

PERFIL ALAR DE AERONAVES NO TRIPULADAS FABRICADA EN IMPRESIÓN 3D

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación está relacionada con perfiles alares de vehículos aéreos no tripulados. Particularmente, la presente divulgación se refiere a un perfil alar impreso en 3D por medio de una técnica “vase”.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

La implementación de técnicas de manufactura aditiva como la impresión 3D reforzada con fibra de carbono, fortalece estructuralmente las piezas fabricadas disminuyendo así el peso y tiempo de manufactura de los componentes alares. Ahora bien, se sabe que los componentes aeronáuticos son piezas que contienen geometrías complejas y detalladas las cuales llevan tiempos prolongados de fabricación y un alto costo para su reemplazo.

Además, los diferentes diseños de los componentes de los perfiles alares obedecen a los análisis estructuras y a la disminución del peso para diferentes tipos de aeronaves tripuladas y no tripuladas. Por lo tanto, el estado de la técnica se refiere a perfiles alares como los divulgados en el documento US20210362827A1, el video de Science Tubers (*“Implementación de material termoplástico reforzado con fibra de carbono en el empenaje”*. Youtube, Vol 2, No. 1, Año 2, 2020) y el documento P. A. Shepherd (*“Wing Construction June 1960 Aero Modeller”*. Airplanes and Rockets, March 19, 2016).

El documento US20210362827A1 divulga un perfil aerodinámico conformado por un elemento estructural primario 26 y un elemento estructural secundario 28 que definen un borde de salida 24 del perfil aerodinámico. El elemento estructural primario incluye un panel de revestimiento superior 34, un panel de revestimiento inferior 36 y un larguero 60 de canal en C que está acoplado al panel de revestimiento superior 34 y al panel de revestimiento inferior 36.

También, el documento US20210362827A1 divulga un volumen interno 40 que está definido por el panel de revestimiento superior 34 y el panel de revestimiento inferior 36, detrás del larguero 60 del canal en C. La región del borde de ataque 30 del elemento estructural primario 26 define el borde de ataque 22 del perfil aerodinámico.

Adicionalmente, el perfil aerodinámico del documento US20210362827A1 tiene una longitud, que también se puede denominar longitud de cuerda 90, y un larguero 100 en Z que

se puede colocar entre el 80 % y el 95 % de la longitud de cuerda 90. Además o como alternativa, el larguero 60 central del canal C se puede colocar entre el 30 % y el 60 % de la longitud de cuerda 90.

Finalmente, el perfil aerodinámico del documento US20210362827A1 divulga que el panel de revestimiento superior 34 puede incluir una primera parte rígida 134 del núcleo superior y una segunda parte rígida 136 del núcleo superior, en donde la primera parte rígida 134 del núcleo superior o la segunda parte rígida 136 del núcleo superior comprenden un núcleo de panal sobre-expandido.

Por otro lado, el video de Science Tubers (*“Implementación de material termoplástico reforzado con fibra de carbono en el empenaje”*. Youtube, Vol 2, No. 1, Año 2, 2020) muestra un perfil alar impreso en 3D con la técnica de manufactura aditiva, por el método FDM. Particularmente, en dicho video el perfil alar se imprimió con la técnica tipo “Vase” (minuto 3:26) empleando materiales compuestos como fibra de carbono y termoplásticos como PLA.

Además, el perfil alar tiene dos vigas que se disponen al 25% y al 75% de la extensión de la cuerda del perfil alar. Además, el perfil alar cuenta con dos largueros en la superficie superior y dos largueros en la superficie inferior.

Por otro lado, el documento P. A. Shepherd (*“Wing Construction June 1960 Aero Modeller”*. Airplanes and Rockets, March 19, 2016) divulga la construcción de modelos de alas que tiene un núcleo construido con honeycomb o panal el cual tiene una relación resistencia-peso muy alta cuando se aplica una fuerza de compresión paralela a la altura de la celda. También, divulga que el panal se intercala entre las "pieles" superior e inferior del ala.

Adicionalmente, el documento P. A. Shepherd (*“Wing Construction June 1960 Aero Modeller”*. Airplanes and Rockets, March 19, 2016) divulga un siguiente paso en la construcción que es expandir el panal para que las celdas hexagonales tengan aproximadamente el mismo tamaño. El siguiente paso de es aplicar las pieles superior e inferior y cuando las pieles del ala y el panal están unidas se ensambla el borde de ataque adhiriendo un larguero. Además, como se ve en la FIG. 2 del documento P. A. Shepherd (*“Wing Construction June 1960 Aero Modeller”*. Airplanes and Rockets, March 19, 2016) la piel superior e inferior del ala tiene un canal para disponer un larguero.

Por lo tanto, si bien los documentos citados se refieren a perfiles alares ninguno de dichos documentos indica como imprimir una estructura interna de un perfil alar que comprenda varios elementos para su posterior ensamble.

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente divulgación se refiere a un perfil alar con una superficie alar, un borde de ataque, un borde de salida, una superficie superior que corresponde a un extradós, una superficie inferior que corresponde a un intradós y una línea de cuerda localizada entre dicho borde de ataque y el borde de salida, que comprende un primer par de canales y un segundo par de canales, un primer par de vigas que se disponen en el primer par de canales y un segundo par de vigas que se dispone en el segundo par de canales, una estructura con una forma de panal dentro de la superficie alar, donde el primer par de vigas y el segundo par de vigas se extienden desde el intradós hasta el extradós del perfil alar.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1A ilustra una vista isométrica de un perfil alar con una estructura interna en forma de panal.

La FIG. 1B ilustra una vista explosionada de un perfil alar con una estructura interna en forma de panal.

La FIG. 2A ilustra una vista isométrica de un perfil alar con una estructura interna en forma de panal.

La FIG. 2B ilustra una vista lateral de un perfil alar con una estructura interna en forma de panal.

La FIG. 3A ilustra una vista isométrica de un perfil alar con una estructura interna en forma de semi círculos.

La FIG. 3B ilustra una vista lateral de un perfil alar con una estructura interna en forma de semi círculos.

La FIG. 4A ilustra una vista isométrica de un perfil alar con una estructura interna que conecta la superficie interna superior o superficie interna del extradós con la superficie interna inferior o la superficie interna del intradós, generando un patrón triangular.

La FIG. 4B ilustra una vista lateral de un perfil alar con una estructura interna que conecta la superficie interna superior o superficie interna del extradós con la superficie interna inferior o la superficie interna del intradós, generando un patrón triangular.

La FIG. 5A ilustra una vista isométrica de un perfil alar con una estructura interna compuesta por cilindros donde el diámetro de cada cilindro está tangencialmente en contacto con la superficie interna del extradós y con la superficie interna del intradós.

La FIG. 5B ilustra una vista lateral de un perfil alar con una estructura interna compuesta por cilindros donde el diámetro de cada cilindro está tangencialmente en contacto con la superficie interna del extradós y con la superficie interna del intradós.

La FIG. 6A ilustra una vista isométrica de un perfil alar con una estructura interna compuesta por láminas verticales que unen la superficie interna del extradós con la superficie interna del intradós.

La FIG. 6B ilustra una vista lateral de un perfil alar con una estructura interna compuesta por láminas verticales que unen la superficie interna del extradós con la superficie interna del intradós.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La impresión 3D, también llamada modelado por deposición fundida (FDM por sus siglas en inglés) es un conjunto de procesos que producen objetos a través de la adición de material en capas que corresponden a las sucesivas secciones transversales de un modelo 3D. Los plásticos y las aleaciones de metal y de fibras son los materiales más usados para impresión 3D, pero se puede utilizar casi cualquier cosa, desde hormigón hasta tejido vivo.

Además, la industria aeronáutica busca constantemente mejorar sus procesos de diseño y fabricación de partes y componentes de aeronaves. En este sentido, recientes avances en los procesos productivos han introducido en diferentes tipos de industrias metodologías basadas en la manufactura aditiva o impresión 3D, una técnica que permite crear partes a partir de la adición de material en capas consecutivas hasta lograr la geometría deseada. Esta técnica permite al sector industrial la disminución en costos debidos al desperdicio de material producto de las técnicas de fabricación convencional.

Por otro lado, es importante entender que un perfil alar otorga las características fundamentales del desempeño aerodinámico. El perfil aerodinámico o simplemente perfil, al desplazarse a través del aire es capaz de crear a su alrededor una distribución de presiones que genere sustentación. También, el perfil alar es uno de los elementos más importantes en el diseño de superficies sustentadoras como alas, o de otros cuerpos similares como álabes o palas de hélice o de rotor.

Adicionalmente, dentro de los parámetros geométricos de los perfiles alares se tiene en cuenta la cuerda el cual es segmento imaginario que une el borde de ataque con el borde de salida. El ángulo que formará la recta que contiene a la cuerda con la dirección de la corriente de aire, definen convencionalmente el ángulo de ataque. Además, la superficie superior o extradós se define como el contorno del perfil sobre la cuerda y la superficie inferior o intradós se define como la parte del contorno del perfil bajo la cuerda.

En particular, la presente divulgación se refiere a un perfil alar impreso en 3D con una superficie alar (1), un borde de ataque (9), un borde de salida (8), una superficie superior que corresponde a un extradós (12), una superficie inferior que corresponde a un intradós (13) y una línea de cuerda (10) localizada entre dicho borde de ataque (9) y el borde de salida (8), que comprende un primer par de canales (5) y un segundo par de canales (6), un primer par de vigas (2) que se disponen en el primer par de canales (5) y un segundo par de vigas (3) que se dispone en el segundo par de canales (6), una estructura (4) con una forma de panal dentro de la superficie alar (1), donde el primer par de vigas (2) y el segundo par de vigas (3) se extienden desde el intradós (13) hasta el extradós (12) del perfil alar.

Para un mejor entendimiento, el borde de ataque (9) corresponde al 0% de longitud de la cuerda (10), y el borde de salida (8) al 100% de la longitud de la cuerda (10), donde el primer par de vigas (2) se ubica al 25% de la longitud de la línea de la cuerda (10) y el segundo par de vigas (3) se ubica al 75% de la longitud de la línea de la cuerda (10).

Lo anterior, permite una distribución de cargas a la que es sometido el perfil alar para evitar rompimientos o fracturas en la superficie alar (1). Además esta configuración del primer y segundo par de vigas (2, 3) permite que el perfil alar de la presente divulgación sea más liviano que los perfiles alares que emplean largueros o costillas adicionales al primer y segundo par de vigas (2, 3).

Adicionalmente, cada viga del primer y el segundo par de vigas (2, 3) se configuran por medio de una placa vertical y una placa horizontal la cual es perpendicular a la placa vertical y se conecta a uno de los extremos de la placa vertical conformando un perfil en “L”.

En una modalidad, cada viga del primer y el segundo par de vigas (2, 3) se configuran formando un perfil en “Z”, “C” o “I”.

Además, el borde de ataque (9) incluye un canal (7) perpendicular a la cuerda (10), donde en dicho canal (7) se dispone una viga (11) transversal. La viga (11) transversal tiene un terminado semi circular para mantener la aerodinámica del perfil alar y al mismo tiempo permitir que un flujo de aire circule de manera laminar por la superficie alar (1).

En una modalidad, el borde de salida (8) se imprime con un canal que es perpendicular a la cuerda (10) y además se imprime una viga adicional que se acopla al canal del borde de salida (8). Esta viga adicional tiene un terminado que puede ser triangular o cuadrado según el objetivo de vuelo de la aeronave. Por lo anterior, según la terminación de esta viga adicional permite que se generen menos vórtices en el borde de salida (8) del perfil alar durante el vuelo.

Por otro lado, el primer par de vigas (2) y el segundo par de vigas (3) están orientadas perpendicularmente a la línea de la cuerda (10) del perfil alar. Además, el primer y segundo par de vigas (2, 3) proveen de una rigidez estructural al perfil alar durante el vuelo.

Haciendo referencia a la FIG. 1A y FIG. 1B el primer y segundo par de vigas (2, 3) se deslizan por entre el primer y segundo par de canales (5, 6). En una modalidad, el primer y segundo par de vigas (2, 3) se ajustan al primer y segundo par de canales (5, 6) por medio de resinas o pegamentos.

Además, la viga (11) transversal se inserta en el canal (7) ubicado en el borde de ataque (9) y la viga adicional que se inserta en el canal del borde de salida (8) se adhieren por medio de resinas o pegamentos.

Así mismo, uno de los efectos técnicos del perfil alar de la presente divulgación, es que permite cambiar una de las vigas (2, 3, 11) si estas están dañadas, sin tener que cambiar todo el perfil alar. Por ejemplo, si se daña una de las vigas del primer par de vigas (2), solo se tendría que cambiar una viga del primer par de vigas (2).

Por otro lado, la presente divulgación se refiere a un proceso para imprimir el perfil alar, que comprende las etapas:

- a) configurar una impresora en 3D con la técnica tipo “vase” para que un extrusor de la impresora en 3D deposite material mediante una trayectoria helicoidal, generando un único recorrido del extrusor por medio de un contorno ya definido;

- b) imprimir una superficie alar (1), un borde de ataque (9), un borde de salida (8), una superficie superior que corresponde a un extradós (12), una superficie inferior que corresponde a un intradós (13) y una línea de cuerda (10) localizada entre dicho borde de ataque (9) y el borde de salida (8);

- c) imprimir un primer par de vigas (2) y un segundo par de vigas (3), donde el perfil alar se imprime con un primer par de canales (5) en el cual se disponen el primer par de vigas (2) y un segundo par de canales (6) en el cual se disponen el segundo par de vigas (3);

- d) imprimir una estructura (4) con una forma de panal dentro de la superficie alar (1); y

- e) ensamblar el perfil alar con las piezas impresas en las etapas b), c) y d).

Adicionalmente, la impresión del primer y segundo par de vigas (2, 3) se realiza con un patrón de relleno rectilíneo de dos maneras como lo son a $-45^{\circ}/45^{\circ}$ y $0^{\circ}/90^{\circ}$, para que de esta manera las vigas (2, 3) sean resistentes a cargas aplicadas en un vuelo teniendo en cuenta un factor de seguridad. En este proceso de impresión se tiene un menor costo de manufactura y poco tiempo de horas hombre para llevarla a cabo, garantizando así, que las piezas fabricadas mediante este tipo de manufactura pueden soportar todas aquellas cargas que lo envuelven.

También, para imprimir el perfil alar de la presente divulgación se genera un modelo o componente en un diseño asistido por ordenador o un sistema de fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM). El modelo que describe la parte física a construir debe representarse como superficies cerradas que definan sin tergiversación el volumen cerrado. Por lo tanto, los datos deben especificar el interior, exterior y frontera del modelo.

La implementación de manufactura aditiva es un proceso de desarrollo de piezas sólidas por medio de impresión 3D que consiste en generar una deposición de material capa a capa hasta conseguir una pieza sólida del modelo requerido, esta metodología consiste en calentar el filamento de material termoplástico, fibras o metales, introducirlo en un sistema de control y consecutivamente inyectar por medio de una boquilla a una plataforma en la que se generará el sólido en sus tres dimensiones.

Para desarrollar un proceso de manufactura aditiva por medio de impresión 3D, es necesario generar el sólido en un software de diseño asistido computacional (CAD), teniendo en cuenta que la pieza debe tener un espesor mínimo, este parámetro es limitado con respecto a la capacidad de espesor mínimo que se imprime y la temperatura de fundición del material.

Adicionalmente, los parámetros que son necesarios para controlar y darle una mejor calidad al perfil alar que se desea realizar son:

- Densidad: Determina la cantidad de material por unidad de volumen y lo expresa porcentualmente con respecto a la solidez de éste. De igual manera, tiene influencia sobre el tiempo de impresión de la máquina, debido a que al tener un mayor porcentaje de densidad se genera un incremento en el tiempo de impresión.
- Temperatura de extrusión: Define la temperatura de fusión del material, para que genere propiedades eficientes al momento de la impresión. Varía con respecto a las propiedades y características del material.

A partir de la determinación de dichos parámetros, se implementa el material en el extrusor, encargado de generar la pieza en cada uno de sus tres ejes coordenados (x, y, z), hasta llegar a la altura vertical deseada.

También, en una modalidad preferida la superficie alar (1) se imprime en ácido poli láctico (PLA) y el primer y el segundo par de vigas (2, 3) se fabrican en ácido poli láctico (PLA) reforzado con fibra de carbono.

Este material (ácido poli láctico con filamento en fibra de carbono), es un material híbrido compuesto principalmente a base de materia orgánica biodegradable en ciertas condiciones. Este material cuenta con una gran resistencia al impacto y tracción, una gran facilidad de impresión con respecto a otros materiales, sin embargo, sus propiedades pueden variar en función a las condiciones de impresión y conservación post impresión.

Ahora bien, por medio de esta técnica de impresión tipo “vase” de la etapa a) se pueden generar diferentes estructuras (4) internas como se observa en la FIG. 1A a la FIG. 6B. Dichas estructuras (4) se configuran según la resistencia a diferentes cargas a la que es sometida la aeronave durante el vuelo.

Haciendo referencia a la FIG. 2A y FIG. 2B, la estructura (4) interna del perfil alar tiene forma de panal de abejas. Esta estructura (4) esta compuesta por hexágonos, minimizando así la cantidad de material utilizado y el peso del mismo. Esta estructura lleva a que el material tenga una densidad muy baja, sin embargo, manteniendo buenas propiedades tanto a compresión como a la tensión cortante. Además, esta estructura (4) también conocida como *Honeycomb* tiene bajo peso, alto módulo de elasticidad, rigidez y es capaz de deformarse de gran manera plásticamente bajo compresión dinámica, lo cual le permite y garantiza que gran cantidad de la energía que es aplicada a esta por medios dinámicos sea absorbida por la deformación de la estructura.

En una modalidad, la estructura (4) en forma de panal está orientada perpendicularmente a la línea de la cuerda (10) y paralela a una envergadura del perfil alar donde la envergadura es la distancia entre un extremo distal y un extremo proximal del perfil alar.

Haciendo referencia a la FIG. 3A y FIG. 3B, en una modalidad la estructura (4) interna tiene forma de semi círculos donde los semi círculos se adhieren a la superficie interna de la superficie alar (1). Dicha estructura (4) es flexible frente a las cargas dinámicas a la que es sometida la aeronave, lo que quiere decir que esta estructura se puede flectar sin que se rompa el perfil alar.

En otra modalidad, haciendo referencia a la FIG. 4A y FIG. 4B se observa una estructura (4) interna que conecta la superficie interna superior o superficie interna del extradós con la superficie interna inferior o la superficie interna del intradós, generando un patrón triangular.

Dicha estructura (4) de la FIG. 4A y FIG. 4B permite mantener la integridad de la estructura evitando que la superficie alar (1) ceda ante los esfuerzos a la que es sometida la aeronave.

En una modalidad adicional, la estructura (4) interna del perfil alar está compuesto por cilindros donde el diámetro de cada cilindro está tangencialmente en contacto con la superficie interna del extradós y con la superficie interna del intradós. Además, cada cilindro cambia de diámetro según la posición de la longitud total de la cuerda (10) en la que se encuentre tal y como se puede observar en la FIG. 5A y FIG. 5B.

En otra modalidad, la estructura (4) está conformada de láminas verticales que unen la superficie interna del extradós con la superficie interna del intradós como se ilustra en la FIG. 6A y FIG. 6B. Por lo anterior, con esta estructura (4) se refuerza la superficie alar (1).

En una modalidad adicional, el perfil alar puede tener *sharklets* o *winglets* en el extremo distal del perfil alar. Dichos elementos también conocidos como puntas de ala permiten mejorar la eficiencia de las aeronaves. Generalmente, presentan la forma de una aleta hacia arriba en el extremo del ala pero pueden adoptar distintas geometrías.

Existen varios tipos de dispositivos de punta alar y, aunque funcionan de diferentes maneras, el efecto técnico es reducir la resistencia aerodinámica de la aeronave alterando el flujo de aire o vórtices cerca de las puntas alares.

Los dispositivos de punta alar también mejoran las características de manejo de la aeronave. Dichos dispositivos incrementan el alargamiento alar efectivo de un ala sin incremento material de la envergadura. Una extensión de la envergadura reduciría la resistencia inducida, pero incrementaría la resistencia parásita y además requeriría aumentar la fuerza y el peso del ala.

Por su parte, en una modalidad de la divulgación el perfil alar puede tener acoplado al intradós un punto de anclaje o soporte. Particularmente, en el punto de anclaje se pueden acoplar dispositivos de propulsión tales como rotores conectados a motores, turbinas, entre otros tipos de dispositivos de propulsión que permiten que la aeronave construida con el perfil alar de la presente divulgación se desplace en al menos un sentido cuando este se encuentra suspendido en el aire. Además, en el punto de anclaje se pueden acoplar depósitos de carga útil como cámaras, depósitos de combustible, antenas de comunicación, entre otros.

Finalmente, el perfil alar de la presente divulgación se implementa a la construcción de aeronaves no tripuladas, en particular aeronaves de ala fija.

EJEMPLOS

EJEMPLO 1

Haciendo referencia a la FIG. 1A y FIG. 1B, se desarrolló un perfil alar con una superficie alar (1), un borde de ataque (9), un borde de salida (8), una superficie superior que corresponde a un extradós (12), una superficie inferior que corresponde a un intradós (13) y una línea de cuerda (10) localizada entre dicho borde de ataque (9) y el borde de salida (8), que comprende:

- un primer par de canales (5) y un segundo par de canales (6);
 - un primer par de vigas (2) que se disponen en el primer par de canales (5) y un segundo par de vigas (3) que se dispone en el segundo par de canales (6);
 - una estructura (4) con una forma de panal dentro de la superficie alar (1);
- donde el primer par de vigas (2) y el segundo par de vigas (3) se extienden desde el intradós (13) hasta el extradós (12) del perfil alar.

La superficie alar (1), el primer y segundo par de canales, las vigas (2, 3, 11) se modelan en un formato llamado Archivo ".STL" generado a partir del sistema 3D, el cual aproxima la superficie del modelo utilizando la simplicidad de figuras geométricas (polígonos y triángulos).

Un programa de ordenador analiza el archivo que define el modelo y corta las secciones transversales del modelo. Las secciones son sistemáticamente recreadas a través de solidificación del material y luego combinado para formar un modelo 3D.

Luego el perfil alar se imprimió por medio de la técnica “vase” en ácido poli láctico. Adicionalmente, las vigas fueron fabricadas en PLA con filamento en fibra de carbono. Los parámetros generales que se tuvieron en cuenta para su construcción fueron:

- Temperatura de extrusión: 190 - 230°C;
- Temperatura de la superficie de impresión: 60°C; y
- Densidad: 1,3 g/m³

Adicionalmente, el perfil alar construido tiene las siguientes dimensiones:

- Cuerda: 200 mm.
- Distancia entre el borde de ataque (9) a la primera viga del primer par de vigas (2): 43,7 mm.
- Distancia entre el borde de ataque (9) a la primera viga del segundo par de vigas (3): 133,76 mm.
- Distancia entre la primera viga del primer par de vigas (2) y la primera viga del segundo par de vigas (3): 90.06 mm.

Se debe entender que la presente divulgación no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un perfil alar con una superficie alar (1), un borde de ataque (9), un borde de salida (8), una superficie superior que corresponde a un extradós (12), una superficie inferior que corresponde a un intradós (13) y una línea de cuerda (10) localizada entre dicho borde de ataque (9) y el borde de salida (8), que comprende:
 - un primer par de canales (5) y un segundo par de canales (6);
 - un primer par de vigas (2) que se disponen en el primer par de canales (5) y un segundo par de vigas (3) que se dispone en el segundo par de canales (6);
 - una estructura (4) con una forma de panal dentro de la superficie alar (1);donde el primer par de vigas (2) y el segundo par de vigas (3) se extienden desde el intradós (13) hasta el extradós (12) del perfil alar.
2. El perfil alar de la Reivindicación 1, caracterizado porque el borde de ataque (9) incluye un canal (7) perpendicular a la cuerda (10), donde en dicho canal (7) se dispone una viga (11) transversal.
3. El perfil alar de la Reivindicación 1, caracterizado porque el primer par de vigas (2) y el segundo par de vigas (3) están orientadas perpendicularmente a la línea de la cuerda (10) del perfil alar.
4. El perfil alar de la Reivindicación 1, caracterizado porque la estructura (4) en forma de panal está orientada perpendicularmente a la línea de la cuerda (10) y paralela a una envergadura del perfil alar donde la envergadura es la distancia entre un extremo distal y un extremo proximal del perfil alar.
5. El perfil alar de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el borde de ataque (9) corresponde al 0% de longitud de la cuerda (10), y el borde de salida (8) al 100% de la longitud de la cuerda (10), donde el primer par de vigas (2) se ubica al 25% de la longitud de la línea de la cuerda (10) y el segundo par de vigas (3) se ubica al 75% de la longitud de la línea de la cuerda (10).
6. El perfil alar de la Reivindicación 1, caracterizado porque cada viga del primer y el segundo par de vigas (2, 3) se configuran por medio de una placa vertical y una placa horizontal que es perpendicular a la placa vertical y se conecta a uno de los extremos de la placa vertical.
7. Un proceso para imprimir el perfil alar de la Reivindicación 1, que comprende las etapas:

- a) configurar una impresora en 3D con la técnica tipo “vase” para que un extrusor de la impresora en 3D deposite material mediante una trayectoria helicoidal, generando un único recorrido del extrusor por medio de un contorno ya definido;
- b) imprimir una superficie alar (1), un borde de ataque (9), un borde de salida (8), una superficie superior que corresponde a un extradós (12), una superficie inferior que corresponde a un intradós (13) y una línea de cuerda (10) localizada entre dicho borde de ataque (9) y el borde de salida (8);
- c) imprimir un primer par de vigas (2) y un segundo par de vigas (3),
donde el perfil alar se imprime con un primer par de canales (5) en el cual se disponen el primer par de vigas (2) y un segundo par de canales (6) en el cual se disponen el segundo par de vigas (3);
- d) imprimir una estructura (4) con una forma de panal dentro de la superficie alar (1); y
- e) ensamblar el perfil alar con las piezas impresas en las etapas b), c) y d).

8. El proceso de la Reivindicación 7, donde el primer y el segundo par de vigas (2, 3) se imprimen en un patrón de relleno rectilíneo de $-45^{\circ}/45^{\circ}$ y $0^{\circ}/90^{\circ}$.

9. El proceso de la Reivindicación 7, donde la superficie alar (1) se imprime en ácido poliláctico (PLA) y el primer y el segundo par de vigas (2, 3) se fabrican en ácido poliláctico (PLA) reforzado con fibra de carbono.

RESUMEN

La presente divulgación se refiere a un perfil alar con una superficie alar, un borde de ataque, un borde de salida, una superficie superior que corresponde a un extradós, una superficie inferior que corresponde a un intradós y una línea de cuerda localizada entre dicho borde de ataque y el borde de salida, que comprende un primer par de canales y un segundo par de canales, un primer par de vigas que se disponen en el primer par de canales y un segundo par de vigas que se dispone en el segundo par de canales, una estructura con una forma de panal dentro de la superficie alar, donde el primer par de vigas y el segundo par de vigas se extienden desde el intradós hasta el extradós del perfil alar.

Además, la presente divulgación se refiere a un un proceso para imprimir el perfil alar, que comprende las etapas de configurar una impresora en 3D con la técnica tipo “vase” para que un extrusor de la impresora en 3D deposite material mediante una trayectoria helicoidal, generando un único recorrido del extrusor por medio de un contorno ya definido; imprimir una superficie alar, un borde de ataque, un borde de salida, una superficie superior que corresponde a un extradós, una superficie inferior que corresponde a un intradós y una línea de cuerda localizada entre dicho borde de ataque y el borde de salida; imprimir un primer par de vigas y un segundo par de vigas, donde el perfil alar se imprime con un primer par de canales en el cual se disponen el primer par de vigas y un segundo par de canales en el cual se disponen el segundo par de vigas; imprimir una estructura con una forma de panal dentro de la superficie alar; y ensamblar el perfil alar con las piezas impresas en cada una de las etapas

FIGURAS

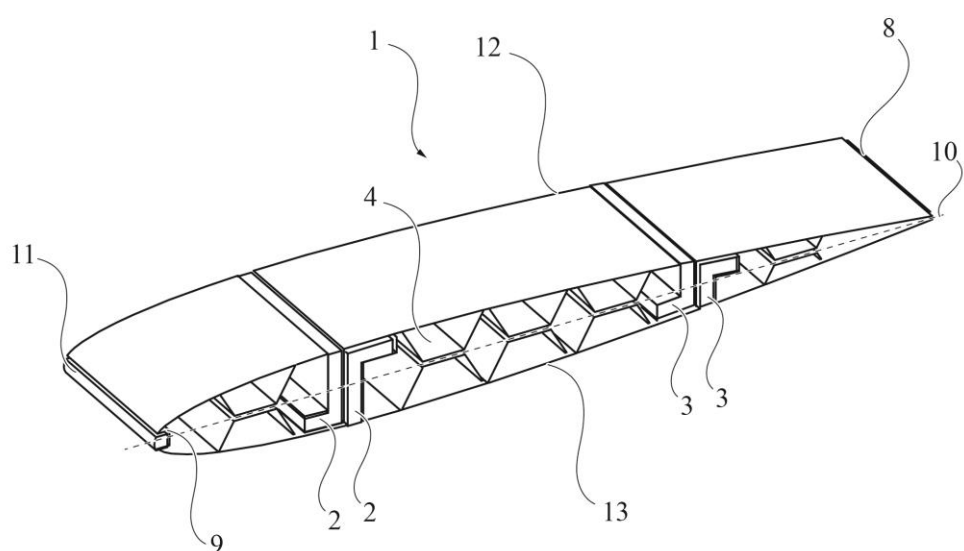


FIG. 1A

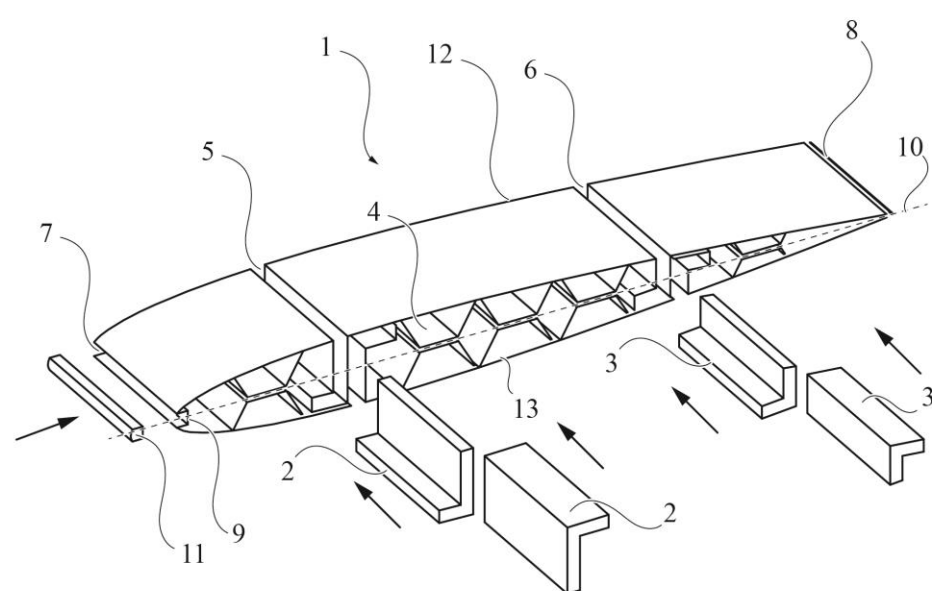


FIG. 1B

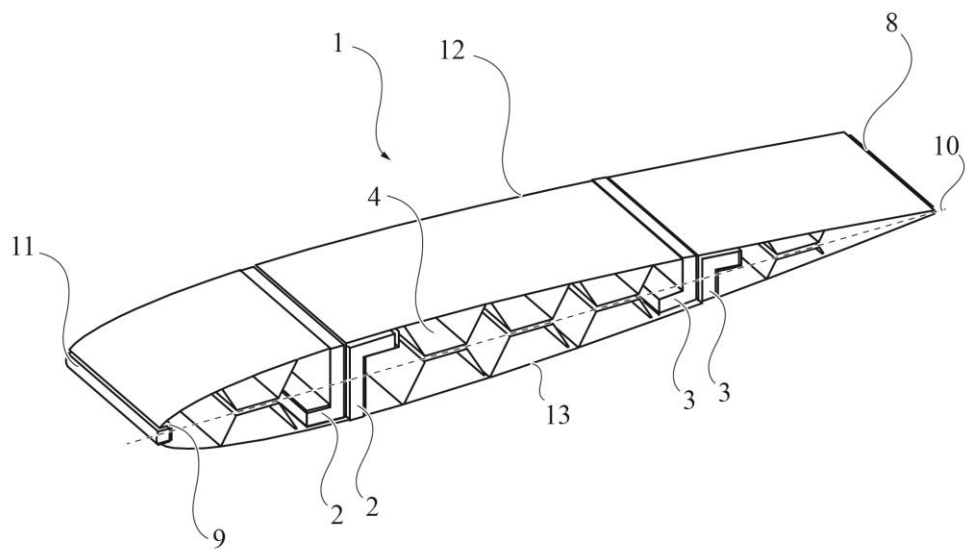


FIG. 2A

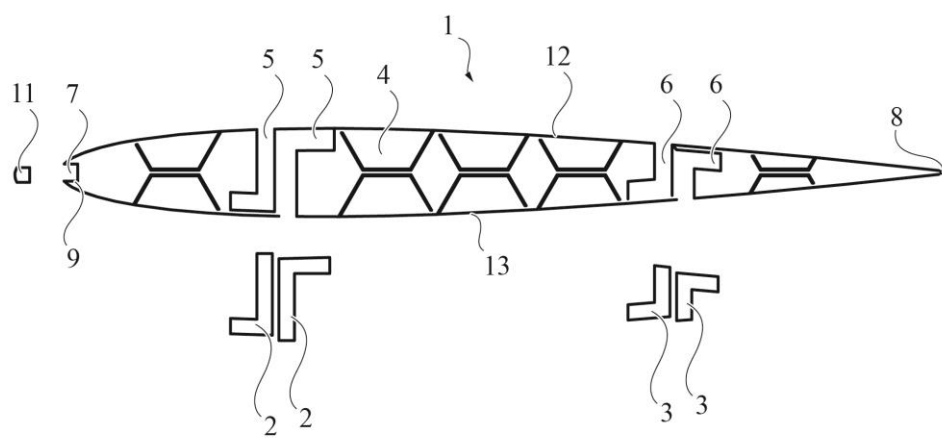


FIG. 2B

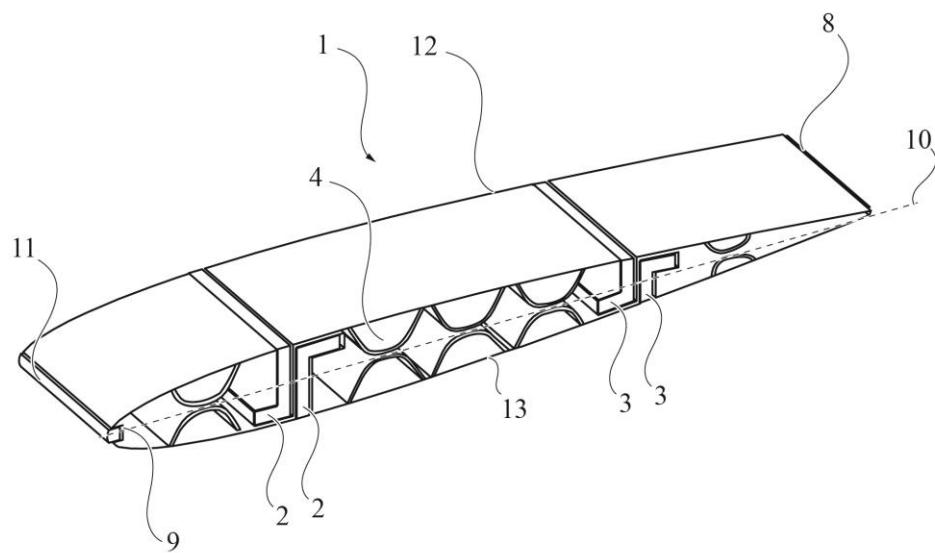


FIG. 3A

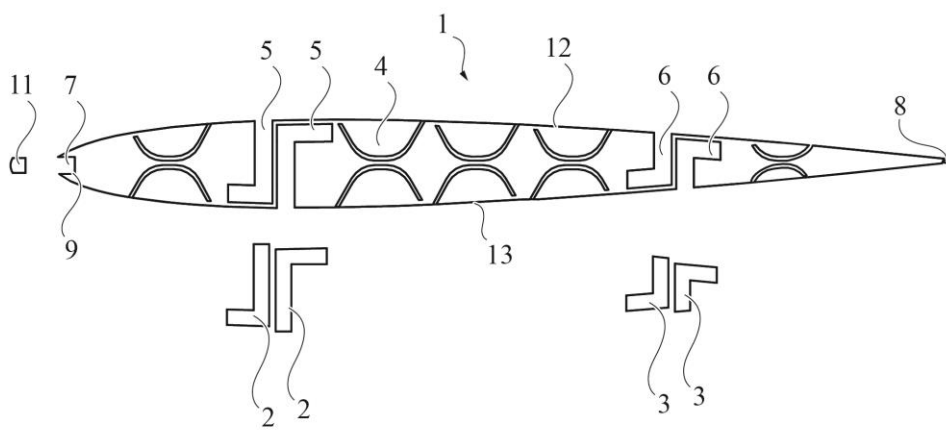


FIG. 3B

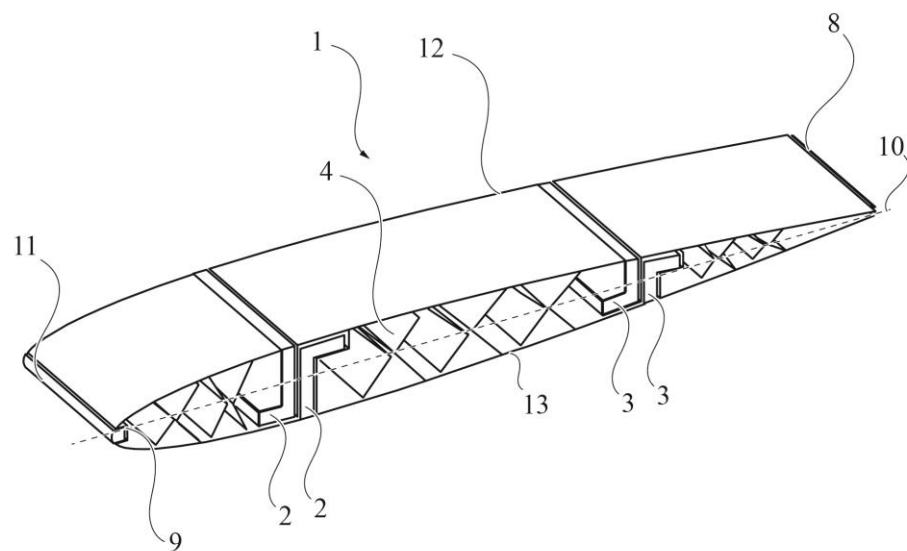


FIG. 4A

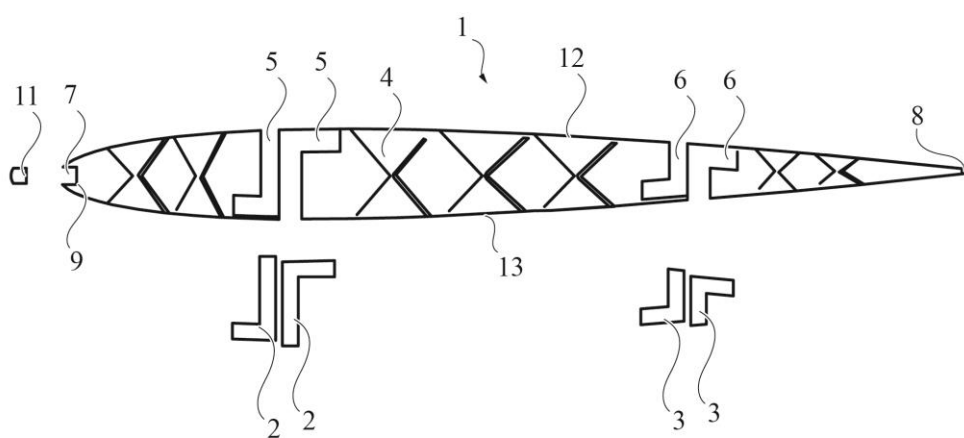


FIG. 4B

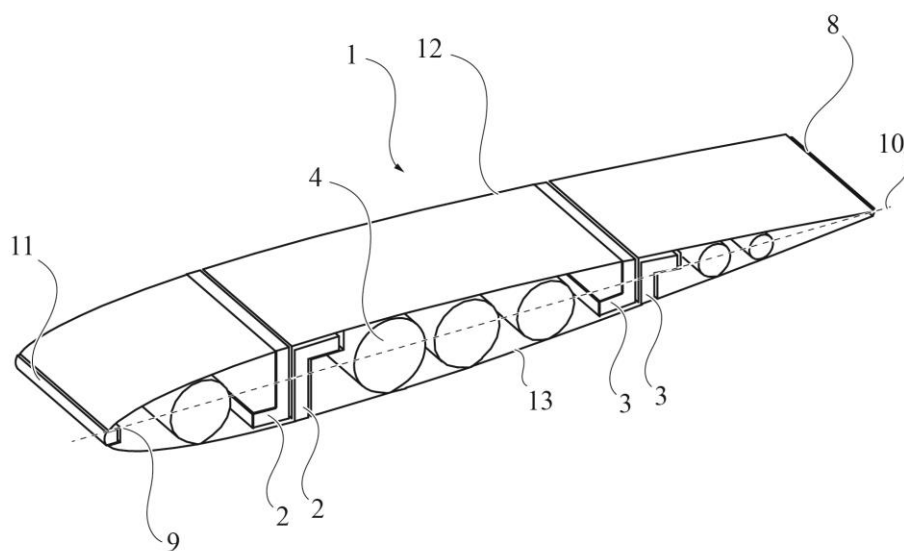


FIG. 5A

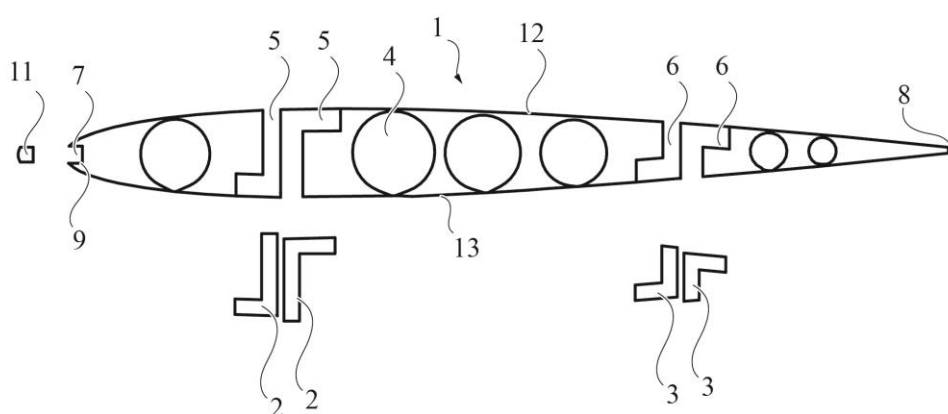


FIG. 5B

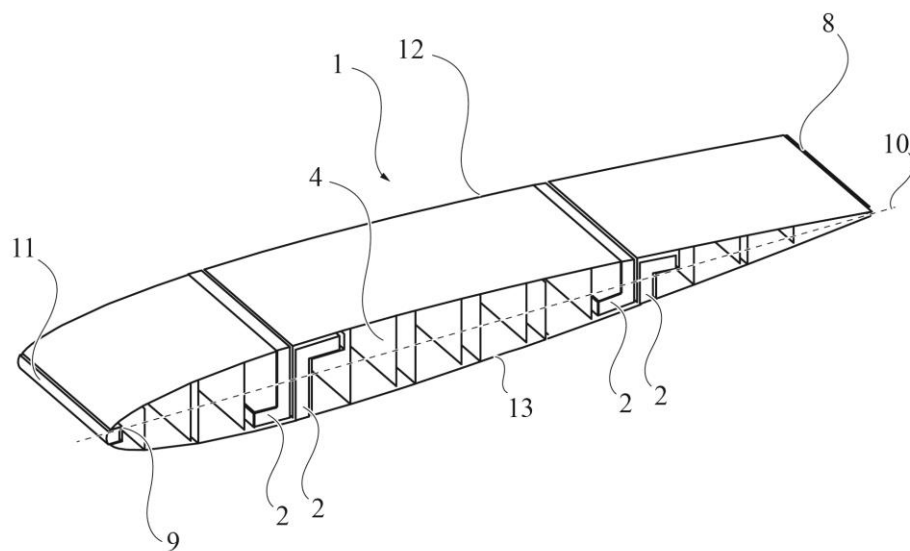


FIG. 6A

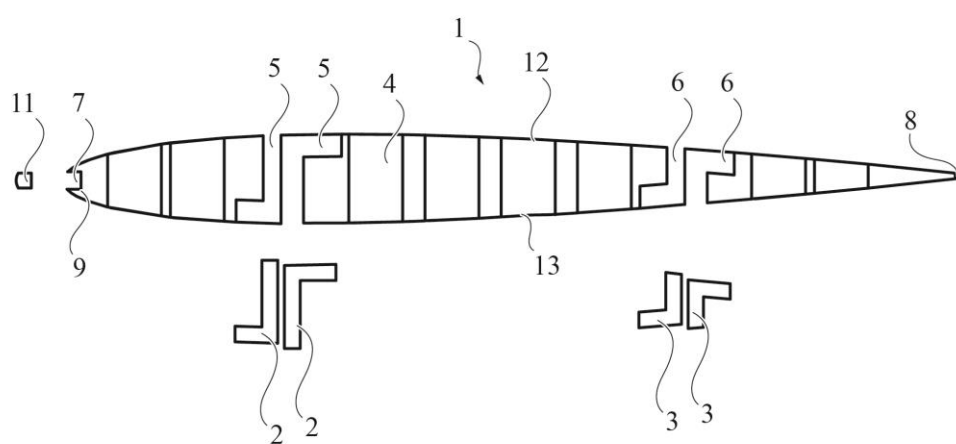


FIG. 6B