



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 340 794**

⑤1 Int. Cl.:

F16D 66/02 (2006.01)

F16D 66/00 (2006.01)

F16D 55/00 (2006.01)

F16D 65/14 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **06703327 .4**

⑨6 Fecha de presentación : **09.01.2006**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1834109**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **19.09.2007**

⑤4 Título: **Frenos de aviones accionados eléctricamente.**

③0 Prioridad: **08.01.2005 GB 0500304**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.06.2010

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.06.2010

⑦3 Titular/es: **Meggitt Aerospace Limited**
Holbrook Lane
Coventry CV6 4AA, GB

⑦2 Inventor/es: **Bailey, David A.;**
Lumb, Jonathan D. y
Whittingham, Andrew

⑦4 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Frenos de aviones accionados eléctricamente.

5 La presente invención se refiere a frenos de aviones accionados eléctricamente, y más particularmente pero no exclusivamente, a la medida de desgaste y el ajuste de los frenos de este tipo.

10 Típicamente, los frenos de los aviones son del tipo denominado de múltiples discos, es decir, están dotados de unos discos de rozamiento de un compuesto de carbono-carbono e incorporan unos pistones accionados hidráulicamente y que generan la fuerza de mordaza a través del apilamiento térmico del freno, para provocar el rozamiento entre las interfaces de los discos. Un apilamiento térmico del freno que comprende unos discos C-C enchavetados en un tubo de torsión no giratorio y unos discos de rotor de C-C enchavetados en la rueda giratoria, e intercalados entre los estatores, genera las fuerzas de rozamiento para frenar y absorbe la energía cinética del avión en forma de calor. La activación del freno está bajo el control de una unidad de control electrónico, que controla la fuerza del frenado en respuesta a una señal de demanda de freno, y que monitoriza la acción de frenado mediante unas señales representativas de unos parámetros, tales como la presión de los frenos, el par de los frenos, la desaceleración, la velocidad de la rueda y la actividad de tracción.

20 Es importante en términos de la seguridad del avión que los apilamientos térmicos de los frenos tengan suficiente capacidad para absorber la energía cinética del avión durante un frenado de emergencia, tal como en un despegue rechazado. Este requisito determina una masa mínima del apilamiento térmico que debe estar disponible, y es un factor crítico que la cantidad de material que permanece en el apilamiento térmico del freno, lo que normalmente se identifica mediante el espesor del apilamiento térmico, pueda ser monitorizada con el fin de asegurar que se sustituyen a tiempo los apilamientos térmicos.

25 El espesor de los apilamientos térmicos del freno es monitorizado manualmente examinando la longitud de un pasador de desgaste fijado al disco del estator del freno, al extremo de dicho apilamiento en el que se aplica la presión del freno. Dichos pasadores de desgaste indican el espesor del material que permanece en el apilamiento térmico del freno, antes de que sea necesario una acción de mantenimiento.

30 A medida que se introduce la tecnología para los aviones más eléctricos, surge una tendencia hacia el uso de unos pistones accionadores conducidos eléctricamente para los frenos de aviones. En dichos accionadores, el desplazamiento para aplicar y liberar la fuerza de mordaza del freno sobre el pistón accionador, es accionado por un motor eléctrico a través de un mecanismo, tal como unos engranajes o un tornillo de bolas. El uso del accionamiento eléctrico permite que el accionador se vuelva más inteligente con la capacidad de proporcionar unos datos, tales como la posición del accionador con respecto al sistema de control del freno.

35 El documento US 2004/0084252 describe un sistema en el que se mide el desgaste utilizando un sensor de la posición del pistón accionador. Además, se puede realizar una estimación de la contribución al desgaste de cada una de las aplicaciones de freno individuales, basada en la temperatura medida del apilamiento térmico.

40 La patente US nº 6.003.640 a nombre de Goodrich describe un sistema que utiliza sensores de posición acoplados al pistón accionador para determinar la posición de dicho pistón. Al detectar la posición del accionador cuando está en contacto con el apilamiento térmico del freno cerrado, durante una rutina de calibración, y comparar esta posición con una posición de referencia determinada previamente, se determina el desgaste del apilamiento térmico del freno.

45 El uso de unos pasadores de desgaste en los frenos accionados hidráulicamente, y para los accionadores eléctricos, el uso de un sistema del tipo que se propuso en la patente US nº 6.003.640, no considera la temperatura del freno cuando se determina la posición del apilamiento térmico y el desgaste del mismo.

50 Típicamente la expansión del apilamiento térmico del freno, del tipo C-C, es del orden de $12 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Esto es equivalente a 1,2 mm por cada 1000°C por cada 100 mm del espesor del apilamiento térmico. Para un apilamiento térmico del freno típico, tipo carbono-carbono de un avión civil de tamaño medio, con un espesor total de 200 mm, se produce una expansión de 2,4 mm entre la temperatura ambiente y 1000°C. Para un apilamiento térmico del freno típico, tipo carbono-carbono 300 mm, de un avión civil, se produce una expansión de 3,6 mm entre la temperatura ambiente y 1000°C.

55 La expansión térmica de un material de rozamiento del freno con un coeficiente de expansión positiva, resultará en un valor positivo cuando el apilamiento térmico del freno aumenta su temperatura, y un valor negativo cuando el apilamiento térmico del freno se está enfriando. Cuando el freno se calienta durante un ciclo de frenado, se producirá la expansión del apilamiento térmico. Cuando el freno se enfría entre los ciclos de frenado, se producirá la contracción del apilamiento térmico.

60 Si se mide el espesor del apilamiento térmico del freno cuando éste está a una temperatura elevada entonces, cuando dicho apilamiento térmico del freno se enfría por debajo de la temperatura a la que se medía su espesor, se producirá la contracción de dicho apilamiento térmico del freno debido al enfriamiento, lo que reduce su espesor. Si el sistema está monitorizando el desgaste del freno o la cantidad de desgaste que permanece en el apilamiento térmico del freno, se obtendrá una evaluación distorsionada del desgaste o del material restante, lo que resulta en una evaluación incorrecta

ES 2 340 794 T3

de los ciclos restantes hasta el mantenimiento, si el sistema utiliza algoritmos para evaluar la vida útil restante del freno.

5 Los sistemas de control de freno descritos en el documento WO 02/12043 ahora pueden utilizar datos sobre el espesor del apilamiento térmico del freno, derivados de la cantidad de material desgastado en comparación con la cantidad de material nuevo, o la cantidad de material que permanece por encima del espesor completamente desgastado del apilamiento térmico, para determinar la vida útil restante de dicho apilamiento térmico del freno antes de que sea necesario sustituirlo.

10 Con el fin de obtener la medida del espesor del apilamiento térmico del freno que se puede utilizar para obtener datos precisos sobre el desgaste del freno, únicamente se puede realizar la determinación del espesor del apilamiento térmico cuando el freno está a temperatura ambiente, o a una temperatura en la que se considera irrelevante la expansión.

15 En el caso de que la medida automática del desgaste tenga que sustituir la inspección visual de los frenos, resulta necesario superar varios problemas. Actualmente, es la responsabilidad del piloto realizar una inspección visual de los componentes, tales como neumáticos, motores y frenos para asegurar que el avión cumple con los requisitos operativos.

20 Si se retiran los pasadores de desgaste de los conjuntos de frenos, el piloto necesita una indicación del estado del freno para que dicho piloto pueda cumplir con sus responsabilidades. Una medición del desgaste, iniciada por el usuario, proporcionaría los datos necesarios. Sin embargo, el sistema que se describe en el documento US n° 6.003.640 únicamente puede funcionar cuando el freno está a temperatura ambiente. A medida que se cambian los estilos operativos, algunas líneas aéreas operan los aviones según un horario de vuelos en el que los aviones salen casi uno detrás del otro, y en el que con varios pilotos pilotan un determinado avión individual durante un turno determinado. Cada uno de dichos pilotos debe obtener una medida precisa del desgaste, y no podrá contar con la medición anterior tomada durante el mismo día, porque igual se tomó con una antelación de unos 20 ciclos de vuelo.

30 Las líneas aéreas se ven obligados cada vez más de aprovechar su activo al máximo, así que están sometidas a considerable presión para reducir los tiempos de preparación de los aviones, particularmente en los vuelos cortos. Con frecuencia, el factor limitativo es la temperatura del freno, porque el freno debe poder realizar un despegue rechazado (RTO) antes de poder liberar dicho avión. Típicamente la temperatura limitativa se establece en aproximadamente 300°C, aunque puede ser tan elevada como 400°C. Esto podría relacionarse con una expansión axial de más de 1 m en un apilamiento térmico de 300 mm, lo que tiene como resultado un error inaceptable en la medición del desgaste. 35 Por ejemplo, si 0,1 mm de material gastable permanece al principio del turno, se podría producir un desgaste elevado o una contaminación del apilamiento térmico mediante el anticongelante, lo que hace que el freno esté fuera de los límites de seguridad permisibles para el tamaño del apilamiento térmico. Cualquier medida de desgaste que se realiza sin la compensación de temperatura cuando la temperatura medida es de 50° por encima de la temperatura ambiente, podría resultar en una indicación de un estado saludable del freno, aunque, en realidad, su estado se encuentra debajo del límite admisible. 40

En el caso de los frenos accionados eléctricamente, la oportunidad de realizar una medición del desgaste de un apilamiento térmico calibrado, del tipo propuesto por Goodrich en la patente US n° 6.003.640, está limitada a los periodos de mantenimiento cuando el avión está fuera de servicio. Además, se necesitan unos datos sobre el desgaste 45 del apilamiento térmico para seguir el desgaste de dicho apilamiento y con el fin de notificar que el mantenimiento sea necesario. Por lo tanto resulta necesario registrar los datos representativos del desgaste de forma continua durante los ciclos operativos. Esto no se puede realizar si se está determinando la posición del pistón accionador para entrar en contacto con el espesor del apilamiento térmico cerrado, porque se cambiará la posición según la temperatura del freno.

50 Según un aspecto de la invención, se prevé un procedimiento y un aparato para medir y monitorizar el espesor del apilamiento térmico del freno para compensar las variaciones de temperatura por encima de la temperatura ambiente en el apilamiento térmico, que podrían producir la expansión del mismo apilamiento.

55 Según un segundo aspecto de la invención, se prevé un procedimiento y un aparato para medir y monitorizar el espesor del apilamiento térmico del freno para compensar las variaciones de temperatura por encima de la temperatura ambiente del apilamiento, que podrían producir la expansión del apilamiento térmico, y para determinar el espesor del apilamiento térmico equivalente con la temperatura ambiente.

60 Según un tercer aspecto de la invención, está previsto un procedimiento y un aparato para determinar el punto en el que el pistón accionador entra en contacto con el apilamiento térmico del freno cerrado, calcular el espesor del apilamiento térmico basándose en dicha posición, y compensar el espesor del apilamiento térmico del freno para cualquier diferencia de temperatura por encima de la temperatura ambiente para determinar el espesor del apilamiento térmico equivalente con la temperatura ambiente.

65 Según un cuarto aspecto de la invención, se prevé un procedimiento y un aparato para determinar el desgaste del freno calculando la posición medida del pistón accionador o el espesor del apilamiento térmico del freno para cualquier variación de la temperatura ambiente.

ES 2 340 794 T3

Según un cuarto aspecto de la invención se prevé un procedimiento y un aparato para predecir la vida útil restante de un apilamiento térmico del freno al determinar el desgaste del freno calculando la posición medida del pistón accionador o espesor del apilamiento térmico para compensar cualquier variación de la temperatura ambiente y para utilizar el resultado del desgaste del freno compensado para predecir la vida útil restante del freno.

Una forma de realización ejemplificativa de la invención comprende un sistema de frenado para aviones que utiliza el accionamiento eléctrico para aplicar la carga de mordaza del freno. Los frenos de este tipo son conocidos y típicamente comprenden un apilamiento térmico del freno compuesto por múltiples discos y un servomecanismo destinada a aplicar la presión del freno. El apilamiento térmico del freno compuesto por múltiples discos, comprende:

- Unos discos del estator de un compuesto de carbono-carbono (C-C) enchavetados en el tubo del par motor de manera fija a una placa de freno y montados en sentido axial alrededor de un eje; y
- unos discos C-C de rotor intercalados entre los discos del estator y enchavetados en la parte interior de una rueda montada de forma giratoria al eje, gracias a unos rodamientos.

El servomecanismo consiste en:

- Una pluralidad de módulos de accionamiento eléctrico montados firmemente alrededor de una placa de freno, comprendiendo cada accionador un motor que activa, a través de un mecanismo de caja de cambio, un tornillo de bolas para producir una moción lineal en un pistón accionador que aplica y retira la carga con respecto al apilamiento térmico del freno.
- Sensor de posición para producir una señal representativa de la posición del accionador. El sensor de posición podría ser del tipo acoplado a los pistones accionadores. Sin embargo preferiblemente el sensor consiste en un transformador montado de modo que detecta el movimiento del árbol del motor. El uso de un transformador es preferible porque está presente en el sistema para medir la velocidad del motor y así se reduce la cantidad de piezas en el módulo de accionamiento si no se precisan sensores de posición adicionales. La posición del pistón accionador es procesada por el ECU utilizando unos algoritmos que consideran la señal de giro del árbol del motor, procedente del transformador, y la relación de engranaje gracias a la caja de cambio y el mecanismo de tornillo de bolas, para deducir el movimiento y la posición del accionador desde un punto de referencia.
- Un sensor de corriente destinado a detectar la corriente del motor, lo que indica la carga aplicada al freno o, alternativamente, una célula de carga de presión prevista en el freno para producir una señal directamente representativa de la carga del freno.
- La unidad de control electrónico (ECU) capaz de proporcionar corriente al motor con el fin de mover el accionador para que coopere y se retire de forma forzada, y de controlar la posición del accionador en relación con la señal de retro-alimentación procedente del sensor de posición.
- Se montan unos sensores adicionales, según las necesidades, para monitorizar unos parámetros tales como la temperatura, la velocidad de la rueda y el par de frenado.

A la temperatura ambiente, es conocido el tamaño del apilamiento térmico después de una rutina de calibración. Dicha rutina de calibración se puede llevar a cabo de varias maneras. Sin embargo, un procedimiento preferido comprendería activar el pistón accionador hacia adelante hasta cerrar el apilamiento térmico. Esta condición es detectada por un aumento en la corriente del motor, por encima de un valor predeterminado o mediante el uso de una célula de carga destinada a detectar cuando la carga en el pistón accionador alcanza un umbral predeterminado. A continuación, la posición del pistón accionador, y por lo tanto la posición de la cara del apilamiento térmico que entra en contacto con el accionador, es conocido a partir de los datos que son proporcionados por el sensor de posición y son procesados por la unidad de control electrónico (ECU).

A partir de la posición en la que el pistón accionador entra en contacto con el espesor del apilamiento térmico, se puede calcular el espesor de dicho apilamiento térmico al comparar la posición de contacto del pistón accionador con una o varias de las siguientes posiciones de referencia conocidas:

- la posición de la cara extrema opuesta (extremo de reacción) del apilamiento térmico para dar la longitud del mismo;
- la posición de la cara de contacto del accionador para un espesor mínimo de apilamiento térmico para dar el espesor propio del apilamiento térmico, el espesor del material de freno restante y la vida útil restante del freno;
- la posición de la cara de contacto del accionador cuando el apilamiento térmico era nuevo, para dar la cantidad de desgaste del freno.

ES 2 340 794 T3

La posición medida del apilamiento térmico, y por lo tanto el espesor del mismo, se puede ajustar para compensar la temperatura del freno. Si la temperatura del freno está por encima de la temperatura ambiente se puede calcular la posición del apilamiento térmico equivalente con la temperatura ambiente, utilizando unos algoritmos con el programa del ECU para el control del frenado, haciendo referencia a la expansión térmica y a la diferencia entre la temperatura propia del apilamiento térmico y la temperatura ambiente, que el sistema registra.

Se puede medir la temperatura del freno con un termopar individual o una pluralidad de termopares previstos en una posición o unas posiciones para dar una temperatura representativa del apilamiento térmico. Como alternativa, se puede calcular la temperatura con unos parámetros medidos que son representativos de la entrada de energía al freno durante una acción de frenado, y asimismo la masa del apilamiento térmico, calculada a partir del espesor restante del apilamiento térmico.

La posición del apilamiento térmico o el espesor del apilamiento térmico, compensados en términos de temperatura, pueden ser comparados con un valor de referencia para el apilamiento térmico nuevo, para determinar el desgaste del apilamiento térmico. Como alternativa, resulta preferible que la posición del apilamiento térmico o el espesor del apilamiento térmico, compensados en términos de temperatura, sean comparados entonces con un valor de referencia para el apilamiento térmico totalmente desgastado, con el fin de determinar la cantidad de material desgastable que queda y el tamaño absoluto del apilamiento térmico. Esto elimina la necesidad de una etapa separada para determinar el desgaste del freno, que se llevaba a cabo con la temperatura ambiente, y permite medir y registrar el desgaste del apilamiento térmico del freno durante todo el funcionamiento normal del freno.

Con la posibilidad de determinar el tamaño absoluto del apilamiento térmico durante los ciclos de funcionamiento del avión, el sistema de control de los frenos se puede utilizar asimismo para determinar los ciclos de servicios restantes en un apilamiento térmico, y por lo tanto, extender la medición de desgaste para crear una herramienta de predicción para la planificación de mantenimiento. Dicha planificación de mantenimiento se puede realizar con algoritmos, tales como por ejemplo:

- ciclo de servicio promedio actual;
- tasa media de desgaste;
- estimación de la energía del freno; y
- los ciclos de servicio restantes hasta el mantenimiento.

Con el fin de poder comprender mejor la invención, a continuación se proporciona una descripción de unas formas de realización de la misma, a título de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

la Figura 1 ilustra el espesor del apilamiento térmico para un apilamiento térmico totalmente cerrado con la temperatura ambiente y

la Figura 2 ilustra el mismo apilamiento térmico con una temperatura elevada después de un accionamiento de frenado, estando aumentado el espesor del apilamiento térmico, mediante la expansión térmica.

La Figura 1 representa una sección de un conjunto de freno que comprende un apilamiento térmico 1 del freno con una pluralidad de discos de estator de un compuesto de carbono-carbono 10, enchavetados en un tubo de par 11 y montados en sentido axial alrededor del eje de una rueda (no representado). Intercalado entre los discos de estator se prevén una cantidad correspondiente de discos de rotor 12, enchavetados en la parte interior de una rueda (no representada) para girar con la rueda. Los discos de estator y de rotor en el apilamiento térmico son llevados para cooperar con rozamiento en el apilamiento térmico, mediante la aplicación de la carga de frenado realizada por una pluralidad de pistones accionadores 13, dispuestos alrededor del eje de la rueda, pero únicamente se ilustra uno en la figura. Cada pistón 13 es accionado por un motor (no representado) mediante un mecanismo de engranaje y tornillo de bola (no representado), alojado en el cuerpo de un respectivo módulo de accionamiento accionado eléctricamente 14. La pluralidad de módulos de accionamiento 14 están montados alrededor de una placa de freno 15, a la que está fijado el tubo de torsión. La placa del freno está montada, no de forma giratoria, al tren de aterrizaje (no representado) del avión. Está previsto un elemento de reacción 16 en el extremo opuesto del tubo de torsión de los módulos de accionamiento, para oponer la fuerza de frenado aplicada por los accionadores.

Para medir el espesor 2 del apilamiento térmico con la temperatura ambiente, en primer lugar una unidad de control electrónico (ECU) determinar la posición del accionador cuando el apilamiento térmico 1 está cerrado, es decir, cuando los pistones 13 han avanzado hasta los discos 10 y 12 han cerrado entre sí sin dejar holgura. El hecho de que el apilamiento térmico haya alcanzado su posición se puede determinar con el aumento de la corriente del motor del accionador eléctrico, por encima de un nivel predeterminado. Como alternativa, en el pistón o accionador se puede instalar un transductor de carga.

La posición del pistón accionador cuando el apilamiento térmico está totalmente cerrado, se determina mediante el procesado por parte del ECU de una señal procedente de un transformador montado en el árbol del motor para

ES 2 340 794 T3

monitorizar el giro del motor. Como alternativa, se pueden utilizar otros medios sensores de la posición, tal como un sensor de posición montado directamente en el pistón accionador.

A partir de la posición en la que el pistón accionador entra en contacto con el apilamiento térmico totalmente cerrado, se puede calcular el espesor 2 de dicho apilamiento térmico, comparando la posición de contacto del pistón accionador con uno o varias de las siguientes posiciones de referencia conocidas:

- la posición de la cara al extremo opuesto (extremo de reacción) del apilamiento térmico para dar la longitud del mismo;
- la posición de la cara de contacto del accionador para un espesor mínimo predeterminado del apilamiento térmico, para dar el espesor propio del mismo, el espesor del material de freno restante, y la vida útil restante del freno;
- la posición de la cara de contacto del accionador cuando el apilamiento térmico era nuevo para dar la cantidad de desgaste del freno y por lo tanto, el espesor restante del apilamiento térmico.

La distancia medida 3 es la longitud del pistón 13 entre el accionador 14 y el disco adyacente.

La Figura 2 representa una sección transversal del conjunto del freno de la Figura 1, cuando los discos del rotor y los discos del estator del apilamiento térmico se encuentran a una temperatura elevada a continuación de una acción de frenado. La expansión del material compuesto de carbono-carbono en el sentido axial, produce un aumento 5 en la longitud del apilamiento térmico, debido a la expansión térmica, para dar un nuevo espesor global del apilamiento térmico 4. La posición del accionador para el apilamiento térmico totalmente cerrado se determina para calcular el espesor del apilamiento térmico con una temperatura elevada, tal como se ilustra en la Figura 1 para el apilamiento térmico con la temperatura ambiente.

El espesor del apilamiento térmico con la temperatura elevada es mayor que el espesor del mismo con la temperatura ambiente. Si la condición de desgaste del freno se tiene que determinar para asegurar la existencia de una masa térmica del material de rozamiento del freno en el apilamiento térmico antes del despegue del avión, entonces la longitud del apilamiento térmico con la temperatura ambiente se tiene que determinar antes del despegue. Si se mide la longitud del apilamiento térmico con la temperatura elevada, entonces se tendría que corregir según un valor de temperatura ambiente para poder establecer el espesor completo del apilamiento térmico.

La corrección del espesor del apilamiento térmico para compensar la diferencia de temperatura por encima de la temperatura ambiente, se puede llevar a cabo en la ECU con algoritmos que consideran la temperatura del apilamiento térmico, el espesor del apilamiento térmico y la expansión térmica del apilamiento térmico, en la dirección axial.

Se puede determinar la temperatura del apilamiento térmico con un termopar o unos termopares, dispuestos en el apilamiento térmico para proporcionar una temperatura representativa o, alternativamente, con un algoritmo en la ECU a partir de la masa del apilamiento térmico del freno, el calor específico del material del apilamiento térmico y una entrada de energía calculada durante la acción de frenado.

Mediante la capacidad de determinar el tamaño absoluto del apilamiento térmico durante los ciclos de funcionamiento del avión, el sistema de control de los frenos se puede utilizar asimismo para determinar los ciclos de servicios restantes en un apilamiento térmico del freno, y por lo tanto, extender la medición del desgaste para crear una herramienta de predicción para la planificación de mantenimiento. Dicha planificación de mantenimiento se puede llevar a cabo con los siguientes algoritmos:

1. Ciclo de servicio medio actual

Entradas: Aproximación de la energía del freno, el peso sobre ruedas (WOW), monitor del uso del avión, monitor del uso del freno

Salidas: Número de frenados calientes en modo de rodaje en tierra (*taxiing*) por cada ciclo de servicio, número de frenados fríos en modo de rodaje por tierra por cada ciclo de servicio, energía de frenado promedia en aterrizaje, número de ciclos de servicio completados, (variaciones estándar para todos parámetros para confirmar que los promedios son fiables)

Descripción: Probablemente, la forma más eficaz de determinar un ciclo de servicio es mediante el WOW o la velocidad de la rueda en el momento de tocar tierra para determinar si se ha producido un despegue o un aterrizaje.

Al determinar esta acción y contar la cantidad de aplicaciones del freno, utilizando un monitor del uso del freno, se puede determinar un ciclo de servicio promedio de movimiento.

ES 2 340 794 T3

2. Tasa media de desgaste

5	Entradas:	Tamaño absoluto del apilamiento térmico (temperatura ambiente), ciclo de servicio promedio actual, número de ciclos de servicio completados
	Salidas:	Tasa de desgaste por cada ciclo de servicio
10	Descripción:	Al determinar el promedio del desgaste en consideración del total de ciclos de servicio actuales, se puede determinar una buena aproximación del desgaste por ciclo de servicio, en relación con las condiciones correspondientes del avión en cuestión.

3. Estimación de la energía del freno

15	Entradas:	Velocidad de las ruedas, demanda del freno, masa del avión, tracción
	Salidas:	Entrada de la energía del freno
20	Descripción:	Con los parámetros descritos anteriormente, se puede hacer una aproximación de la entrada de energía al freno. Esto se puede utilizar con los datos sobre la velocidad de las ruedas para clasificar las aplicaciones del freno, como de energía elevada/baja y de taxi o de paradas en aterrizaje.

4. Ciclos de servicios restantes hasta el mantenimiento

25	Entradas:	Ciclo de servicio medio actual, tamaño absoluto del apilamiento térmico (temperatura ambiente), tamaño de rechazo del apilamiento térmico, desgaste medio por cada ciclo de servicio
	Salidas:	Ciclos de servicio restantes
30	Descripción:	Esta función determinará la cantidad restante de material desgastable y a continuación la dividirá por la tasa media de desgaste por cada ciclo de servicio para dar los ciclos de servicio restantes hasta el mantenimiento.

35 Estos algoritmos utilizan datos históricos sobre el uso del avión para determinar la tasa media de desgaste y la cantidad de desgaste que queda, para predecir la cantidad de ciclos de servicio restantes antes de que el apilamiento térmico alcance un espesor totalmente desgastado, o de rechazo.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para monitorizar un sistema de frenado, que comprende un apilamiento térmico (1) del freno que comprende unos discos del freno (10, 12), comprendiendo el procedimiento medir el espesor (2) del apilamiento térmico del freno para determinar el desgaste de los discos del freno, y estando **caracterizado** porque ajusta la medición para compensar las variaciones de temperatura por encima de la temperatura ambiente del apilamiento térmico (1), que podrían provocar la expansión de dicho apilamiento térmico del freno.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende determinar el espesor equivalente del apilamiento térmico con la temperatura ambiente.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende determinar el punto en el que un pistón accionador (13) entra en contacto con el apilamiento térmico cerrado, calcular el espesor de dicho apilamiento térmico a partir de esta posición, y compensar el espesor del apilamiento térmico del freno para cualquier diferencia de temperatura por encima de la temperatura ambiente para determinar el espesor equivalente del apilamiento térmico con la temperatura ambiente.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, para determinar el desgaste del freno calculando la posición medida del pistón accionador o el espesor (2) del apilamiento térmico para compensar cualquier variación de la temperatura ambiente.
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende predecir la vida útil restante de un apilamiento térmico (1) del freno determinando el desgaste del freno calculando la posición medida del pistón accionador o el espesor del apilamiento térmico para compensar cualquier variación de la temperatura ambiente y utilizando el resultado del desgaste del freno para predecir la vida útil restante del freno.
- 30 6. Aparato para monitorizar un sistema de frenado, que comprende un apilamiento térmico (1) del freno que comprende unos discos (10, 12) del freno, comprendiendo el aparato unos medios para medir el espesor (2) del apilamiento térmico del freno para determinar el desgaste de los discos del freno, y estando **caracterizado** porque ajusta la medición para compensar las variaciones de temperatura por encima de la temperatura ambiente del apilamiento térmico (1), que podrían provocar la expansión de dicho apilamiento térmico del freno.
- 35 7. Aparato según la reivindicación 6, que comprende unos medios para determinar el espesor equivalente del apilamiento térmico con la temperatura ambiente.
- 40 8. Aparato según la reivindicación 6, que comprende unos medios para determinar el punto en el cual un pistón accionador (13) entra en contacto con el apilamiento térmico cerrado, calcular el espesor de dicho apilamiento térmico a partir de esta posición, y unos medios para compensar el espesor del apilamiento térmico del freno para cualquier diferencia de temperatura por encima de la temperatura ambiente para determinar el espesor equivalente del apilamiento térmico con la temperatura ambiente.
- 45 9. Aparato según la reivindicación 8, que comprende unos medios para determinar el desgaste del freno calculando la posición medida del pistón accionador o el espesor (2) del apilamiento térmico para compensar cualquier variación de la temperatura ambiente.
- 50 10. Aparato según la reivindicación 9, que comprende unos medios para predecir la vida útil restante de un apilamiento térmico (1) determinando el desgaste del freno mediante el cálculo la posición medida del pistón accionador o el espesor del apilamiento térmico para compensar cualquier variación de la temperatura ambiente y utilizando el resultado compensado del desgaste del freno para predecir la vida útil restante del freno.

55

60

65

