

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 831**

51 Int. Cl.:

B26D 5/20 (2006.01)

B26D 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09708828 .0**

96 Fecha de presentación: **30.01.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2197638**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2010**

54 Título: **Control adaptativo de corte de láminas compuestas**

30 Prioridad:
05.02.2008 US 25899

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.03.2012

73 Titular/es:
**The Boeing Company
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:
**XU, Liangji;
HALLADIN, Stephen K. y
KRAMP, Robert A.**

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 376 831 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

Control adaptivo de corte de láminas compuestas

5 **Campo técnico**

Esta divulgación se refiere generalmente a máquinas herramientas controladas automáticamente, y particularmente se ocupa de un sistema y un método para controlar automáticamente la velocidad de alimentación de un cuchillo ultrasónico usado para cortar material, especialmente múltiples láminas de material compuesto.

10

Antecedentes

Las cortadoras ultrasónicas se usan actualmente para cortar chapa y otros materiales usando un cuchillo impulsado por un transductor ultrasónico. Una aplicación de las cortadoras ultrasónicas puede encontrarse en el campo de materiales compuestos donde las múltiples capas o láminas de material compuesto no vulcanizado que forman una colocación pueden cortarse simultáneamente en una forma deseada usando un cuchillo ultrasónicamente impulsado. En algunos casos, la cortadora ultrasónica puede montarse sobre una máquina herramienta controlada por CNC (control numérico computarizado) que incluye un cabezal posicionador capaz de establecer y cortar múltiples capas superpuestas de cinta compuesta.

15

20

Una máquina cortadora de chapa en la que un sistema de orientación mueve una hoja a lo largo de una superficie de trabajo se describe en el documento EP-A-0,351,223. La altura de la hoja se ajusta de acuerdo con los datos almacenados de las irregularidades del sistema de orientación y la superficie de trabajo en relación entre sí. La máquina también es factible en un modo de trazado en el que la hoja se sustituye por un sensor que se explora sobre la superficie de trabajo, y los datos que salen del sensor se almacenan en la memoria.

25

El proceso de cortar el material compuesto es relativamente lento en comparación con la velocidad en la que la cinta puede aplicarse. La velocidad del proceso de corte puede determinarse, en parte, por la velocidad máxima de alimentación del cuchillo a través del material y la profundidad del corte. Las partes más gruesas requieren múltiples pases con el fin de cortar completamente todas las láminas del material, siendo cada pase de la cortadora más profundo que el anterior. Actualmente, se usa un proceso de corte de láminas en lazo abierto que requiere un control constante por parte del operario y un ajuste manual del cuadrante para la corrección de velocidad de alimentación, lo que puede resultar en funcionamiento subóptimo de corte, incluyendo una velocidad subóptima de corte. Un operario ajusta manualmente las velocidades de alimentación del cuchillo durante el corte en base a fluctuaciones observadas en el medidor de potencia ultrasónica. Los niveles de potencias percibidos como "seguros" se mantienen corrigiendo la velocidad de alimentación programada, lo que da como resultado tiempos de corte que son menos que óptimos. Además, los operarios pueden no ser capaces de detectar condiciones de carga transitoria o máxima y reaccionar lo suficientemente rápido para reducir las velocidades de alimentación antes de que la posible función errónea del cuchillo tenga lugar. En algunos casos, las excesivas velocidades de alimentación pueden también dar como resultado un funcionamiento subóptimo de la cortadora.

30

35

40

La técnica anterior incluye un aparato de control adaptivo que tiene un detector de carga que detecta una carga que actúa sobre una herramienta de corte durante una operación industrial de una pieza de trabajo. Tales técnicas de control adaptivo, sin embargo, no se han aplicado a cortadoras ultrasónicas CNC usadas para cortar múltiples láminas de material compuesto.

45

Por consiguiente, hay una necesidad de un método y sistema para cortar láminas de material compuesto usando una cortadora ultrasónica controlada por CNC que emplee control adaptivo con el fin de optimizar la velocidad de alimentación y/o reducir el daño del cuchillo y los errores de corte.

50

Resumen

Se proporcionan un método y un sistema para cortar láminas compuestas usando una cortadora ultrasónica automáticamente controlada y un control adaptivo para optimizar la velocidad de alimentación. Las velocidades de alimentación están ajustadas a niveles óptimos en base a la condición del cuchillo con el fin de maximizar la productividad. Un parámetro relacionado con el corte, tal como la carga del cuchillo, se mide y se usa para producir una señal de retroalimentación que se usa para ajustar la velocidad de alimentación sin intervención humana. La velocidad de alimentación se ajusta rápidamente cuando las condiciones del cuchillo y/o material de la lámina cambian, tales como lo afilado del cuchillo, el número de láminas, la profundidad del corte, el ángulo del corte en relación con la dirección de la fibra de la lámina, el grosor de las láminas, la pegajosidad del material, la fuerza de compactación usada durante la colocación y la resistencia de la lámina, o sucesos imprevistos que ocurren tales como la rotura del cuchillo. El ajuste automático de las velocidades de alimentación da como resultado una alta velocidad media de alimentación para maximizar la productividad, mientras al operario se le libera de la necesidad de controlar constantemente la carga del cuchillo y de corregir manualmente la velocidad de alimentación. Finalmente, la cantidad de programación necesaria para controlar la cortadora puede reducirse, porque puede programarse una velocidad de alimentación constante relativamente alta y después ajustarse de manera adaptiva a

55

60

65

las condiciones reales de corte.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un método para cortar láminas compuestas, que comprende: introducir un cuchillo ultrasónico a través de las láminas; medir al menos un parámetro seleccionado de una carga de potencia sobre un transductor ultrasónico usado para accionar el cuchillo, una desviación del cuchillo y una temperatura del cuchillo cuando el cuchillo corta las láminas; y, generar una señal de la velocidad de alimentación para optimizar la velocidad de alimentación del cuchillo en base al parámetro medido. El parámetro medido puede comprender uno de la carga de potencia que se entrega a un transductor ultrasónico usado para accionar el cuchillo, la desviación del cuchillo y/o la temperatura del cuchillo. El método puede además comprender la retroalimentación del controlador para generar la señal de la velocidad de alimentación. El método también puede incluir la comparación del valor del parámetro medido con un valor preseleccionado, y la generación de la señal de velocidad de alimentación en base a los resultados de esta comparación.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema para cortar material, que comprende: un cuchillo ultrasónico impulsado para cortar el material; medios de control para controlar la velocidad a la que el cuchillo se introduce a través del material; medios detectores para detectar al menos un parámetro seleccionado de una carga de potencia sobre un transductor ultrasónico usado para accionar el cuchillo; y, un conjunto de instrucciones programadas usadas por los medios de control para optimizar la velocidad de alimentación del cuchillo en base al parámetro detectado. Los medios detectores pueden incluir un transductor para convertir las cargas secundarias sobre el cuchillo en una señal eléctrica que representa el parámetro medido. Los medios detectores también pueden incluir un sensor para detectar la potencia ultrasónica que se entrega al cuchillo. Los medios de control pueden incluir un controlador para generar una señal de control de velocidad impuesta de alimentación en base a las cargas secundarias detectadas sobre el cuchillo y la carga de potencia ultrasónica entregada al cuchillo. Los medios de control pueden incluir un primer controlador para controlar el movimiento del cuchillo, y un segundo controlador para generar una señal de control usada por el primer controlador para optimizar la velocidad de alimentación del cuchillo.

Las realizaciones desveladas satisfacen la necesidad de un método y un sistema para cortar láminas compuestas usando un control adaptivo para optimizar la velocidad de alimentación, reducir el tiempo inactivo de la máquina y minimizar la intervención y supervisión por parte del operario.

Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones desveladas serán aparentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones, cuando se vean de acuerdo con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones acompañantes.

35

Breve descripción de las ilustraciones

- La FIG. 1 es una ilustración que combina bloques y diagramas de un sistema para cortar láminas compuestas.
- La FIG. 2 es una vista lateral de una cortadora ultrasónica;
- La FIG. 3 es un diagrama de bloques que ilustra en términos generales las etapas de un método para cortar láminas compuestas.
- La FIG. 4 es un diagrama de flujo más detallado que ilustra el método para cortar láminas compuestas usando un control adaptivo.
- La FIG. 5 es un diagrama de flujo de producción de aviones y metodología de servicio.
- La FIG. 6 es un diagrama de bloques de un avión.

Descripción detallada

Primero se hace referencia a la FIG. 1 que ilustra un sistema para cortar múltiples láminas de un material compuesto usando una cortadora ultrasónica automáticamente controlada generalmente indicada con el número 12. Aunque se ilustran múltiples láminas de material compuesto en relación con las realizaciones desveladas, se entenderá que puede cortarse una única lámina de material compuesto, así como materiales diferentes a los materiales compuestos. Las láminas pueden ser verdes (sin vulcanizar) en las que la cortadora 12 se usa para cortar formas de láminas que se usan para formar una colocación durante la fabricación inicial de una estructura. Sin embargo, las realizaciones de la divulgación pueden también usarse para cortar parcialmente o completamente láminas vulcanizadas después de se haya fabricado una estructura, como durante las reparaciones de un montaje o submontaje de un avión compuesto, donde una sección del montaje/submontaje debe cortarse.

La cortadora ultrasónica 12 está montada sobre un cabezal de herramientas 16 que puede moverse a lo largo de múltiples ejes de la máquina 17 con el fin de seguir un recorrido pre-programado de corte a través de las láminas 14. En referencia ahora a las FIG. 2, la cortadora ultrasónica 12 incluye un cuchillo de corte 22 accionado por un transductor ultrasónico 18 que está unido al cabezal de herramientas 16. El cuchillo 16 oscila en la dirección de la flecha 23 a frecuencias ultrasónicas. Un borde cortante delantero 25 sobre el cuchillo 22 se introduce en las láminas 14 en la dirección de la alimentación 27 a una de velocidad de alimentación actual F indicada por el número 31, de manera que el plano del cuchillo 22 se mantiene generalmente perpendicular a los planos de las láminas 14. El

cuchillo 22 pueden estar unido mediante una conexión liberable 50 (FIG. 2) a un cuerno 20 que concentra la energía ultrasónica del cuchillo 22 y provoca que el cuchillo 22 oscile. El transductor 18 se activa a través de una conexión 21 de un generador de potencia ultrasónica 24. El transductor 18 convierte después la energía en vibraciones de amplitud muy baja. La amplitud de las vibraciones puede amplificarse con un repetidor 19 antes de su entrega al cuerno 20 y el cuchillo 22. Un control en lazo cerrado mantiene la amplitud dando más potencia al transductor 18. Los niveles de potencia excesivamente altos pueden parar automáticamente la unidad cortadora 12.

El movimiento (alimentación) y el funcionamiento de la cortadora ultrasónica 12 están controlados por un controlador automático 26 que puede comprender por ejemplo, sin limitación, un controlador CNC (de control numérico computarizado) que emplea un programa de CN (control numérico) 28. El controlador automático 26 está programado para controlar el movimiento de la cortadora ultrasónica 12 en un recorrido a través de las múltiples láminas 14 a una velocidad predeterminada de alimentación 31 representada por una señal de velocidad impuesta de alimentación 30 emitida por el controlador automático 26 a la cortadora ultrasónica 12.

El valor de la señal de velocidad impuesta de alimentación 30 y por lo tanto, la velocidad real de alimentación 31 de la cortadora 12, es el producto de la velocidad programada de alimentación establecida por el programa de CN 28, y un valor de "corrección de la velocidad de alimentación". Por ejemplo, si la velocidad programada de alimentación es 25,4 cm por minuto, y el valor de corrección de la velocidad de alimentación es del 80%, la velocidad real de alimentación 31 de la cortadora 12 será $10 \times 80\% = 20,32$ cm por minuto. Como se analizará con más detalle más abajo, las realizaciones de la divulgación optimizan la velocidad real de alimentación 31 de la cortadora 12 usando señales de retroalimentación para ajustar el valor de corrección de la velocidad de alimentación. Como se usa en el presente documento, los términos "optimizar" y "optimizando" la velocidad de alimentación pueden incluir aumentar o reducir la velocidad de alimentación, o parar la introducción del cuchillo, como cuando el cuchillo se rompe o está a punto de romperse.

La cantidad de potencia ultrasónica, es decir, la carga de potencia que el generador de potencia ultrasónica 24 entrega al transductor 18 se controla mediante un controlador automático 26. Generalmente, la carga de potencia ultrasónica necesaria para accionar el transductor 18 con el fin de obtener un corte satisfactorio de láminas es proporcional a la carga impuesta sobre el cuchillo 22 mediante el corte de las láminas 14; un número mayor de láminas 14 crea una mayor carga sobre el cuchillo 22 que necesita mayores niveles de potencia para accionar el transductor 18. Como se ha expuesto previamente, las condiciones del cuchillo 22 y/o material pueden también afectar significativamente a los niveles de carga de potencia.

De acuerdo con las realizaciones desveladas, la velocidad a la que la cortadora ultrasónica 12 se introduce a través de las láminas 14 puede ajustarse y optimizarse usando señales de retroalimentación 42 que el controlador automático 26 usa para ajustar la velocidad impuesta de alimentación 30. Las señales de retroalimentación 42 se generan usando uno o más parámetros medidos relacionados con el funcionamiento del cuchillo 22. Como se describirá más abajo, la carga de potencia ultrasónica que el generador de potencia 24 entrega al transductor 18 así como una carga secundaria sobre el cuchillo 22 puede usarse como parámetros medidos para generar las señales de retroalimentación 42. Sin embargo, el uso de otros parámetros como señales de retroalimentación también pueden ser posibles, tales como sin limitación, la temperatura del cuchillo 22 y/o la desviación del cuchillo 22.

La carga secundaria impuesta sobre el cuchillo 22 por las múltiples láminas 14 cuando se cortan se mide con un sensor 32 que puede comprender, y sin limitación, un medidor de tensión o un indicador similar o un dispositivo medidor de fuerza que convierte la carga secundaria medida en una señal de sensor 34 que se entrega a un acondicionador de señal 40. Una señal de potencia ultrasónica 38, proporcional a la carga de potencia eléctrica entregada al transductor 18, también se envía al acondicionador de señal 40. El acondicionador de señal 40 puede comprender cualquiera de los varios circuitos bien conocidos, incluyendo por ejemplo y sin limitación, amplificadores (no mostrados) y aisladores ópticos (no mostrados) que funcionan para acondicionar señales 34, 38, para hacerlas compatibles para procesarlas mediante un ordenador con control adaptivo 44.

El ordenador 44 combina y procesa las señales de retroalimentación 42. El ordenador 44 también se comunica con el controlador automático 26 para obtener la posición de corrección de la velocidad actual de alimentación 41 a través de una interfaz E/S (entrada/salida) 43. Los parámetros establecidos almacenados 46 para el ordenador 44 pueden establecerse a través de una interfaz de usuario 48 con el fin de controlar la manera particular en la que el ordenador 44 ajusta la posición de corrección 41 de la velocidad actual de alimentación 31 en base a los valores de las señales de retroalimentación 42. Basándose en los parámetros establecidos 46, las instrucciones 47 del programa de CN ejecutado 28, los valores de la corrección de la velocidad actual de alimentación 41 adquirida en el controlador automático 26 y las señales de retroalimentación 42, el ordenador 44 emite una señal de corrección de velocidad optimizada de alimentación 45 al controlador automático 26 que da como resultado un ajuste de la velocidad impuesta de alimentación 30 con el fin de optimizar la velocidad de alimentación 31 de la cortadora ultrasónica 12.

En algunas aplicaciones, puede ser común que el cuchillo 22 se "desvíe" durante el proceso de corte, particularmente donde el cuchillo 22 tiene una rigidez relativamente baja para resistir la carga secundaria. El desvío del cuchillo puede incrementar las cargas secundarias sobre el cuchillo 22 y/o dar como resultado un mayor

consumo de potencia por parte de la cortadora 12. Similarmente, cuando el cuchillo 22 se vuelve desafilado y/o las láminas de material 14 se vuelven más gruesas o más numerosas, la potencia que el transductor 18 consume aumenta en consecuencia. De acuerdo con las realizaciones desveladas, a medida que este consumo de potencia aumenta, el ordenador con control adaptivo 44 reduce el valor de corrección de la velocidad de alimentación con el fin de mantener un nivel predefinido del consumo de potencia.

Como se ha analizado previamente, las realizaciones desveladas ajustan la velocidad de alimentación 31 de la cortadora ultrasónica 12 en base a la condición del cuchillo 12 con el fin de maximizar la productividad. Se miden las cargas secundarias impuestas sobre el cuchillo y la velocidad de alimentación 31 se ajusta en consecuencia sin necesidad de intervención humana. En el caso de un suceso imprevisto, tal como un aumento repentino de la carga de corte en el cuchillo 22, el método del control adaptivo de las realizaciones puede terminar rápidamente el proceso de corte con el fin de reducir la posibilidad de rotura del cuchillo 22 y/o daño a la parte.

Ahora se dirige la atención a la FIG. 3, que representa en términos generales las etapas totales de una realización del método. Comenzando en la etapa 50, se selecciona una velocidad de alimentación inicial actual F_{31} , que pueden formar parte de un programa de control de CN 28 (FIG. 1). Después, en la etapa 52, el cuchillo 22 se introduce automáticamente a través de las múltiples láminas 14 a la velocidad de alimentación inicial actual F_{31} . Cuando las láminas 14 se cortan, se miden uno o más parámetros en la etapa 54 que están relacionados con el funcionamiento del cuchillo 22. Como se ha mencionado previamente, en la realización ilustrada, los parámetros medidos comprenden la potencia P_i usada para accionar el cuchillo 22, y la carga secundaria B_i sobre el cuchillo 22 que es el resultado de la resistencia presentada por las láminas 14. Finalmente, en 56, la velocidad de alimentación inicial 31 se cambia a una nueva velocidad de alimentación F_{nueva} en base a los parámetros medidos.

Los detalles de otra realización del método están ilustrados en la FIG. 4. En 60, los parámetros de potencia y carga secundaria se recuperan de un archivo de parámetros establecidos 58 y se leen en una memoria (no mostrada). En 64, los requisitos para controlar el cuchillo 22 durante la secuencia actual de corte se derivan del programa de CN 28. Usando los parámetros establecidos almacenados en la memoria 60 y los requisitos para la secuencia actual de corte derivados en 64, se calculan un límite de potencia (P_{mi}) y un límite de carga radial (B_{mi}) para la secuencia actual de corte como se muestra en la etapa 66. La señal del sensor de carga secundaria y la señal de potencia ultrasónica 34, 38 respectivamente se reciben en 68. En la etapa 70, se determina si P_i es mayor que P_{mi} o B_i es mayor que B_{mi} . Si cualquiera de los límites calculados P_i , B_i excede los correspondientes valores medidos P_{mi} , B_{mi} , entonces en la etapa 80, se determina una proporción de carga máxima R_{mi} mediante el valor más alto entre las dos proporciones P_i/P_{mi} y B_i/B_{mi} . De este modo, R_{mi} pueden describirse del siguiente modo:

$$R_{mi} = \text{Max} (P_i/P_{mi} : B_i/B_{mi})$$

Si se determina que ni P_i ni B_i exceden los límites calculados en 70, entonces el proceso se mueve a la etapa 72 donde se decide si se permite un nuevo valor de corrección de la velocidad de alimentación F_{ROV} F_i mayor que la velocidad actual de alimentación F_i . Si la decisión es negativa en 72, entonces el nuevo valor de corrección de la velocidad de alimentación F_{ROV} F_j se fija igual a la corrección de la velocidad actual de alimentación F_i en la etapa 74 y el valor resultante se entrega a un punto sumador 84. Sin embargo, si se determina que la nueva corrección de la velocidad de alimentación F_j puede exceder la velocidad actual de alimentación en 72, entonces el proceso se dirige a la etapa 80 donde la proporción de carga máxima R_{mi} se calcula como se ha descrito previamente. En la etapa 82, un nuevo valor de corrección de la velocidad de alimentación F_j se calcula de la siguiente manera:

$$F_j = F_i / R_{mi}$$

Los valores de F_i usados en 74 y 82 se reciben de un interruptor para la corrección de la velocidad de alimentación 76 que está localizado formando parte del controlador automático 26, que carga el valor actual de la corrección de la velocidad de alimentación F_i en 78. La nueva corrección de la velocidad de alimentación F_j obtenida bien en la etapa 74 o en la etapa 82 se entrega al punto sumador 84. Habiendo establecido la nueva corrección de la velocidad de alimentación F_j , su valor se envía al controlador automático 26 como se muestra en la etapa 88, y el siguiente conjunto de entradas del sensor se leen en 86.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas y automovilísticas. Por lo tanto, en referencia ahora a las FIGS. 5 y 6, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de fabricación de aviones y método de servicio 90 como se muestra en la Figura 5 y un avión 92 como se muestra en la Figura 6. Las aplicaciones aeronáuticas de las realizaciones desveladas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, miembros reforzados compuestos tales como pieles de fuselaje, pieles del ala, superficies de control, escotillas, paneles para suelo, paneles para puertas, paneles de acceso y empenajes, por nombrar unas pocas. Durante la pre-producción, el método ejemplar 90 puede incluir la especificación y el diseño 94 del avión 92 y la obtención del material 96. Durante la producción, tiene lugar la fabricación del componente y el submontaje 98 y la integración del sistema 100 del avión 92. A partir de entonces, el avión 92 puede pasar la certificación y entrega 102 con el fin de ponerse en uso 104. Mientras un cliente lo usa, el avión 92 está programado para mantenimiento y servicio rutinario 106 (que pueden también incluir modificaciones, reconfiguraciones,

renovaciones y etcétera).

- 5 Cada uno de los procesos del método 90 puede efectuarse o realizarse con un integrador de sistema, una tercera parte, y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistema pueden incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aviones y subcontratistas del sistema de mayor importancia; una tercera parte pueden incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, una compañía de alquiler, una entidad militar, una organización de servicios, y etcétera.
- 10 Como se muestra en la FIG. 6, el avión 92 producido mediante el método ejemplar 90 puede incluir un fuselaje 108 con una pluralidad de sistemas 110 y un interior 112. Los ejemplos de sistemas de alto nivel 110 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 114, un sistema eléctrico 116, un sistema hidráulico 118, y un sistema medioambiental 120. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria marina o la automovilística.
- 15 Los sistemas y métodos aquí representados pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 90. Por ejemplo, los componentes o submontajes correspondientes al proceso de producción 90 pueden fabricarse o manufacturarse de una manera similar a los componentes o submontajes producidos mientras el avión 92 está en uso. También, puede utilizarse una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas durante las fases de producción 98 y 100, por ejemplo, acelerando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de un avión 92. Similarmente, puede utilizarse una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas mientras el avión 92 está en uso, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 106.
- 20 Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones ejemplares, se entenderá que las realizaciones específicas son para fines ilustrativos y no limitativos, ya que a aquellos expertos en la técnica se les ocurrirán otras variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.

30

REIVINDICACIONES

1. Un método de corte de láminas compuestas, que comprende:

5 introducir un cuchillo ultrasónico (22) a través de las láminas (14);
medir al menos un parámetro seleccionado de una carga de potencia sobre un transductor ultrasónico usado
para accionar el cuchillo, una desviación del cuchillo y una temperatura del cuchillo cuando el cuchillo (22)
corta las láminas (14); y,
10 generar una señal de velocidad de alimentación para optimizar la velocidad de alimentación del cuchillo (22)
en base al parámetro medido.

2. El método de la reivindicación 1, en el que:

15 la introducción del cuchillo (22) incluye el control del movimiento del cuchillo (22) usando un controlador
automático (26), y,
la generación de la señal de la velocidad de alimentación se realiza usando el controlador automático (26).

3. El método de la reivindicación 1, que además comprende:

20 retroalimentar el parámetro medido a un controlador (44), y
en el que la generación de la señal de la velocidad de alimentación se realiza mediante el controlador (44).

4. El método de la reivindicación 1, que además comprende:

25 comparar el valor del parámetro medido con un valor preseleccionado, y
en el que la generación de la señal de la velocidad de alimentación está basada en los resultados de la
comparación.

5. Un sistema para cortar material, que comprende:

30 un cuchillo impulsado ultrasónico (22) para cortar el material;
medios de control (26, 44) para controlar la velocidad a la que el cuchillo (22) se introduce a través del
material;
medios detectores (32) para detectar al menos un parámetro seleccionado de una carga de potencia sobre un
35 transductor ultrasónico usado para accionar el cuchillo, una desviación del cuchillo y una temperatura del
cuchillo (22); y
un conjunto de instrucciones programadas usadas por los medios de control (26, 44) para optimizar la
velocidad de alimentación del cuchillo (22) en base al parámetro detectado.

40 6. El sistema de la reivindicación 5, en el que los medios detectores (32) incluyen:

un primer sensor para detectar la carga de potencia ultrasónica entregada al cuchillo (22), y
un segundo sensor (32) para detectar cargas secundarias sobre el cuchillo (22).

45 7. El sistema de la reivindicación 6, en el que los medios de control (26, 44) incluyen un controlador para generar
una señal de control de velocidad impuesta de alimentación en base a las cargas secundarias detectadas sobre el
cuchillo (22) y la potencia ultrasónica entregada al cuchillo (22).

8. El sistema de la reivindicación 5, en el que los medios de control (26, 44) incluyen:

50 un primer controlador (26) para controlar el movimiento del cuchillo (22), y,
un segundo controlador (44) para generar una señal de control que el primer controlador (26) usa para
optimizar la velocidad de alimentación del cuchillo (22).

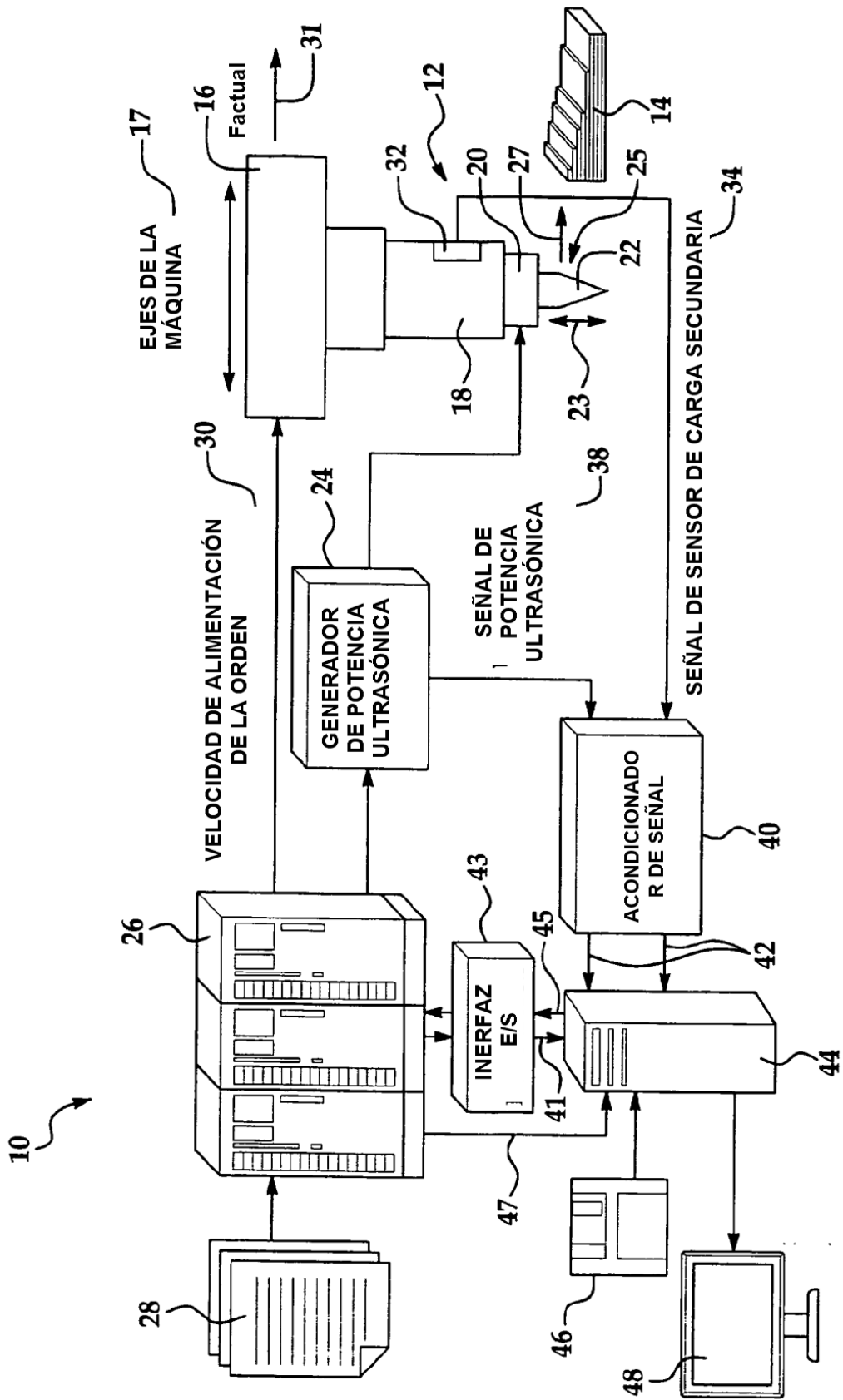


FIG. 1

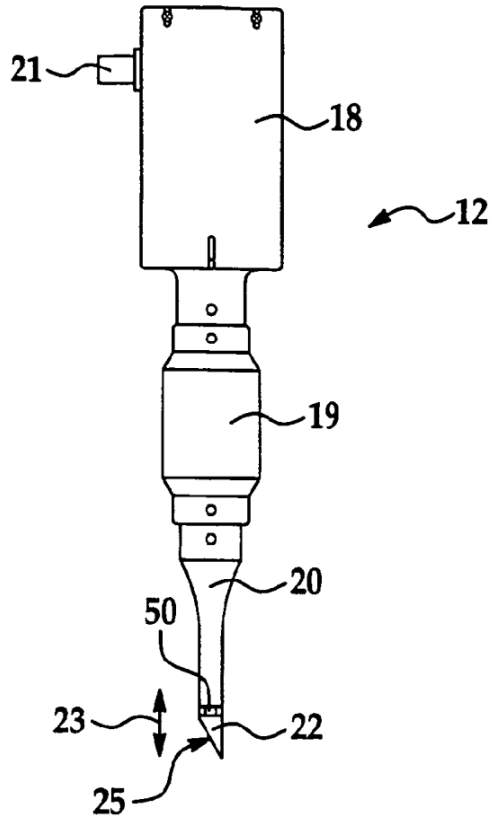


FIG. 2

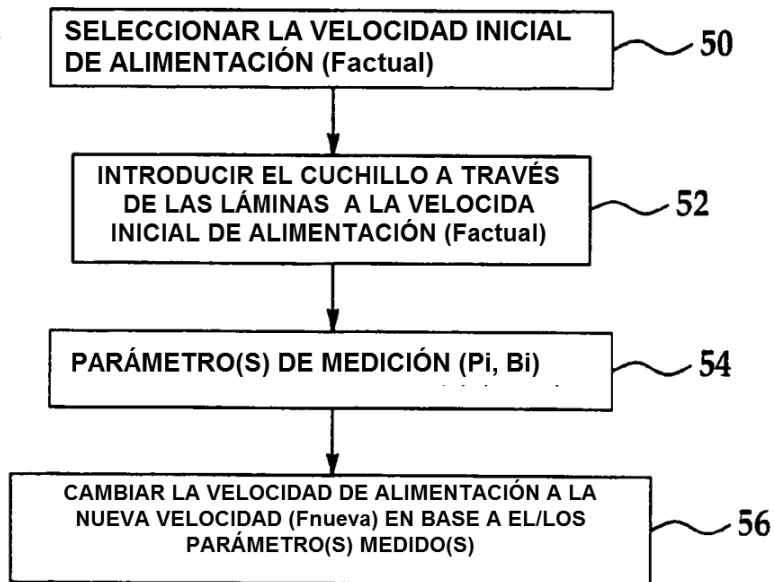


FIG. 3

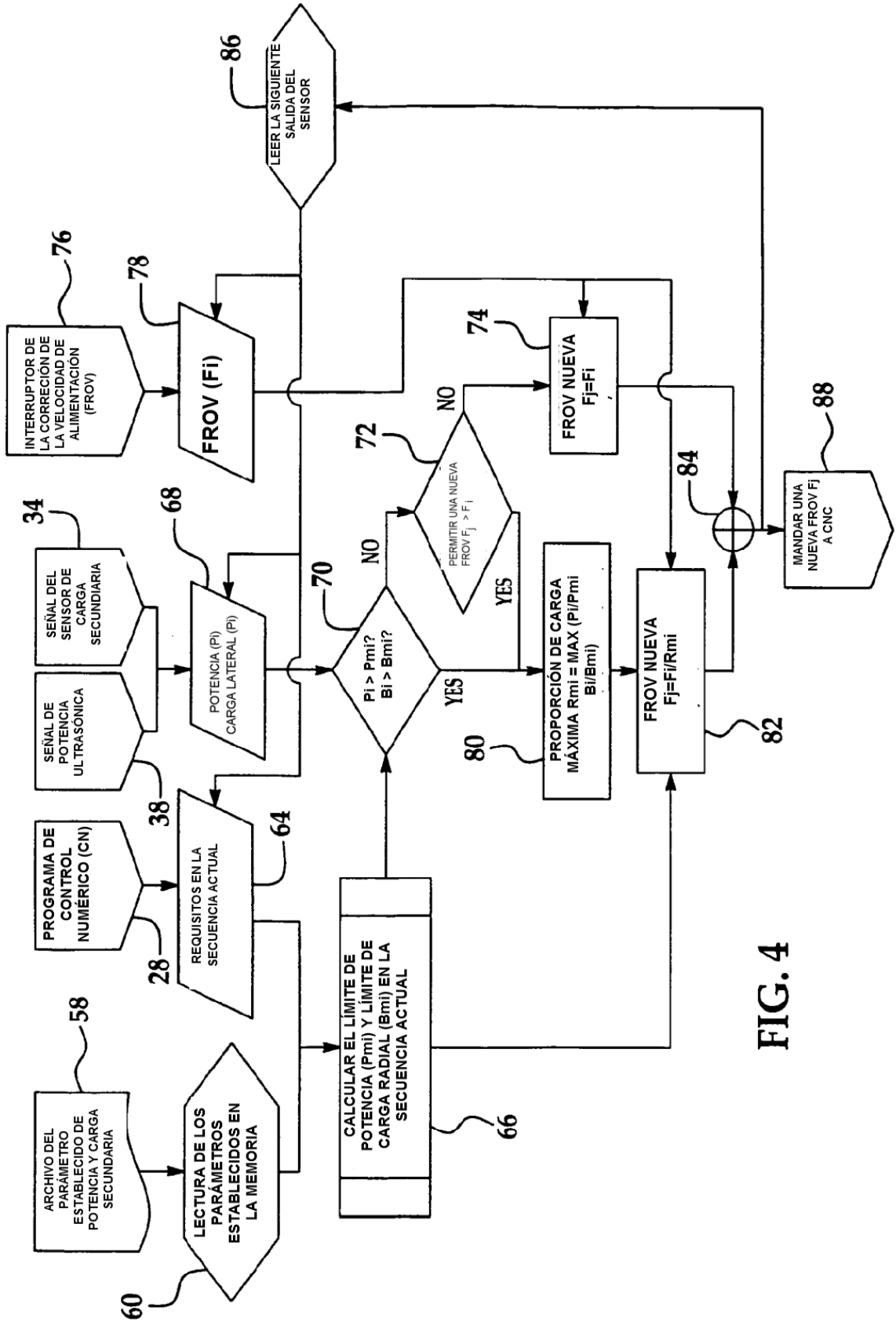


FIG. 4

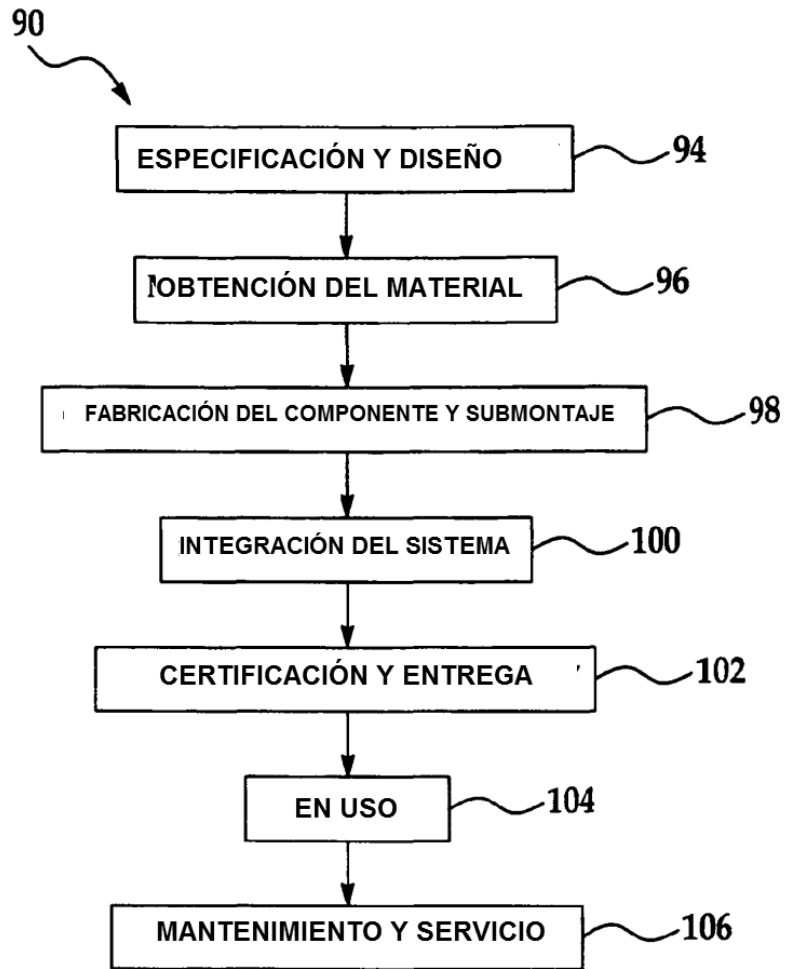


FIG. 5

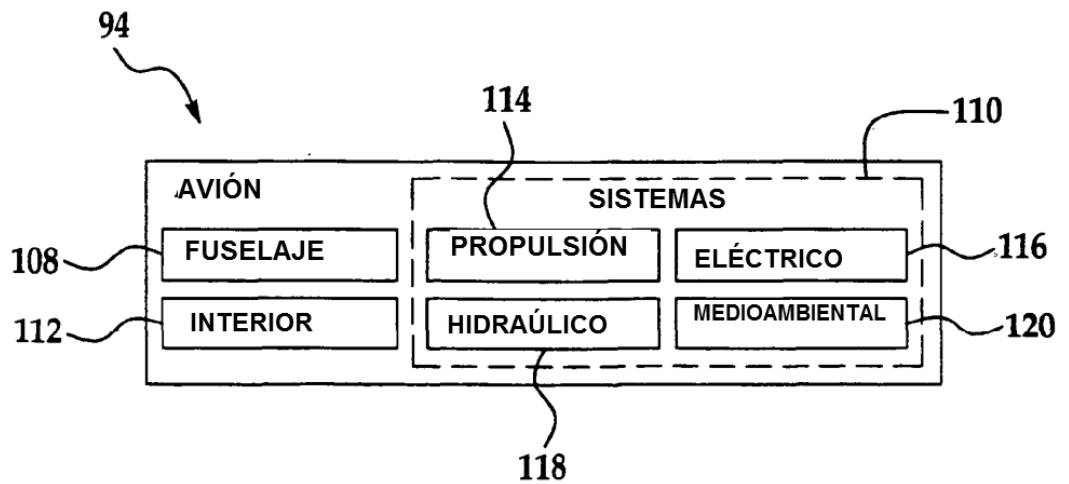


FIG. 6