría terminarse con un aplicador flexible plano 68 tal como se ilustra en la figura 5.

La figura 7 muestra un aplicador flexible preformado 90 que es sustancialmente similar en la mayoría de los aspectos al aplicador de la figura 6 aunque no se repiten los caracteres de referencia. Esta realización incluye un asidero 92 que permite un mejor control por el operario de la orientación, la dirección y la fuerza hacia abajo aplicada

- 5 hacia el borde de ataque de perfil de ala 94. La flecha de dirección 96 ilustra de nuevo la dirección en que se mueve el aplicador con el asidero. Este asidero puede permitir que el operario use sólo una mano para asir el aplicador, permitiendo que la otra mano esté libre para alimentar material de reparación 98 según sea necesario durante las operaciones de reparación. También se somete esencialmente a autotensionado a través de la fuerza hacia abajo natural aplicada por el operario mientras lo mantiene en posición contra el borde de ataque de perfil de ala. El asidero 92 puede incorporarse en la estructura del aplicador mediante cualquier medio convencional, incluyendo moldearse de manera solidaria en el cuerpo de aplicador o unirse mediante cualquier método adecuado al cuerpo de aplicador. La conformación del asidero puede ser cualquier conformación adecuada.
- 10 La figura 8 muestra otra realización de un aplicador flexible 100 que incluye un conector de fluido 102 que se conecta a la parte del aplicador que contiene el material de reparación 104. El conector de fluido tiene el adaptador 106 para unirse a cualquier depósito adecuado de material de reparación (no mostrado). Este depósito puede ser una simple botella que puede dispensar manualmente el material de reparación 104 tal como se muestra por la flecha de dirección 108 en el conector de fluido comprimiendo una botella flexible. Puede ser una pistola de calafateo configurada para alimentar el material de reparación al conector de fluido. El dispositivo de dispensación puede ser un dispositivo activado para dosificar o bien un solo fluido o bien múltiples fluidos. En una realización donde el material de reparación es del tipo que tiene una composición de dos partes, tal como un componente de base de parte A y un material curativo de parte B, el dispositivo de dispensación puede ser del tipo que puede dosificar la razón apropiada de parte A y parte B y opcionalmente también mezclar esas partes entre sí en un aparato de mezclado antes de dispensar el material de reparación a través del conector de fluido en el volumen interior de trabajo del aplicador flexible 100 donde se coloca el banco rodante de material de reparación durante el uso del dispositivo. Las realizaciones de las figuras 7 y 8 también pueden consolidarse de manera que el asidero 92 de la figura 7 y el conector de fluido 102 de la figura 8 estén en una estructura unitaria de función dual. Naturalmente, el asidero y el conector de fluido independientes también se diseñan fácilmente para encajar en el aplicador flexible especializado que puede manipularse fácilmente por una sola persona. Para su uso como revestimiento de base de reparación, los recubrimientos sin carga deben ser lo suficientemente elastoméricos para ser resistentes a la erosión a la lluvia o la arena. Pueden añadirse cargas adicionales para aumentar la velocidad de erosión por arena.
- 30 La resina/recubrimiento de reparación puede ser sólida en un 100% sin disolvente o puede contener diluyentes tales como disolvente o agua. La resina de reparación puede ser reactiva o no reactiva (que han reaccionado completamente antes). Puede contener algunos o todos de los componentes siguientes: resinas, agentes de curado, cargas, fibras, materiales textiles, modificadores de la viscosidad, pigmentos, estabilizadores de hidrólisis, promotores de adhesión, agentes de acoplamiento, estabilizadores frente a UV, antiespumantes, agentes humectantes, etc. La resina/recubrimiento de reparación puede ser tan fluido como un recubrimiento que puede aplicarse con brocha hasta tan viscoso como un compuesto de calafateo fluido.
- 40 Para su uso recubrimiento resistente a la erosión que puede lijarse, el recubrimiento está compuesto por una composición de recubrimiento altamente flexible con cargas añadidas adicionales a un nivel suficiente para permitir la retirada del material particulado de la superficie superior del polímero durante el ligado. Los polímeros orgánicos adecuados para formar los recubrimientos que pueden lijarse a mano pueden comprender poliacetales, poliureas, poliuretanos, poliolefinas, materiales poliacrílicos, policarbonatos, compuestos polialquídicos, poliestirenos, poliésteres, poliamidas, poliaramidas, poliamidaimidas, poliarilatos, poliarilsulfonas, poliétersulfonas, sulfuros de polifenileno, polisulfonas, poliimidias, poliéterimidias, politetrafluoroetilenos, poliéter cetonas, poliéter éter cetonas, poliéter cetona cetonas, polibenzoxazoles, polioxadiazoles, polibenzotiazinofenotiazinas, polibenzotiazoles, polipirazinoquinoxalinas, polipiromelitimidas, poliquinoxalinas, polibencimidazoles, polioxoindoles, polioxoisindolinas, polidioxoisindolinas, politriazinas, polipiridazinas, polipiperazinas, polipiridinas, polipiperidinas, politriazoles, polipirazoles, policarbonatos, polioxabicyclononanos, polidibenzofuranos, poliftalidas, poliacetales, polianhídridos, polivinil éteres, polivinil tioéteres, poli(alcoholes vinílicos), polivinil cetonas, poli(haluros de vinilo), poli(nitrilos de vinilo), poli(ésteres de vinilo), polisulfonatos, polisulfuros, politioésteres, polisulfonas, polisulfonamidas, poliureas, polifosfacenos, polisilazanos, poliolefinas, polisiloxanos, fluoropolímeros, polibutadienos, poliisoprenos, o una combinación que comprende al menos uno de los polímeros orgánicos anteriores. Polímeros orgánicos a modo de ejemplo son poliuretanos, poliureas y fluoropolímeros. Es deseable que el poliuretano, la poliurea y los fluoropolímeros sean un elastómero. Los polímeros orgánicos mencionados anteriormente enumerados antes pueden combinarse y/o copolimerizarse con el poliuretano o la poliurea si se desea. Los elastómeros de base pueden haber reaccionado completamente tal como poliuretano a base de agua, pueden ser elastómeros termoplásticos que han reaccionado completamente tales como poliuretano, TPR (caucho termoplástico), caucho de EPDM, caucho de nitrilo, caucho clorado, caucho de butilo, caucho de SBR (estireno-butadieno), fluoroelastómero, caucho de silicona, caucho natural, etc. El elastómero más preferido es el poliuretano y los fluoroelastómeros.
- 60 Los isocianatos en los elastómeros de poliuretano pueden ser aromáticos o alifáticos. Los diisocianatos aromáticos útiles pueden incluir, por ejemplo, diisocianato de 2,4-tolueno y diisocianato de 2,6-tolueno (cada uno denominado en general como TDI); mezclas de los dos isómeros de TDI; 4,4'-diisocianato de difenilmetano (MDI); diisocianato de p-fenileno (PPDI); 4,4'-diisocianato de difenilo; 4,4'-diisocianato de dibencilo; 4,4'-diisocianato de estilbena; 4,4'-diisocianato de benzofenona; 1,3- y 1,4-diisocianatos de xileno; o similares, o una combinación que comprende al menos uno de los isocianatos aromáticos anteriores.

Los diisocianatos alifáticos útiles pueden incluir, por ejemplo, 1,6-diisocianato de hexametileno (HDI); 1,3-diisocianato de ciclohexilo; 1,4-diisocianato de ciclohexilo (CHDI); el diisocianato de difenilmetano saturado conocido como H(12)MDI; diisocianato de isoforona (IPDI); o similares; o una combinación que comprende al menos uno de los isocianatos anteriores.

Otros poliisocianatos a modo de ejemplo incluyen diisocianato de hexametileno (HDI), diisocianato de 2,2,4- y/o 2,4,4-trimetil-1,6-hexametileno, diisocianato de dodecametileno, 1,4-diisocianato de ciclohexano, 1-isocianato-3,3,5-trimetil-5-isocianato de metilciclohexano (IPDI), 2,4'- y/o 4,4'-diisocianato de dicitlohexilmetano, 2,4- y/o 4,4'-diisocianato de difenilmetano y mezclas de estos isómeros con sus homólogos superiores que se obtienen mediante fosgenación de condensados de anilina/formaldehído, 2,4-y/o 2,6-diisocianato de tolueno y cualquier mezcla de estos compuestos.

En una realización, pueden usarse derivados de estos poliisocianatos monoméricos. Estos derivados incluyen poliisocianatos que contienen grupos biuret tal como se describe, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 3.124.605, la patente estadounidense n.º 3.201.372 y el documento DE-OS 1.101.394; poliisocianatos que contienen grupos isocianurato tal como se describe, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 3.001.973, los documentos DE-PS 1.022.789, 1.222.067 y 1.027.394 y los documentos DE-OS 1.929.034 y 2.004.048; poliisocianatos que contienen grupos uretano tal como se describe, por ejemplo, en los documentos DE-OS 953.012, BE-PS 752.261 y las patentes estadounidenses n.ºs 3.394.164 y 3.644.457; poliisocianatos que contienen grupos carbodiimida tal como se describe en el documento DE-PS 1.092.007, la patente estadounidense n.º 3.152.162 y los documentos DE-OS 2.504.400, 2.537.685 y 2.552.350; y poliisocianatos que contienen grupos alofanato tal como se describe, por ejemplo, en los documentos GB-PS 994.890, BE-PS 761.626 y NL-OS 7.102.524. En otra realización, pueden usarse N,N',N"-tris-(6-isocianatohexil)-biuret y mezclas del mismo con sus homólogos superiores e isocianurato de N,N',N"-tris-(6-isocianatohexilo) y mezclas del mismo con sus homólogos superiores que contienen más de un anillo isocianurato.

Ejemplos de polioles adecuados son poliéster polioles, policaprolactona polioles, poliéter polioles, polihidroxi-policarbonatos, polihidroxi-poliacetales, polihidroxi-poliacrilatos, polihidroxi-poliésteres-amidas y polihidroxi-polioéteres. Polioles a modo de ejemplo son poliéster polioles, poliéter polioles, derivados de poliésteres de lactonas (por ejemplo, [épsilon]-caprolactona o ácido [omega]-hidroxycaproico), o una combinación que comprende al menos uno de los polioles anteriores.

Prepolímeros de isocianato a modo de ejemplo son TDI-éter, TDI-éster, TDI-lactona, MDI-éter, MDI-éster, H12MDI-éter, H12MDI-éster y prepolímeros similares compuestos por HDI, IPDI y PPD. Se prefieren los prepolímeros de isocianato con pocos monómeros de isocianato libres.

La composición de recubrimiento también comprende un agente de curado opcional. Ejemplos de agentes de curado adecuados son aminas aromáticas que pueden usarse como agentes de curado y son fenilendianilina, 4,4'-metileno-bis-(2-cloroanilina), 4,4'-metilendianilina (MDA), 4,4'-metileno-bis(2,6-dictilanilina), 4,4'-metileno-bis(2,6-dimetilanilina), 4,4'-metileno-bis(2-isopropil-6-metil-anilina), 4,4'-metileno-bis(2-etil-6-metil-anilina), 4,4'-metileno-bis(2,6-isopropilanilina), 4,4'-metileno-bis(3-cloro-2,6-dietilamida) (MCDEA), 1,3-propanodiolbis(4-aminobenzoato), dietiltoluenodiamina (DETDA), dimetil-toluenodiamina; o similares; o una combinación que comprende al menos una de las aminas aromáticas anteriores. Pueden usarse ésteres poliaspárticos. Agentes de curado de poli-ol son poliéster polioles, policaprolactona polioles, poliéter polioles, polihidroxi-policarbonatos, polihidroxi-poliacetales, polihidroxi-poliacrilatos, polihidroxi-poliéster amidas y polihidroxi-polioéteres. Polioles a modo de ejemplo son poliéster polioles, poliéter polioles, poliésteres derivados de lactonas (por ejemplo, ϵ -caprolactona o ácido ω -hidroxycaproico), o una combinación que comprende al menos uno de los polioles anteriores. Las iminas son agentes de curado útiles, incluyendo aldiminas, ketiminas, iminas multifuncionales.

La humedad atmosférica puede servir para curar únicamente o puede catalizar la reacción entre el poliuretano y el agente de curado. Esto se denomina curado por humedad. Para recubrimientos acuosos, pueden usarse dispersiones de poliuretano con o sin agentes de curado. El entrecruzamiento de dispersiones acuosas de poliuretano puede llevarse a cabo mediante el uso de materiales funcionales de aziridinas, compuestos epoxídicos e isocianatos.

Otros aditivos útiles en las composiciones de recubrimiento incluyen agentes de nivelación, promotores de adhesión, agentes de acoplamiento, antiespumantes, estabilizadores de hidrólisis, estabilizadores frente a UV, pigmentos, dispersantes, aceleradores de curado, diluyentes, o combinaciones de los mismos.

Con el fin de mostrar alta resistencia a la erosión con las cargas, el revestimiento de base utiliza preferiblemente una composición de recubrimiento en la que se ha determinado que la base elastomérica del recubrimiento de reparación antes de la adición de cualquier carga tiene preferiblemente una resistencia a la tracción mínima de 1000 psi, un alargamiento a la rotura superior al 100% y una dureza Shore A de menos de 95A, más preferido un alargamiento del 200% y lo más preferido un alargamiento el 350%. Estas propiedades se someten a prueba generalmente según la norma ASTM D412-92 o D2370 si está sometiéndose a prueba un recubrimiento de película. Bases elastoméricas a modo de ejemplo junto con pruebas y métodos de prueba especializados son tal como se da

a conocer en la solicitud de patente estadounidense n.º 11/136.827, presentada el 24 de mayo de 2005, que se incorpora en el presente documento como referencia en su totalidad.

5 Las cargas que pueden usarse para obtener la base elastomérica que puede lijarse a mano y que también aumentarán la velocidad de erosión por arena para la capa de revestimiento de base de reparación incluyen, pero no se limitan a, la lista siguiente:

10 silicatos (tales como talco, arcillas, (montmorillonita) feldespato, mica, silicato de calcio, metasilicato de calcio, aluminosilicato de calcio, silicato de sodio), sulfatos metálicos (tales como sulfato de calcio, sulfato de bario, sulfato de sodio, sulfato de aluminio y sodio, sulfato de aluminio), yeso, trihidrato de aluminio, grafito, óxidos metálicos (tales como óxido de calcio (cal), óxido de aluminio, dióxido de titanio, óxido de hierro, óxido de estaño) y sulfitos metálicos, polvos metálicos, copos metálicos, fibras metálicas, fibras metálicas molidas, nitruros metálicos, grafito, nanotubos de carbono, fibras de carbono y fibras de carbono molidas, sílice (tal como cuarzo, perlas de vidrio, burbujas de vidrio y fibras de vidrio), esferas de vidrio recubiertas de metal, esferas huecas recubiertas de metal, 15 buckybolos, polímeros electroactivos, óxido de estaño dopado con antimonio, negros de carbono, coque, microglobos, y óxidos, boruros, carburos, nitruros y silicatos del grupo de compuestos que contienen compuestos de boro, aluminio, silicio, titanio, tungsteno y zirconio.

20 Los ejemplos de cargas basadas en compuestos orgánicos que pueden usarse incluyen material en polvo termoplástico tal como policarbonato, poliéterimida, poliéster, polietileno, polisulfona, poliestireno, copolímero de bloque de acrilonitrilo-butadieno-estireno, teflón, fluoropolímeros, polipropileno, polímeros de acetal, poli(cloruro de vinilo), poliuretanos, nailon y combinaciones de los mismos. En general, algunos polímeros termoplásticos útiles son aquellos que tienen una temperatura de fusión alta o buenas propiedades de resistencia al calor. Hay varios modos para formar una partícula abrasiva termoplástica conocidos en la técnica.

25 Las cargas útiles tienen una dureza mayor que la del material que forma la fase continua del recubrimiento. El tamaño de partícula de las cargas puede ser desde tamaño nanométrico hasta 200 micrómetros, o preferiblemente de menos de 100 micrómetros. El contenido de carga en el recubrimiento que puede lijarse a mano, basándose en el peso en sólidos total, puede oscilar entre el 10% en peso y el 90%, dependiendo de la interacción de las cargas y de los elastómeros de base. Se prefiere que sea del 20% al 80% en peso y se prefiere más que sea del 30% al 70% en peso.

30 El brillo de superficie del revestimiento de base puede ser brillo, semibrillo o mate. En algunas aplicaciones, el revestimiento de base de reparación puede usarse sin revestimiento de acabado adicional. Para estas aplicaciones que requieren un brillo de superficie diferente o diferentes propiedades funcionales de superficie, puede aplicarse otra capa de revestimiento de acabado. El revestimiento de acabado puede usarse para cambiar el brillo de superficie, la textura de superficie o las propiedades de superficie, tales como la conductividad antiestática o eléctrica. Tal como se describió anteriormente, el revestimiento de acabado también puede formularse para proporcionar resistencia a la erosión superior (por arena y agua) y para aplicarse sobre un revestimiento de base. En la realización preferida, la capa de revestimiento de base resistente a la erosión que puede lijarse a mano constituye al menos el 50% del grosor de recubrimiento total.

35 Si el recubrimiento es sólido en un 100%, una aplicación con este procedimiento llenará las cavidades de los sitios de daño hasta su altura completa. Si el recubrimiento contiene disolvente, el grosor de recubrimiento seco depende del contenido en sólidos secos del recubrimiento. En este caso, puede realizarse una segunda aplicación para aumentar el grosor de la película seca en los sitios de daño. Aun cuando la evaporación del disolvente dejara indentaciones muy ligeras en los sitios de daño, una aplicación del revestimiento de base con el único aplicador flexible pudo reparar la pala de rotor rápidamente y el helicóptero pudo continuar volando en un corto periodo de tiempo sin efectos aerodinámicos perjudiciales sobre la pala de rotor. El revestimiento de base descrito en este caso se usa para llenar cavidades y sitios de erosión y daño por impacto y erosión.

40 Se ha encontrado un método muy eficaz para reparar las depresiones, picaduras y orificios profundos formados por la erosión y los daños por impacto. En primer lugar, la resina de reparación está formulada de modo que hay un grado algo mayor de "cuerpo" en el momento de la reparación. La resina de reparación puede ser tixotrópica, pseudoplástica o tener simplemente al menos viscosidad moderada. "Viscosidad moderada" significa que la resina de reparación puede aplicarse con brocha y no fluir fuera de la superficie aplicada. La resina de reparación puede ser reactiva preferiblemente, en cuyo caso la viscosidad aumenta con el tiempo una vez que los componentes se mezclan entre sí. La resina de reparación también puede ser no reactiva, siendo una resina que ha reaccionado completamente disuelta en disolvente o agua.

45 Se ha encontrado un método muy eficaz para reparar las depresiones, picaduras y orificios profundos formados por la erosión y los daños por impacto. En primer lugar, la resina de reparación está formulada de modo que hay un grado algo mayor de "cuerpo" en el momento de la reparación. La resina de reparación puede ser tixotrópica, pseudoplástica o tener simplemente al menos viscosidad moderada. "Viscosidad moderada" significa que la resina de reparación puede aplicarse con brocha y no fluir fuera de la superficie aplicada. La resina de reparación puede ser reactiva preferiblemente, en cuyo caso la viscosidad aumenta con el tiempo una vez que los componentes se mezclan entre sí. La resina de reparación también puede ser no reactiva, siendo una resina que ha reaccionado completamente disuelta en disolvente o agua.

50 En la puesta en práctica de esta invención, la resina/recubrimiento de reparación puede contener cargas, aditivos, fibras, materiales textiles de efecto especial para proporcionar funciones y propiedades especiales. Si la carga añadida reduce la resistencia a la erosión de la resina/recubrimiento, puede aplicarse otra capa del revestimiento de acabado con mayor resistencia a la erosión por lluvia o arena encima de la resina/recubrimiento de reparación. En este caso, el procedimiento de reparación comprende la aplicación de imprimador (opcional), el revestimiento de base y el revestimiento de acabado. El revestimiento de acabado puede estar formulado para proporcionar el color,

55 En la puesta en práctica de esta invención, la resina/recubrimiento de reparación puede contener cargas, aditivos, fibras, materiales textiles de efecto especial para proporcionar funciones y propiedades especiales. Si la carga añadida reduce la resistencia a la erosión de la resina/recubrimiento, puede aplicarse otra capa del revestimiento de acabado con mayor resistencia a la erosión por lluvia o arena encima de la resina/recubrimiento de reparación. En este caso, el procedimiento de reparación comprende la aplicación de imprimador (opcional), el revestimiento de base y el revestimiento de acabado. El revestimiento de acabado puede estar formulado para proporcionar el color,

60 En la puesta en práctica de esta invención, la resina/recubrimiento de reparación puede contener cargas, aditivos, fibras, materiales textiles de efecto especial para proporcionar funciones y propiedades especiales. Si la carga añadida reduce la resistencia a la erosión de la resina/recubrimiento, puede aplicarse otra capa del revestimiento de acabado con mayor resistencia a la erosión por lluvia o arena encima de la resina/recubrimiento de reparación. En este caso, el procedimiento de reparación comprende la aplicación de imprimador (opcional), el revestimiento de base y el revestimiento de acabado. El revestimiento de acabado puede estar formulado para proporcionar el color,

65 En la puesta en práctica de esta invención, la resina/recubrimiento de reparación puede contener cargas, aditivos, fibras, materiales textiles de efecto especial para proporcionar funciones y propiedades especiales. Si la carga añadida reduce la resistencia a la erosión de la resina/recubrimiento, puede aplicarse otra capa del revestimiento de acabado con mayor resistencia a la erosión por lluvia o arena encima de la resina/recubrimiento de reparación. En este caso, el procedimiento de reparación comprende la aplicación de imprimador (opcional), el revestimiento de base y el revestimiento de acabado. El revestimiento de acabado puede estar formulado para proporcionar el color,

brillo y resistencia a la erosión deseados, pero en general no puede lijarse a mano, por la definición de esta invención. La invención también puede aplicarse a sistemas de recubrimientos de una sola capa o de múltiples capas.

5 Técnicas para someter a prueba elastómeros que pueden lijarse a mano

Un método para determinar si un recubrimiento puede lijarse a mano es usar una prueba de lijado a mano. Otro método es usar una prueba mecánica de erosión de material particulado o un aparato de abrasión Taber y luego correlacionarla con el caso del lijado a mano.

10

Prueba de lijado a mano

Los materiales de recubrimiento o bien se recubren por pulverización sobre el sustrato o bien se adhieren al sustrato con un adhesivo sensible a la presión permanente de doble cara. Va a usarse un disco de lijado de 3" de diámetro, Roloc TSM 361 F de 3M, con un abrasivo de óxido de aluminio de 80 de grano, como medio de lijado. El disco es rígido con un anillo central de metal en el centro. El disco se dobla en ambos lados con los dedos, y la sección media se presiona hacia abajo contra la superficie de recubrimiento elastomérico usando dos dedos centrales. Usando presión moderadamente firme, se realiza el lijado con un temporizador durante un minuto. El lijado se centró en una zona pequeña de aproximadamente 1,5" x 3" de dimensión. Se registraron los pesos antes y después del lijado a mano.

15

20

Ejemplo comparativo 1.

Se lijó a mano Caapcoat Black B-274, un recubrimiento resistente a la erosión por lluvia pulverizable fabricado por Caap, Inc. como en el procedimiento anterior. El recubrimiento se notó gomoso, con mucha resistencia al lijado. El disco de lijado se calentó tras aproximadamente 15 segundos de lijado a mano. Solo se obtuvieron cantidades traza de polvo/desechos de lijado. El brazo usado en el lijado a mano se notó dolorido y cansado tras 40 segundos. La pérdida de peso tras un minuto de lijado fue de 0,029 gramos

25

30 Ejemplo comparativo 2.

Se lijó a mano Caapcoat FP-200, un revestimiento de base resistente a la erosión por lluvia pulverizable gris en un sistema de recubrimiento de revestimiento de base-revestimiento de acabado FP-250. El recubrimiento se notó gomoso, con mucha fricción. La mano resultó cansada tras aproximadamente 40 segundos. Se observó polvo fino de lijado. Hubo algo de aumento de calor alrededor de los 30 segundos. La pérdida de peso tras un minuto fue de 0,040 gramos.

35

Ejemplo comparativo 3.

Se lijó Caapcoat White, un recubrimiento resistente a la erosión por lluvia pulverizable blanco de brillo. Los resultados fueron similares a los del ejemplo comparativo 2. La pérdida de peso tras un minuto fue de 0,022 gramos.

40

Ejemplo comparativo 4.

Se lijó Caapcoat Fluoroelastomer V, un recubrimiento elastomérico frente a erosión por lluvia pulverizable gris. La película usada para la prueba de lijado tenía 0,002" de grosor debido al bajo contenido en sólidos del recubrimiento. Se lijó el recubrimiento. La película se rasgó fácilmente debido al bajo grosor de película.

45

Sin embargo, se observó escasa capacidad de lijado con muy poco polvo fino de lijado. La pérdida de peso tras un minuto, incluyendo los trozos rasgados, fue de 0,050 gramos.

50

Ejemplo comparativo 5.

Se lijó Chemglaze M331, un recubrimiento resistente a la erosión por lluvia pulverizable negro de brillo fabricado por Lord Corporation. El recubrimiento produjo muy poco polvo fino de lijado tras un minuto. Las manos se cansaron tras aproximadamente 50 segundos. La pérdida de peso fue de 0,024 gramos tras un minuto.

55

Ejemplo comparativo 6.

Se lijó un trozo de una funda moldeada Task L-101 fabricada por Task Inc. El disco de lijado se calentó mucho en aproximadamente 7 segundos. El lijado tuvo que continuarse cambiando los dedos para estar cómodo. La pérdida de peso fue de 0,062 gramos tras un minuto.

60

Ejemplo comparativo 7.

Se lijó cinta 8545 de 3M, una lámina de poliuretano resistente a la erosión moldeada negra fabricada por la empresa

65

3M. El disco de lijado se calentó mucho en 15 segundos. El material se notó gomoso, con trazas de polvo fino de lijado conjuntamente en forma de grumo. La pérdida de peso fue de 0,028 gramos tras un minuto.

Ejemplo comparativo 8.

Se lijó cinta 8667 de 3M, una cinta de poliuretano resistente a la erosión moldeada negra con capa de soporte adhesiva sensible a la presión. Hubo mucha fricción. El disco de lijado se calentó mucho en 15 segundos. Las trazas de polvo fino de lijado se enrollaron formando pequeños grupos. La pérdida de peso fue de 0,018 gramos tras un minuto.

Tal como se observa en los ejemplos comparativos anteriores, una persona que intenta lijar un área pequeña de 1,5" x 3" durante un minuto usando el recubrimiento resistente a la erosión comercial actual podría no retirar mucho material, al mismo tiempo, la persona se sentiría cansada, agotada y también se encontraría con el calor incómodo generado en un periodo muy corto de lijado a mano. Por tanto, cuando se intenta utilizar los materiales de los ejemplos comparativos 1-8, no resulta práctico o incluso sería imposible realizar una reparación de campo de una pala de rotor, que puede medir aproximadamente 20 pies de largo.

Las propiedades de lijado a mano se determinan mediante la cantidad de carga total. Cuando aumenta la cantidad de carga, la película polimérica encima del elastómero puede romperse y formar desechos sueltos, haciendo de ese modo que el lijado a mano sea más fácil de realizar. Puesto que cada carga tiene sus propias propiedades de densidad y superficie, la interacción de la carga y el elastómero de base varía y puede determinarse mediante ensayos experimentales.

En contraposición a los ejemplos comparativos anteriores, un buen recubrimiento que puede lijarse a mano produjo desechos sueltos en forma de polvo, dejando una cantidad sustancial de desechos sobre la superficie del recubrimiento tras el lijado, en lugar de quedar atrapados dentro de las partículas abrasivas en el papel de lija. En un procedimiento similar realizado por la misma persona usando la misma técnica, la pérdida de peso del recubrimiento que puede lijarse a mano es superior a 0,080 gramos, preferiblemente superior a 0,100 gramos, e incluso más preferiblemente superior a 0,150 gramos.

La figura 9 ilustra un ejemplo del aparato mecánico de erosión por arena tal como se pone en práctica en el aparato de prueba de erosión por partículas, utilizado en el Instituto de Investigación de la Universidad de Dayton, Dayton, Ohio. En esta prueba, se aceleran partículas 90 en un chorro de gas a alta velocidad 92 de pequeño diámetro (aproximadamente 0,25 pulgadas) y se dirigen sobre una muestra de prueba 96 tal como se ilustra en la figura 9. Puesto que el diámetro del chorro es más pequeño que el área de la muestra de prueba, el soporte de muestra y el chorro se articulan de modo que la muestra de prueba 96 se mueve a través del chorro de manera uniforme. Esta articulación proporciona una carga de partículas uniforme (masa de partículas interceptada por área superficial unitaria) sobre un área cuadrada de aproximadamente 316 cm² (es decir, 7,0 pulgadas cuadradas). Las 6 pulgadas cuadradas interiores se consideran un área de prueba válida. Para la prueba de erosión por arena usando una muestra plana de 1" x 1", el área de exposición a la erosión por arena neta es un círculo de 2,0 centímetros.

Aire comprimido 98 proporciona la corriente de gas de transporte con reguladores y transductores de presión para medir y controlar la presión en la entrada de la boquilla. Las partículas se dosifican al interior de la corriente de gas de transporte a partir de un sistema alimentador de husillo a presión. Puesto que el alimentador de husillo proporciona un flujo de partículas muy preciso y uniforme, la masa de partículas aplicada a la muestra se determina por el tiempo transcurrido basándose en la calibración previa del alimentador de husillo.

La velocidad se determina como una función de la presión de entrada de la boquilla mediante la calibración previa. Por tanto, para una prueba dada, puede seleccionarse una velocidad de prueba específica a partir de esta velocidad frente a la calibración de presión. El tamaño de partícula, la velocidad y el ángulo de impacto 97 pueden controlarse de manera independiente. Esto proporciona una capacidad excelente para evaluar paramétricamente la respuesta de los materiales críticos y los recubrimientos a los efectos de impacto de partículas sólidas. Los materiales de componentes tales como recubrimientos de pala de aeronave de alas giratorias, bordes de ataque, parabrisas, radomos, pinturas, y cualquier recubrimiento especial pueden evaluarse en un entorno de laboratorio bien controlado en condiciones de impacto de partículas realistas.

La Particle Erosion Test Facility (instalación de prueba de erosión por partículas) difiere del entorno de vuelo real en que la muestra es estacionaria y el campo de partículas está moviéndose a la velocidad de impacto especificada. Mientras que los parámetros clave en el entorno de vuelo son la concentración de masa de nube estática (masa o volumen de partículas por unidad de volumen) y la velocidad, en la instalación de erosión por partículas los parámetros clave son la carga y la velocidad de la masa de partículas. La relación entre la carga de masa en la instalación de prueba y la concentración de nube de polvo fino, el tiempo y la velocidad de impacto en el entorno de vuelo es tal como sigue: Carga de masa = Concentración * velocidad * tiempo (* factores de conversión unitarios).

Se usa un tamaño de muestra de 1 pulgada cuadrada para determinar la velocidad de erosión por arena. La erosión por arena se realizó con arena de sílice seca que se había tamizado hasta 177-250 micrómetros (um). La arena se

tamiza a partir de sílice no molida de serie F de U. S. Silica a una velocidad de corriente de partículas media de 500 millas por hora, usando un ángulo de impacto de 30 grados. La masa de partículas incidentes se fija a 10 gramos por centímetro cuadrado.

5 En la puesta en práctica de esta invención en entornos arenosos, se usa una capa de elastómero de alta resistencia a la erosión por arena encima de la capa de revestimiento de base que puede lijarse. Para mantener la capacidad de lijado, se prefiere dejar que el revestimiento de base que puede lijarse ocupe al menos el 50% del grosor del recubrimiento total. En general, se prefiere usar una capa de 0,004" o más fina del revestimiento de acabado. En esta realización, la erosión por arena erosionará la capa superior y luego el revestimiento de base y el imprimador.

10 Cuando el revestimiento de base queda expuesto, primero se cubre el daño por erosión con un recubrimiento resistente a la erosión por arena renovable. Cuando se erosiona el revestimiento de base, se lija y se repara fácilmente con el procedimiento dado a conocer en esta invención.

15 En una realización, el revestimiento de base está configurado para tener una velocidad de erosión por arena (pérdida de peso en masa) mayor de 0,024 gramos cuando se somete a prueba según el aparato de prueba de erosión por partículas a 500 mph, ángulo de impacto de 30 grados, tamaño de muestra de 1" x 1", con partículas de arena de 177-250 micrómetros, más preferiblemente mayor de 0,040 gramos, Incluso se prefiere más tener el revestimiento de base configurado para tener una velocidad de erosión por arena superior a 0,050 gramos para una mejor capacidad de lijado a mano.

20 En otra realización, el revestimiento de base está configurado para tener una velocidad de erosión por arena (pérdida de peso en masa) mayor de 0,024 gramos, y al mismo tiempo contener una capa de revestimiento de acabado que tiene una velocidad de erosión por arena de menos de 0,020 gramos. Se prefiere más que tenga una capa de revestimiento de base con velocidad de erosión por arena superior a 0,040 gramos, y una capa de revestimiento de acabado con una velocidad de erosión por arena de menos de 0,015 gramos. Incluso se prefiere más tener un revestimiento de base con velocidad de erosión por arena mayor de 0,050 gramos.

25 Para su uso en el entorno acuático sin problemas de erosión por arena, puede usarse sola la capa de revestimiento de base que contiene carga que conserva buena resistencia a la erosión por lluvia, formando una capa de protección frente a la erosión por lluvia que puede lijarse. Aplicación del revestimiento de acabado de reparación.

30 Para situaciones de daño menor en las que la erosión sólo ha retirado el revestimiento de acabado y ha expuesto el revestimiento de base subyacente, estas zonas sólo necesitan reparación del revestimiento de acabado. Además, también pueden repararse picaduras y depresiones más pequeñas de 1/16" reparando sólo el revestimiento de acabado. Las superficies ligeramente dañadas pueden limpiarse con disolventes tales como xileno, tolueno, acetato de butilo o MEK (metil etil cetona).

40 Realización de sistema de advertencia de erosión temprana

Esta realización da a conocer el uso de color de contraste en la formación del sistema de protección frente a la erosión del perfil de ala. El sistema de recubrimiento puede comprender un imprimador de color A, un revestimiento de base de color B y un revestimiento de acabado opcional de color C. Los colores de A, B y C están formulados para proporcionar un contraste de color de modo que cuando la erosión alcanza cada capa, proporciona una indicación y advertencia visual de la necesidad de reparar. El uso de imprimador es opcional, ya que algunos sistemas de resina de revestimiento de base pueden poseer suficiente adhesión de manera que no se necesita imprimador. En algunos casos, el sistema de recubrimiento puede contener sólo imprimador y revestimiento de base, o en otros sólo revestimiento de base y revestimiento de acabado.

50 En una realización, el revestimiento de base está formulado para que sea de color grisáceo para proporcionar contraste con respecto al revestimiento de acabado negro mate. Esto sirve como indicador de advertencia temprana para daño por erosión. La vida útil del rotor y de su recubrimiento protector elastomérico puede aumentarse enormemente si los procedimientos de reparación de rutina incorporan la inspección regular para detectar alguna indicación visual de daño y si se encuentra alguno, se pulverizan de cuatro a seis capas de reparación de revestimiento de acabado mate en los lugares en los que el revestimiento de base gris queda expuesto para impedir cualquier erosión adicional del revestimiento de base. El revestimiento de acabado negro mate está diseñado para su uso como recubrimiento de retoque de mantenimiento regular. Ha de usarse en los lugares en los que el revestimiento de base gris se vuelve visible. En el uso de rutina, se aplica un revestimiento de acabado pulverizable de reparación en los lugares en los que el revestimiento de acabado desaparece por erosión y se muestra el revestimiento de base gris. El revestimiento de acabado se pulveriza mientras que la pala de rotor está todavía en la aeronave, en el campo. Según la realización del método de reparación, la pulverización del revestimiento de acabado se usa como primera línea de defensa contra el daño por erosión.

55 El revestimiento de acabado puede aplicarse mediante aplicación con brocha, inmersión o pulverización. Si se ha aplicado un revestimiento de base de reparación subyacente, el grosor pesado del revestimiento de base hace que se prefiera dar tiempo para que el disolvente desaparezca del revestimiento de base antes de que se aplique el

revestimiento de acabado. Dependiendo del entorno de aplicación, generalmente es suficiente de una a dos horas de tiempo de espera. Para obtener el mejor aspecto mate, la pulverización es el método de aplicación preferido.

La pulverización del recubrimiento puede llevarse a cabo mediante cualquiera de los métodos de pulverización conocidos, incluyendo pero sin limitarse a pulverizador de gatillo, pulverizador a presión accionado por aire, pulverizador impulsado por propelente, pulverizador en aerosol, pulverizador de bomba, etc. Para reparaciones de campo lejos de una fuente de suministro de aire a presión, se prefiere espacialmente un pequeño pulverizador de gatillo manual desechable o pulverizador impulsado por propelente en aerosol. Un ejemplo de pulverizador impulsado por propelente adecuado es el pulverizador de pintura Preval (pistola de pulverización). El pulverizador de pintura Preval incluye una unidad motriz llena de propelente para el pulverizador y un recipiente para la pintura.

Normalmente, un solo paso de pulverización del revestimiento de acabado mate deposita aproximadamente 0,0005" (0,5 milésimas de pulgada) de revestimiento de acabado seco. Aunque puede variar con la gravedad del daño, se ha encontrado que se usan 4-6 capas de pulverización (0,002-0,003") para mantener la resistencia a la erosión de las palas recubiertas tras la reparación. El revestimiento de acabado puede pulverizarse con tantos revestimientos como sea necesario. Para maximizar la resistencia a la erosión por arena, se prefiere un revestimiento de acabado con bajo contenido de carga, alta resistencia a la erosión por arena. Tras la reparación, se coloca de nuevo en servicio una pala de rotor con resistencia a la erosión renovada.

Ejemplo de reparación en campo de pala de rotor de helicóptero

Se preparó un sistema de recubrimiento pulverizable experimental para su aplicación en palas de rotor de helicóptero. El sistema de recubrimiento contiene un imprimador epoxídico verde, un revestimiento de base llenado negro grisáceo y un revestimiento de acabado negro mate. Los colores verde (imprimador) / negro grisáceo (revestimiento de base) / negro mate (revestimiento de acabado) forman el sistema de indicador de advertencia de erosión temprana. El revestimiento de base era un sistema de recubrimiento curable a temperatura ambiente que comprende poliuretano con altos niveles de carga. Cuando se lijó a mano durante un minuto tal como se describe en la prueba de lijado a mano anterior, el revestimiento de base tuvo una pérdida de peso de 0,204 gramos y generó mucho polvo suelto en 5-10 segundos. No hubo aumento de calor durante el lijado a mano de un minuto. Cuando se lijó este revestimiento de base sometido a prueba en UDRI, la velocidad de erosión en la prueba de lijado en UDRI a 1" x 1" fue de 0,058 gramos.

El revestimiento de acabado es un poliuretano curable a temperatura ambiente. El revestimiento de acabado no puede lijarse a mano, con una pérdida de peso de 0,031 gramos cuando se somete a la prueba de lijado a mano durante un minuto. El revestimiento de acabado también tiene resistencia a la erosión por lluvia y resistencia a la erosión por arena muy buenas.

Se recubrió por pulverización una pala de rotor con un imprimador epoxídico verde de 0,001" de grosor, un revestimiento de base de poliuretano elástico lleno negro grisáceo de 0,017" de grosor y una capa de revestimiento de acabado negro mate de poliuretano de 0,002" de grosor, que contenía carga de negro de carbono. Durante una primera prueba, las palas de rotor encontraron erosión por arena grave y daño por impacto de piedras y grava durante la operación en un entorno de desierto. El daño apareció como numerosas picaduras, depresiones, grietas y orificios. La superficie de pala dañada tenía una mezcla de colores visibles indicando el daño a las capas de colores diferentes. Los colores eran gris brillante (metal de sustrato), verde brillante (imprimador), negro grisáceo (revestimiento de base) y negro mate (revestimiento de acabado). Los colores contrastaban bien y los diversos grados de erosión/daños por impacto fueron fácilmente visibles durante una inspección.

Se lijó la pala con papel de lija de 80 de grano. Se usó una limpieza con disolvente usando un paño de limpieza libre de pelusas para limpiar el polvo fino de lijado suelto. Se mezcló un imprimador de reparación y se aplicó con brocha sobre los sitios metálicos expuestos con una pequeña brocha recortada hasta una punta de 1/8". Cualquier imprimador en exceso se limpió con el paño de limpieza con disolvente. Tras curar durante aproximadamente una hora, se mezcló un revestimiento de base de reparación. El revestimiento de base de reparación de uretano tenía una viscosidad con brocha cuando se mezclaba aplicándose con brocha, que aumentó gradualmente hasta una consistencia pastosa, y finalmente hasta un estado de tipo gel. El aumento de la viscosidad se usó para depositar la resina de reparación líquida sobre los diversos tamaños de cavidades de daño.

Se probaron diversas técnicas y herramientas para su uso sobre la superficie de perfil de ala para llenar los numerosos orificios diminutos y depresiones en el borde de ataque. Posteriormente se encontró que al doblar una lámina de polietileno de alta densidad de 0,010" de grosor semiflexible, la lámina puede funcionar como una lámina de aplicador flexible (FA) eficaz de un modo especial a lo largo del borde de ataque, y las numerosas picaduras, depresiones y orificios se llenaban en una operación sencilla. Se encontró que aplicando el revestimiento de base de reparación que puede aplicarse con brocha tanto sobre el borde de ataque como sobre el FA, se producía un efecto lubricante y aumentaba la eficacia de la reparación. Normalmente, un paso del FA podía llenar la mayoría de los orificios y grietas. Para algunas zonas con daño más profundo, se aplicó un paso adicional una vez seco el primer revestimiento. Se dejó secar y curar el borde de ataque reparado durante aproximadamente una hora y media. El revestimiento de acabado de reparación se mezcló y se pulverizó de 4 a 6 pases usando una pistola de

pulverización Prevail desechable. Tras el curado durante la noche, las palas de rotor reparadas tenían muy buen aspecto y el helicóptero estaba listo para volar de nuevo. Este procedimiento de reparación se realizó en el campo a la intemperie, con las palas de rotor todavía montadas en la aeronave, usando una plataforma de andamiaje para subir y bajar a los trabajadores. La aeronave reparada continuó volando mucho tiempo con el procedimiento de reparación de retoque de esta invención. El sistema de recubrimiento resistente a la erosión, la resina de reparación y el procedimiento de reparación de esta invención en combinación proporcionaron una mejora de más de 30 veces con respecto a los productos de cinta de poliuretano. Este ejemplo demuestra el uso en combinación satisfactorio de un sistema de advertencia de erosión temprana, el procedimiento de reparación de imprimador, el procedimiento de reparación del revestimiento de base y el procedimiento de reparación del revestimiento de acabado.

Ejemplo de un kit de reparación

Un kit de reparación para bordes de ataque elastoméricos de perfil de ala es una combinación muy útil y novedosa de los materiales particulares descritos en el presente documento envasados en un envase de transporte conveniente para su fácil transporte por equipos de mantenimiento móviles. El kit de reparación contendrá preferiblemente al menos los siguientes elementos: 1) un aplicador flexible y 2) material de reparación que incluye al menos uno de los siguientes: imprimador de reparación, revestimiento de base de reparación o revestimiento de acabado de reparación, dependiendo del tipo de daño encontrado. Para aplicaciones que no necesitan un revestimiento de acabado, sólo se incluye el revestimiento de base y opcionalmente un imprimador. Para aplicaciones sin necesidad de reparación de revestimiento de base, sólo es necesario incluir el revestimiento de acabado de reparación. Para aplicaciones tanto de revestimiento de base como de revestimiento de acabado, se incluyen ambos materiales de reparación, así como el imprimador opcional. El kit también puede incluir opcionalmente cualquiera de los siguientes elementos: toallitas limpiadoras libres de pelusa especiales, tijeras curvas para recortar, guantes desechables, respiradores, discos de lijado seleccionados especiales, disolventes tales como xileno, botella rociadora, brochas de 1/2" desechables, aplicadores Microbrush desechables, aplicadores Ultrabrush desechables. El Kit puede alojarse en cualquier envase conveniente, por ejemplo, una caja de papel, un recipiente de almacenamiento de plástico y/o un recipiente de mano de plástico para su fácil transporte en uso de misión militar.

Realizaciones alternativas

Aunque la separación con disolvente no es el método preferido para la reparación de campo, los métodos de reparación dados a conocer en las realizaciones en el presente documento son compatibles con el método de retirada de recubrimiento mediante separación con disolvente en el entorno de trabajo apropiado. Por ejemplo, la separación con disolvente en combinación con las realizaciones del método de reparación pueden ponerse en práctica satisfactoriamente en una instalación de terminal. Para determinados sustratos tales como radomos, pueden usarse técnicas de aplicación de chorro de arena u otras técnicas de aplicación de chorro de medios especializados para retirar el material dañado antes de la reparación tal como se describe en diversas realizaciones en el presente documento.

Aunque las realizaciones expuestas en el presente documento dan a conocer los métodos y los materiales para su uso en los procedimientos de reparación del perfil de ala, resulta fácilmente evidente que los métodos y los materiales incorporados pueden aplicarse a nuevos sistemas de protección frente a la erosión para su uso sobre diversas superficies de borde de ataque de perfil de ala que se benefician de la protección elastomérica frente a la erosión.

Aunque esta solicitud de patente describe la reparación y la retirada del recubrimiento pulverizable, los mismos principios se aplican a resinas de moldeo, fundas moldeadas, cinta, recubrimiento que puede aplicarse con brocha, picaduras y compuestos de calafateo. Estas aplicaciones deben tratarse como parte de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Método de reparación de una superficie de perfil de ala que tiene una pluralidad de cavidades de daño producidas por daño por erosión o impacto que comprende: llenar dicha pluralidad de cavidades de daño en dicha superficie con un material de reparación líquido usando un aplicador flexible que puede adaptarse a la superficie de dicha superficie de perfil de ala mientras se arrastra longitudinalmente a lo largo de la superficie de perfil de ala,
 5 en el que dicha superficie de perfil de ala tiene un recubrimiento protector elastomérico adherido a una parte de dicha superficie de perfil de ala y dicho recubrimiento protector elastomérico contiene dicha pluralidad de cavidades de daño producidas por daño por erosión o impacto,
 10 y en el que la parte de la superficie de perfil de ala que contiene la pluralidad de cavidades es una superficie que rodea el borde de ataque de dicho perfil de ala.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de curar dicho material de reparación líquido.
3. Método según la reivindicación 1, que comprende además curar dicho material de reparación líquido para formar un revestimiento de base elastomérico que puede lijarse a mano que tiene una carga añadida a un nivel del 20% al 80% en peso y pudiendo rasparse la superficie para dar desechos sueltos mediante lijado a mano, preferiblemente en el plazo de un minuto de lijado a mano sobre un área de 38 mm (1,5 pulgadas) por 76 mm (3 pulgadas) del revestimiento de base elastomérico que puede lijarse a mano usando papel de lija de óxido de aluminio de 80 de grano.
4. Método según la reivindicación 1, que comprende además la etapa preliminar de: lijar la parte del recubrimiento elastomérico que contiene dicha pluralidad de cavidades de daño con material abrasivo.
5. Método según la reivindicación 1, que comprende además aplicar un revestimiento de imprimador en dicha pluralidad de cavidades de daño antes de dicha etapa de llenado, preferiblemente mediante el uso de una brocha o una punta microdimensionada.
6. Método según la reivindicación 1, que comprende además tras dicha etapa de llenado dicha pluralidad de cavidades, la etapa adicional de aplicar posteriormente un revestimiento de acabado elastomérico resistente a la erosión sobre la parte de dicha superficie de perfil de ala que contiene dicha pluralidad de cavidades de daño.
7. Método según la reivindicación 6, en el que dicho revestimiento de acabado elastomérico resistente a la erosión es más resistente a la erosión por arena que el revestimiento de base elastomérico subyacente y dicho revestimiento de base elastomérico constituye preferiblemente al menos el 50% del grosor de recubrimiento total.
8. Método según la reivindicación 1, en el que el material de reparación líquido es un poliuretano, poliurea o fluoroelastómero.
9. Método según la reivindicación 2, en el que el material de reparación líquido curado tiene un alargamiento a la rotura curado final tal como se mide por la norma ASTM D412-92 de al menos el 40% a la rotura y tiene un acabado de brillo o semibrillo o mate.
10. Método según la reivindicación 1, en el que dicho aplicador flexible es una lámina plana de material de plástico de grosor seleccionado para permitir que pueda deformarse alrededor del borde de ataque del perfil de ala y que sea suficientemente rígido para extender el material de reparación líquido que tiene una viscosidad que oscila entre un recubrimiento que puede aplicarse con brocha y un material tan viscoso como un compuesto de calafateo fluido.
11. Método según la reivindicación 1, en el que el aplicador comprende:
 55 un cuerpo que tiene un área interior abierta definida por al menos una pared interior, teniendo dicha pared un borde de limpieza en un extremo distal de la misma y un borde frontal generalmente opuesto a dicho borde de limpieza;
 60 definiendo dicho borde de limpieza un contorno complementario a una superficie del borde de ataque de un perfil de ala;
 65 definiendo dicho borde frontal un contorno conformado para formar un hueco entre dicha superficie del borde de ataque de dicho perfil de ala y dicha pared interior; y en el que

- 5 durante la operación un material elastomérico se aloja dentro de dicho hueco de modo que cuando dicho aplicador se arrastra a lo largo de dicha superficie del borde de ataque de dicho perfil de ala dicho material elastomérico se deposita sobre dicha superficie del borde de ataque de dicho perfil de ala y sigue la conformación definida por ella.
12. Método según la reivindicación 11, en el que el aplicador flexible comprende además un asidero (92) unido al cuerpo.
- 10 13. Método según la reivindicación 11, en el que el aplicador flexible comprende además un conector de fluido (102) adaptado para llevar dicho material de reparación líquido al interior de dicho hueco.
- 15 14. Método según la reivindicación 11, en el que dicho cuerpo es un elemento de plástico que tiene memoria elástica que puede mantener la conformación de dicho borde de limpieza que define un contorno complementario a dicha parte de borde de ataque mientras dicho aplicador está arrastrándose a lo largo de dicha parte de borde de ataque de dicho perfil de ala.
- 20 15. Método según la reivindicación 1, en el que el material de reparación líquido está formulado como un revestimiento de base elastomérico con cargas añadidas para disminuir la resistencia al lijado del revestimiento de base, y la carga se selecciona del grupo que consiste en silicatos, arcillas, montmorillonita, feldespato, mica, silicato de calcio, metasilicato de calcio, aluminosilicato de sodio, silicato de sodio, sulfato de calcio, sulfato de bario, sulfato de sodio, sulfato de aluminio y sodio, sulfato de aluminio, yeso, trihidrato de aluminio, óxido de calcio, cal, óxido de aluminio, dióxido de titanio, óxido de hierro, óxido de estaño, sulfitos metálicos, polvos metálicos, copos metálicos, fibras metálicas, fibras metálicas molidas, nitruros metálicos, grafito, nanotubos de carbono, fibras de carbono y fibras de carbono molidas, sílice, cuarzo, perlas de vidrio, burbujas de vidrio, fibras de vidrio, esferas de vidrio recubiertas de metal, esferas huecas recubiertas de metal, buckybolos, polímeros electroactivos, óxido de estaño dopado con antimonio, negros de carbono, coque, microglobos, y óxidos, boruros, carburos, nitruros y silicatos del grupo de compuestos que contienen compuestos de boro, aluminio, silicio, titanio, tungsteno y zirconio, polvos basados en compuestos orgánicos de policarbonato, polieterimida, poliéster, polietileno, polisulfona, poliestireno, copolímero de bloque de acrilonitrilo-butadieno-estireno, teflón, fluoropolímeros, polipropileno, polímeros de acetal, poli(cloruro de vinilo), poliuretanos, nailon y combinaciones de los mismos.
- 30 16. Método según la reivindicación 1, en el que el aplicador flexible es un componente de un kit de reparación de perfil de ala, comprendiendo además el kit de reparación
- 35 un material elastomérico de reparación líquido que tiene un alargamiento a la rotura curado final tal como se mide por la norma ASTM D412-92 de al menos el 40% a la rotura, y
- 40 uno o más componentes seleccionados del grupo que consiste en unas tijeras, preferiblemente unas tijeras curvas, materiales de lijado, un imprimador, un revestimiento de base elastomérico líquido, un revestimiento de acabado elastomérico líquido, una punta o brocha, y un pulverizador.

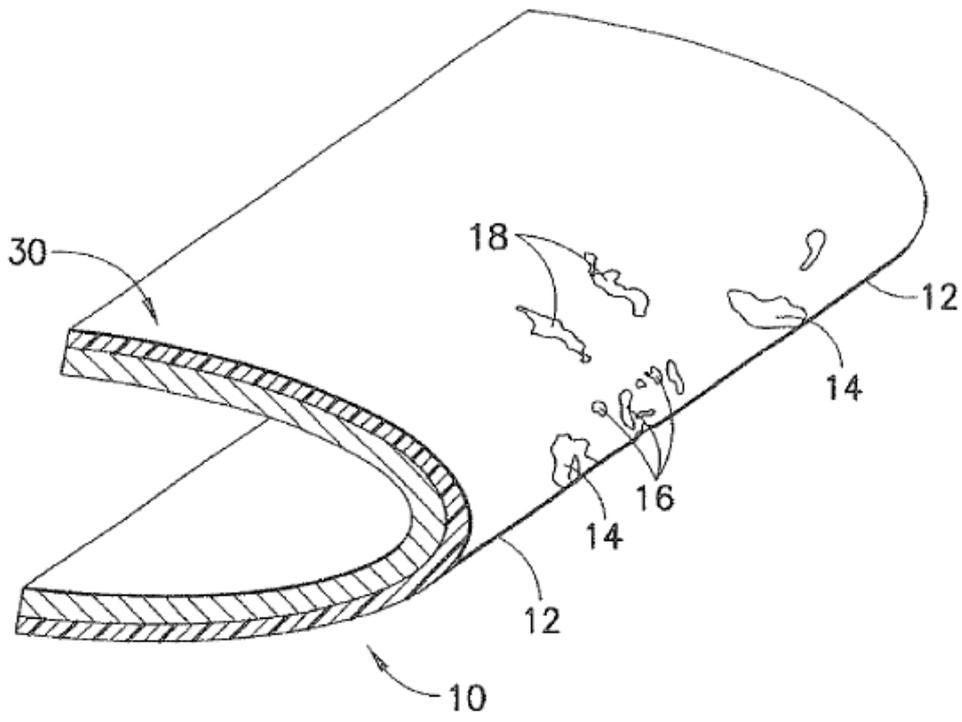


FIG. 1

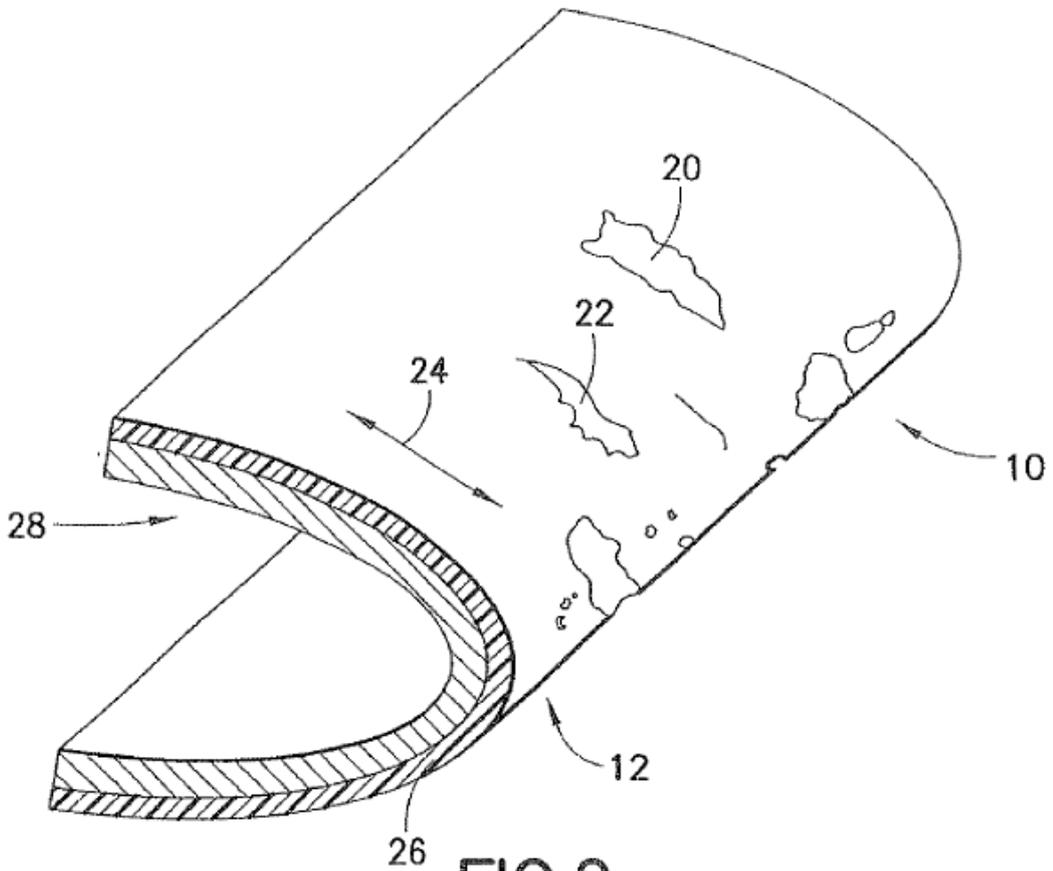


FIG. 2

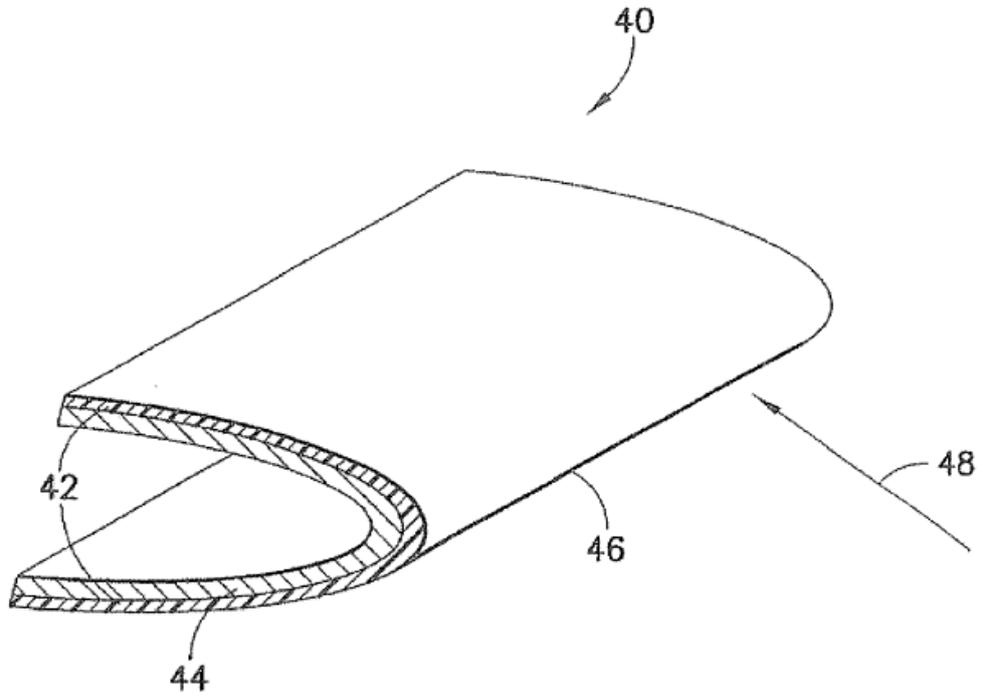


FIG. 3

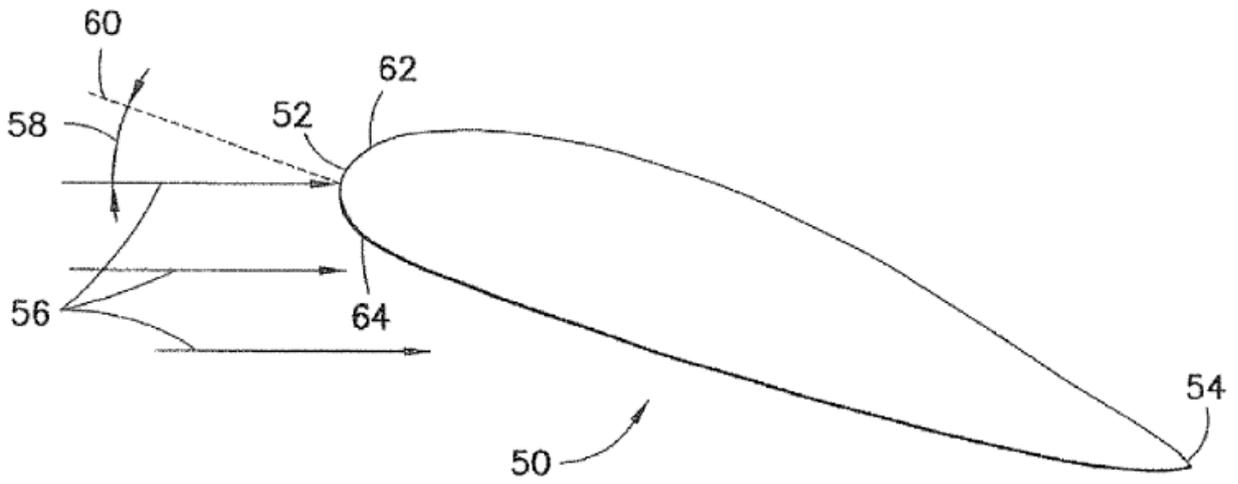


FIG. 4

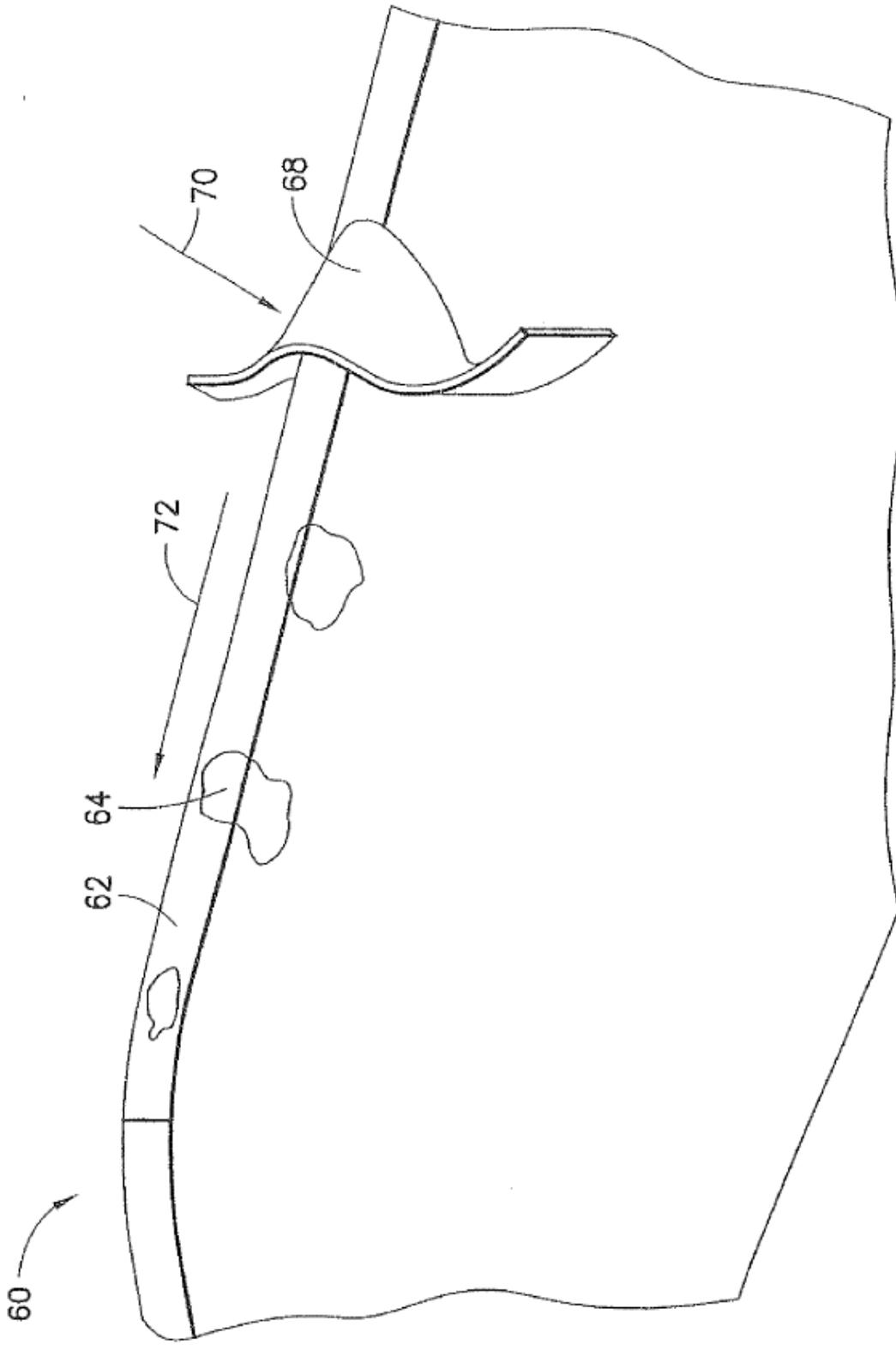


FIG.5

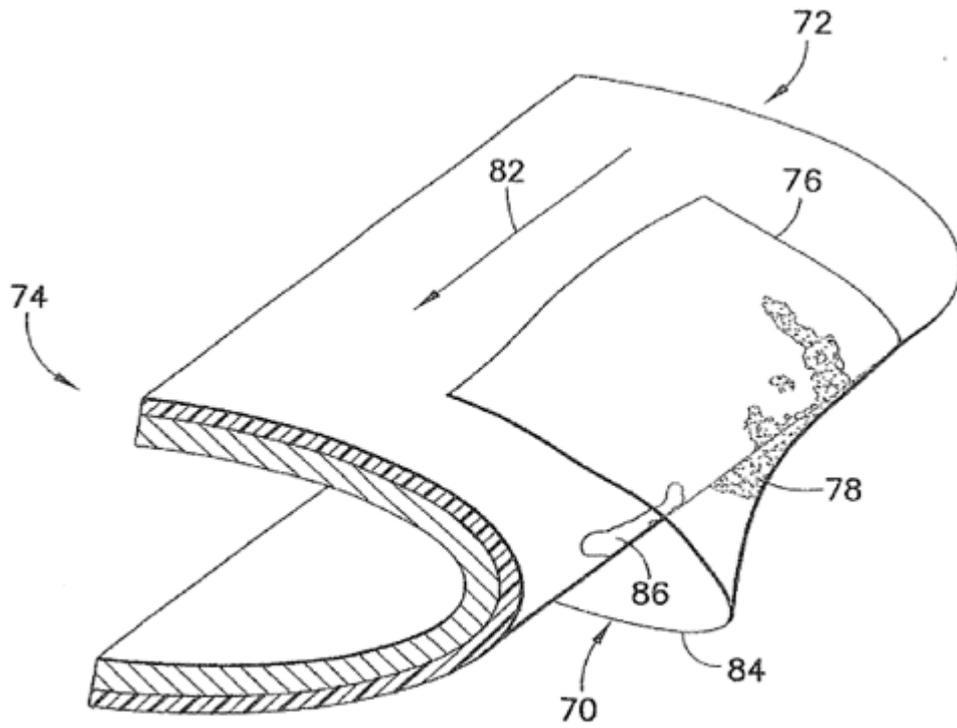


FIG. 6

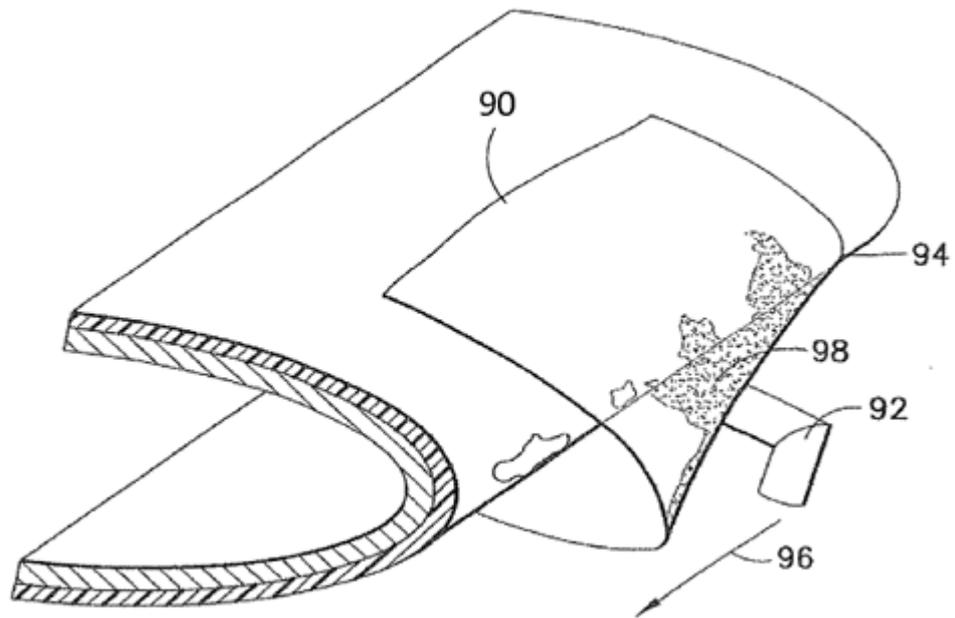


FIG. 7

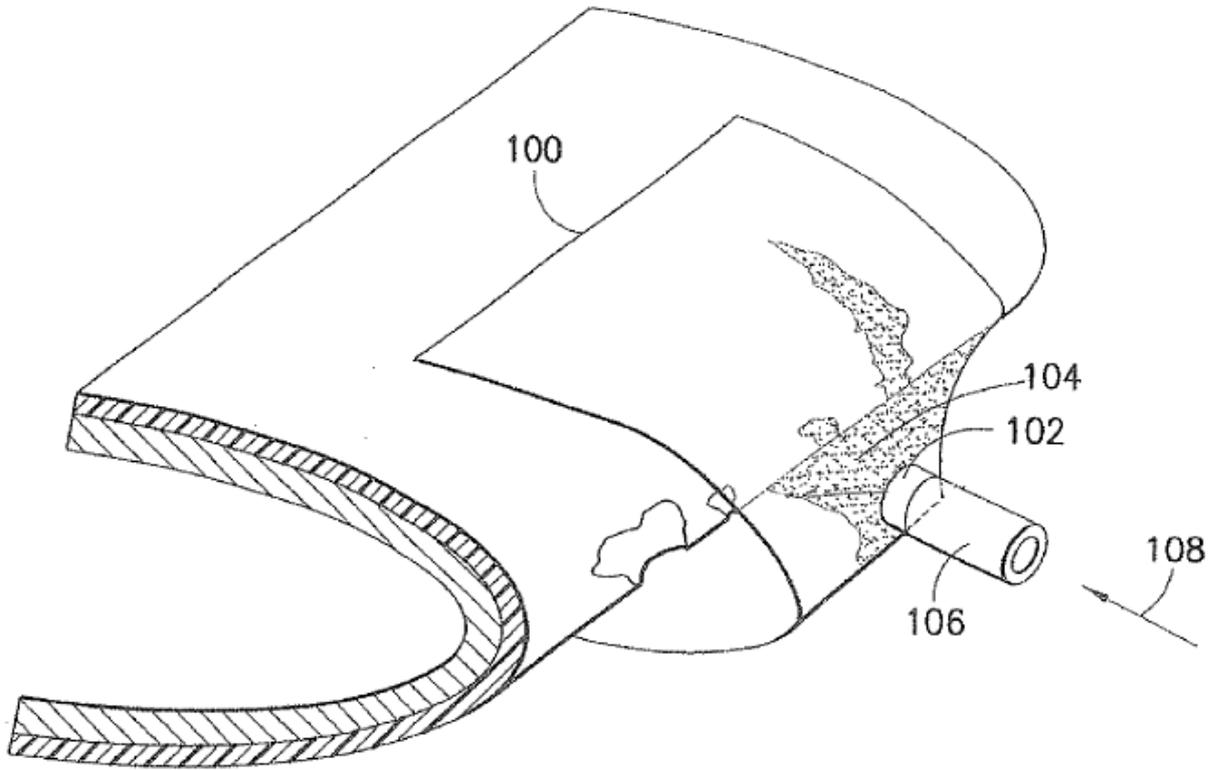


FIG. 8

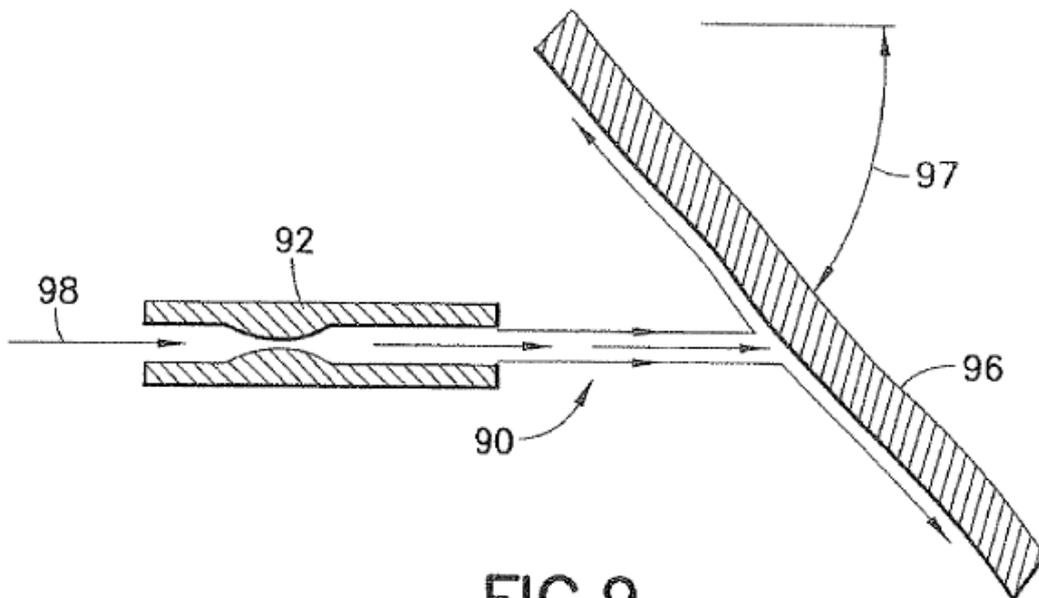


FIG. 9