

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 482**

51 Int. Cl.:

F28D 19/04 (2006.01)

F28F 3/02 (2006.01)

F28F 3/04 (2006.01)

F28F 5/02 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2016 PCT/US2016/056209**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17062929**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2016 E 16787650 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3359901**

54 Título: **Configuración alternada de muescas para separar láminas de transferencia de calor**

30 Prioridad:

07.10.2015 US 201514877451

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

05.05.2020

73 Titular/es:

**ARVOS LJUNGSTROM LLC (100.0%)
3020 Truax Road
Wellsville, NY 14895, US**

72 Inventor/es:

**ATKINSON, NATHAN;
SEEBALD, JAMES D.;
YOWELL, JEFFEREY E. y
O'BOYLE, JEFFREY M.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 758 482 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

Configuración alternada de muescas para separar láminas de transferencia de calor

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a láminas de transferencia de calor para precalentadores de aire regenerativos giratorios para la transferencia de calor desde una corriente de gas de combustión a una corriente de aire de combustión y más en particular se refiere a láminas de transferencia de calor que tienen una configuración alternada de muescas para separar una de la otra las láminas de transferencia de calor adyacentes y que tiene una eficiencia de transferencia de calor mejorada.

Antecedentes de la invención

10 Los precalentadores de aire regenerativos giratorios se usan típicamente para transferir calor desde una corriente de gas de combustión que sale de un horno, a una corriente de aire de combustión entrante para mejorar la eficiencia del horno. Los precalentadores convencionales incluyen un conjunto de lámina de transferencia de calor que incluye una pluralidad de láminas de transferencia de calor apiladas una sobre otra en una cesta. Las láminas de transferencia de calor absorben el calor de la corriente de gas de combustión y transfieren este calor a la corriente de aire de combustión. El precalentador incluye además un rotor que tiene particiones o diafragmas radiales que definen compartimientos que alojan un conjunto de lámina de transferencia de calor respectivo. El precalentador incluye placas de sector que se extienden a través de las caras superiores e inferiores del precalentador para dividir el precalentador en uno o más sectores de gas y aire. La corriente de gas de combustión caliente y la corriente de aire de combustión se dirigen simultáneamente a través de sectores respectivos. El rotor gira los sectores de gas de combustión y aire de combustión dentro y fuera de la corriente de gas de combustión y la corriente de aire de combustión para calentar y después enfriar las láminas de transferencia de calor, de este modo calentando la corriente de aire de combustión y enfriando la corriente de gas de combustión.

25 Las láminas de transferencia de calor convencionales para tales precalentadores típicamente se fabrican por prensado con forma o prensado con rodillo de una lámina de un material de acero. Las láminas de transferencia de calor típicas incluyen elementos de separación de láminas formados en ellas para colocar láminas adyacentes separadas entre sí y para proporcionar la integridad estructural del conjunto de la pluralidad de láminas de transferencia de calor en la cesta. Los pares adyacentes de los elementos de separación de láminas forman canales para que fluyan el gas de combustión o el aire de combustión. Algunas láminas de transferencia de calor incluyen patrones de ondulación entre los elementos de separación de láminas para impedir el flujo en una parte del canal y, por lo tanto, causar un flujo turbulento que aumenta la eficiencia de la transferencia de calor. Sin embargo, los elementos de separación de láminas típicos tienen una configuración que permite que el gas de combustión o el aire de combustión fluyan a través de subcanales de lado abierto formados por los elementos de separación de láminas, sin interrupciones a altas velocidades y con poca o ninguna turbulencia. Como consecuencia del flujo ininterrumpido de alta velocidad, la transferencia de calor del gas de combustión o del aire de combustión a los elementos de separación de láminas es mínima. En general es sabido que causar un flujo turbulento a través de la pluralidad de láminas de transferencia de calor, tal como a través de los canales definidos por y entre los elementos de separación de láminas adyacentes, aumenta la caída de presión a través del precalentador. Además, se ha descubierto que los cambios abruptos en la dirección del flujo causados por cambios bruscos de contorno en las láminas de transferencia de calor aumentan la caída de presión y crean áreas o zonas de estancamiento del flujo que tienden a causar una acumulación de partículas (por ejemplo, cenizas) en las áreas de estancamiento del flujo. Esto aumenta aún más la caída de presión a través del precalentador. Tal aumento de la caída de presión reduce la eficiencia general del precalentador debido al aumento de la potencia del ventilador requerida para empujar el aire de combustión a través del precalentador. La eficiencia del precalentador también se reduce con el aumento del peso del conjunto de las láminas de transferencia de calor en las cestas debido al aumento de la potencia requerido para girar los sectores de gas de combustión y aire de combustión dentro y fuera de las corrientes de gas de combustión y aire de combustión.

50 El documento WO 2010/129092 A1 desvela una lámina de transferencia de calor para un intercambiador de calor regenerativo giratorio, que está conformado para incluir elementos de separación de láminas, que proporcionan separación entre láminas de transferencia de calor adyacentes y las superficies onduladas en las secciones entre los elementos de separación de láminas. Las secciones de ondulación imparten turbulencia en el aire o el gas de combustión que fluye entre las láminas de transferencia de calor para mejorar la transferencia de calor. Además, el documento WO 2010/129092 desvela una lámina de transferencia de calor, un conjunto de transferencia de calor, una pila de láminas de intercambiador de calor y una lámina de separación para una pila de láminas de transferencia de calor de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1, 11, 13 y 14, respectivamente.

55 El documento US 2011/042035 A1 desvela un intercambiador de calor regenerativo giratorio que emplea elementos de transferencia de calor conformados para incluir muescas, que proporcionan separación entre los elementos adyacentes y las ondulaciones en las secciones entre las muescas. Las ondulaciones difieren en altura y/o anchura y también imparten turbulencia en el aire o el gas de combustión que fluye entre las láminas de transferencia de calor para mejorar la transferencia de calor.

En el documento US 6019160 A, se desvela un conjunto de transferencia de calor para un intercambiador de calor que comprende una pluralidad de primeras placas absorbentes de calor y una pluralidad de segundas placas absorbentes de calor apiladas alternadamente en una relación separada. La pila de placas proporciona una pluralidad de pasajes para hacer fluir un fluido de intercambio de calor entre las mismas. Las placas tienen una pluralidad de muescas de doble lóbulo y ondulaciones.

Un elemento de transferencia de calor para un precalentador regenerativo giratorio se desvela en el documento WO 98/22768 A1. Este tiene primeras y segundas placas de transferencia de calor. La primera placa de transferencia de calor define una pluralidad de muescas rectas paralelas separadas lateralmente en forma generalmente equidistante, que tienen crestas dobles adyacentes. Las ondulaciones se extienden entre las muescas. La segunda placa de transferencia de calor es adyacente a la primera placa de transferencia de calor y define una pluralidad de secciones planas rectas paralelas separadas lateralmente en forma generalmente equidistante. Las ondulaciones se extienden entre las secciones planas. Las muescas de la primera placa de transferencia de calor están en contacto con las secciones planas de la segunda placa de transferencia de calor para definir canales entre las mismas.

Por consiguiente, existe la necesidad de láminas de transferencia de calor livianas mejoradas que tengan una mayor eficiencia de transferencia de calor con características de baja caída de presión.

Sumario

Se desvela en la presente memoria una lámina de transferencia de calor para un intercambiador de calor regenerativo giratorio. La lámina de transferencia de calor incluye una pluralidad de filas de superficies de transferencia de calor sobre la misma. Cada una de la pluralidad de filas está alineada con un eje longitudinal que se extiende entre un extremo de entrada y un extremo de salida de la lámina de transferencia de calor. Las superficies de transferencia de calor tienen una primera altura con respecto a un plano central de la lámina de transferencia de calor. La lámina de transferencia de calor incluye una o más configuraciones de muesca para separar las láminas de transferencia de calor una de la otra. Las configuraciones de muesca se colocan entre filas adyacentes de superficies de transferencia de calor. Las configuraciones de muesca incluyen uno o más primeros lóbulos que se extienden lejos del plano central en una primera dirección; y uno o más segundos lóbulos que se extienden lejos del plano central en una segunda dirección opuesta a la primera dirección. Los primeros lóbulos y segundos lóbulos tienen cada uno una segunda altura en relación con el plano central. La segunda altura es mayor que la primera altura. Los primeros lóbulos y los segundos lóbulos están conectados entre sí y están en un canal de flujo común. En una realización, los primeros lóbulos y los segundos lóbulos son coaxiales entre sí a lo largo de un eje paralelo al eje longitudinal.

También se desvela en la presente memoria un conjunto de transferencia de calor para un intercambiador de calor regenerativo giratorio. El conjunto de transferencia de calor incluye dos o más láminas de transferencia de calor apiladas una sobre otra. Cada una de las láminas de transferencia de calor incluye una pluralidad de superficies de transferencia de calor. Cada una de las filas está alineada con un eje longitudinal que se extiende entre un extremo de entrada y un extremo de salida del conjunto de transferencia de calor. Las superficies de transferencia de calor que tienen una primera altura con respecto a un plano central de la lámina de transferencia de calor. Cada una de las láminas de transferencia de calor incluye una o más configuraciones de muescas para separar las láminas de transferencia de calor una de la otra. Cada una de las configuraciones de muesca se coloca entre filas adyacentes de superficies de transferencia de calor. Cada una de las configuraciones de muesca incluye uno o más primeros lóbulos que se extienden alejándose del plano central en una primera dirección; y uno o más segundos lóbulos que se extienden alejándose del plano central en una segunda dirección opuesta a la primera dirección. Los primeros lóbulos y los segundos lóbulos están conectados entre sí y están en un canal de flujo común. Cada uno de los primeros lóbulos y los segundos lóbulos tienen una segunda altura en relación con el plano central. La segunda altura es mayor que la primera altura. Los primeros lóbulos de una primera de las láminas de transferencia de calor se acoplan a la superficie de transferencia de calor de una segunda de las láminas de transferencia de calor; y los segundos lóbulos de un segundo de las láminas de transferencia de calor se acoplan a la superficie de transferencia de calor de la primera lámina de transferencia de calor, para definir una trayectoria de flujo entre las láminas de transferencia de calor. La trayectoria de flujo que se extiende desde el extremo de entrada hasta el extremo de salida. En una realización, los primeros lóbulos y los segundos lóbulos son coaxiales entre sí a lo largo de un eje paralelo al eje longitudinal.

En una realización, la configuración de muesca incluye una o más configuraciones de desviación de flujo definidas por una región de transición que conecta uno de los primeros lóbulos y uno de los segundos lóbulos. La región de transición está formada en una forma arqueada y/o plana. Los primeros lóbulos y/o los segundos lóbulos están formados con una sección transversal en forma de S y/o C.

En una realización, las superficies de transferencia de calor incluyen superficies onduladas que están desplazadas angularmente del eje longitudinal.

También se desvela en la presente memoria una pila de láminas de intercambiador de calor. La pila de láminas de intercambiador de calor incluye una o más primeras láminas de transferencia de calor. Cada una de las primeras láminas de transferencia de calor incluye una primera superficie ondulada que se extiende a lo largo de la primera lámina de transferencia de calor y se orienta en un primer ángulo con respecto a una dirección de flujo a través de la pila. Las primeras láminas de transferencia de calor también incluyen una segunda superficie ondulada que se extiende

a lo largo de la primera lámina de transferencia de calor y se orienta en un segundo ángulo con respecto a la dirección del flujo a través de la pila, el primer ángulo y el segundo ángulo son diferentes, por ejemplo, en un patrón en espiga. La pila de láminas de transferencia de calor incluye además una o más segundas láminas de transferencia de calor. Cada una de las segundas láminas de transferencia de calor define una pluralidad de configuraciones de muesca que se extienden a lo largo de un eje longitudinal que se extiende entre un primer extremo y un segundo extremo de la al menos una segunda lámina de transferencia de calor, en paralelo a las direcciones de flujo pretendidas para separar la primera lámina de transferencia de calor aparte de una lámina adyacente de las segundas láminas de transferencia de calor. Una o más de las configuraciones de muesca incluyen uno o más primeros lóbulos que se extienden alejándose de un plano central de la segunda lámina de transferencia de calor en una primera dirección; y uno o más segundos lóbulos que se extienden lejos desde el plano central en una segunda dirección opuesta a la primera dirección. Los primeros lóbulos y los segundos lóbulos están conectados entre sí y están en un canal de flujo común. Uno o más de los primeros lóbulos se acoplan a una porción de la primera superficie ondulada y/o la segunda superficie ondulada; y/o uno o más de los segundos lóbulos se acoplan a una porción de la primera superficie ondulada y/o la segunda superficie ondulada para definir una trayectoria de flujo entre la primera lámina de transferencia de calor y la segunda lámina de transferencia de calor. En una realización, los primeros lóbulos y los segundos lóbulos son coaxiales entre sí a lo largo de un eje paralelo al eje longitudinal.

También se desvela en la presente memoria una lámina de separación para una pila de láminas de transferencia de calor. La lámina de separación incluye una pluralidad de configuraciones de muesca que se extienden a lo largo de un eje longitudinal que se extiende entre un primer extremo y un segundo extremo de la lámina de separación, en paralelo a las direcciones de flujo pretendidas para separar una de la otra las láminas de transferencia de calor adyacentes. Las configuraciones de muesca incluyen uno o más primeros lóbulos que se extienden alejándose de un plano central de la lámina de separación en una primera dirección; y/o uno o más segundos lóbulos que se extienden alejándose del plano central en una segunda dirección opuesta a la primera dirección. Los primeros lóbulos y los segundos lóbulos están conectados entre sí y están en un canal de flujo común. En una realización, los primeros lóbulos y los segundos lóbulos son coaxiales entre sí a lo largo de un eje paralelo al eje longitudinal.

En una realización, la configuración de muesca de la lámina de separación incluye una o más configuraciones de desviación de flujo definidas por una región de transición que conecta uno de los primeros lóbulos y uno de los segundos lóbulos.

En una realización, las sucesivas regiones de transición están separadas entre sí por una distancia de 5,08 cm (2 pulgadas) a 20,3 cm (8 pulgadas).

En una realización, una o más (por ejemplo, al menos una) de las regiones de transición define una distancia longitudinal de 0,635 a 6,35 cm (0,25 a 2,5 pulgadas).

En una realización, las configuraciones adyacentes de las muescas están separadas entre sí por 3,1 a 15,2 cm (1,25 a 6 pulgadas) medidas perpendicularmente al eje longitudinal.

En una realización, las configuraciones definen una relación de una altura de la configuración de muesca a una separación longitudinal entre regiones de transición sucesivas de 5:1 a 20:1.

En una realización, las configuraciones de muesca definen una relación de una altura de la configuración a una altura de la superficie de transferencia de calor de 1,0:1 a 4,0:1.

En una realización, las superficies onduladas definen una pluralidad de picos de ondulación, que están adyacentes de los picos de ondulación separados por una distancia predeterminada y una relación de distancia predeterminada a la primera altura es 3,0:1 a 15,0:1.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de un precalentador regenerativo giratorio;

La Figura 2A es una vista en perspectiva de una lámina de transferencia de calor de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2B es una vista ampliada de una porción de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2A;

La Figura 2C es una vista ampliada de una porción de detalle C de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2A;

La Figura 2D es una vista en perspectiva de otra realización de la lámina de transferencia de calor de acuerdo con la presente invención;

La Figura 2E es una vista en perspectiva de otra realización de la lámina de separación de transferencia de calor de la presente invención;

La Figura 2F es una vista ampliada de una porción de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2A que ilustra otra realización del mismo;

La Figura 3A es una vista en perspectiva de una lámina de transferencia de calor, de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La Figura 3B es una vista ampliada de una porción de detalle B de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3A;

5 La Figura 3C es un esquema de la sección transversal de una porción de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3B tomada a través de la línea 3C/3D-3C/3D;

La Figura 3D es un esquema de la sección transversal de otra realización de una porción de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3B tomada a través de la línea 3C/3D-3C/3D;

La Figura 3E es una vista ampliada de una porción de detalle B de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3A;

10 La Figura 3F es un esquema de la sección transversal de una porción de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3B tomado a través de la línea 3F/3G-3F/3G;

La Figura 3G es un esquema de la sección transversal de otra realización de una porción de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3B tomado a través de la línea 3F/3G-3F/3G;

15 La Figura 4A es una fotografía de dos de las láminas de transferencia de calor de la Figura 2A apiladas una sobre la otra;

La Figura 4B es una vista lateral de la porción del conjunto de transferencia de calor de la Figura 4A;

La Figura 4C es una vista del extremo de una pila de las láminas de transferencia de calor de la Figura 2D y 2E;

La Figura 4D es una vista en sección lateral de una pila de las láminas de transferencia de calor de la Figura 2D y 2E;

La Figura 5A es una vista superior esquemática de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2A;

20 La Figura 5B es una vista superior esquemática de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2A;

La Figura 5C es una vista superior esquemática de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2A;

La Figura 6A es una vista superior esquemática de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3A;

25 La Figura 6B es una vista superior esquemática de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3A;

La Figura 6C es una vista superior esquemática de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 3A;

La Figura 7A es una vista superior esquemática de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2E;

30 La Figura 7B es una vista superior esquemática de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2E; y

La Figura 7C es una vista superior esquemática de otra realización de la lámina de transferencia de calor de la Figura 2E.

Descripción detallada de la invención

35 Como se muestra en la Figura 1, un precalentador de aire regenerativo giratorio (en adelante denominado "precalentador") generalmente se designa con el número 10. El precalentador 10 incluye un conjunto de rotor 12 montado de forma giratoria en un poste de rotor 16. El conjunto de rotor 12 se coloca y gira en relación con una carcasa 14. Por ejemplo, el conjunto de rotor 12 puede girar alrededor de un eje A del poste del rotor 16 en la dirección indicada por la flecha R. El conjunto de rotor 12 incluye particiones 18 (por ejemplo, diafragmas) que se extienden radialmente desde el poste del rotor 16 a una periferia exterior del conjunto de rotor 12. Los pares adyacentes de las particiones 18 definen los compartimientos respectivos 20 para recibir un conjunto de transferencia de calor 1000. Cada uno de los conjuntos de transferencia de calor 1000 incluye una pluralidad de láminas de transferencia de calor 100 y/o 200 (véanse, por ejemplo, las Figuras 2A y 3A, respectivamente) apiladas una sobre otra (véanse, por ejemplo, las Figuras 4A y 4B que muestran una pila de dos láminas de transferencia de calor).

45 Como se muestra en la Figura 1, la carcasa 14 incluye un conducto de entrada de gases de combustión 22 y un conducto de salida de gases de combustión 24 para el flujo de gases de combustión calentados a través del precalentador 10. La carcasa 14 incluye además un conducto de entrada de aire 26 y un conducto de salida de aire 28 para el flujo de aire de combustión a través del precalentador 10. El precalentador 10 incluye una placa de sector

superior 30A que se extiende a través de la carcasa 14 adyacente a una cara superior del conjunto de rotor 12. El precalentador 10 incluye una placa de sector inferior 30B que se extiende a través de la carcasa 14 adyacente a la cara inferior del conjunto del rotor 12. La placa del sector superior 30A se extiende entre y está unida al conducto de entrada del gas de combustión 22 y al conducto de salida de aire 28. La placa del sector inferior 30B se extiende entre y está unida al conducto de salida del gas de combustión 24 y el conducto de entrada de aire 26. Las placas del sector superior e inferior 30A, 30B, respectivamente, están unidas entre sí por una placa circunferencial 30C. La placa del sector superior 30A y la placa del sector inferior 30B dividen el precalentador 10 en un sector de aire 32 y un sector de gas 34.

Como se ilustra en la Figura 1, las flechas marcadas 'A' indican la dirección de una corriente del gas de combustión 36 a través del sector de gas 34 del conjunto del rotor 12. Las flechas marcadas 'B' indican la dirección de una corriente de aire de combustión 38 a través del sector de aire 32 del conjunto de rotor 12. La corriente del gas de combustión 36 entra a través del conducto de entrada del gas de combustión 22 y transfiere calor al conjunto de transferencia de calor 1000 montado en los compartimientos 20. El conjunto de transferencia de calor calentado 1000 se gira dentro del sector de aire 32 del precalentador 10. El calor almacenado en el conjunto de transferencia de calor 1000 se transfiere después a la corriente de aire de combustión 38 que ingresa a través del conducto de entrada de aire 26. Por lo tanto, el calor absorbido de la corriente de gas de combustión caliente 36 que ingresa en el precalentador 10 se utiliza para calentar los conjuntos de transferencia de calor 1000, que a su vez calienta la corriente de aire de combustión 38 que entra en el precalentador 10.

Como se ilustra en las Figuras 2A, 2B, 2C y 5A, la lámina de transferencia de calor 100 incluye una pluralidad de filas (por ejemplo, dos filas F y G se ilustran en la Figura 2A) de superficies de transferencia de calor 310. Las filas F y G de las superficies de transferencia de calor 310 están alineadas con un eje longitudinal L que se extiende entre un primer extremo 100X y un segundo extremo 100Y de la lámina de transferencia de calor 100 en una dirección paralela al flujo del gas de combustión y aire de combustión, como lo indican las flechas A y B, respectivamente. Cuando la lámina de transferencia de calor 100 está en el sector de aire 32, el primer extremo 100X es una entrada para la corriente de aire de combustión 38 y el segundo extremo 100Y es una salida para la corriente de aire de combustión 38. Cuando la lámina de transferencia de calor 100 está en el sector de gas 34, el primer extremo 100X es una salida para la corriente de gas de combustión 36 y el segundo extremo 100Y es una entrada para la corriente de gas de combustión 36. Las superficies de transferencia de calor 310 tienen una primera altura H1 con respecto a un plano central CP de la lámina de transferencia de calor 100, como se muestra en la Figura 2B. En una realización, las superficies de transferencia de calor 310 están definidas por superficies onduladas que están desplazadas angularmente del eje longitudinal L, como se describe adicionalmente en la presente memoria.

Como se ilustra en las Figuras 2A, 2B, 2C y 5A, la lámina de transferencia de calor 100 incluye una pluralidad de configuraciones de muesca 110 para separar las láminas de transferencia de calor 100 una de la otra como se describe adicionalmente en la presente con referencia a la Figura 4B. Una de las configuraciones de muesca 110 se coloca entre la fila F y la fila G de las superficies de transferencia de calor. Otra de las configuraciones de muesca 110 se coloca entre la fila F y otra fila adyacente (no mostrada) de las superficies de transferencia de calor 310; y aún otra de las configuraciones de muesca 110 se coloca entre la fila G y otra fila adyacente (no mostrada) de las superficies de transferencia de calor 310. Cada una de las configuraciones de muesca 110 se extiende longitudinalmente a lo largo de la lámina de transferencia de calor 100 paralela al eje longitudinal L y entre el primer extremo 100X y el segundo extremo 100Y de la lámina de transferencia de calor 100. Como se describe adicionalmente en la presente con referencia a la Figura 4B, las configuraciones de muesca acoplan las superficies de transferencia de calor 310 de las láminas de transferencia de calor adyacentes 100 para separar las láminas de transferencia de calor 100 una de la otra y para definir un pasaje de flujo P entre las mismas.

Como se muestra en las Figuras 2A y 5A, la configuración de muesca 110 incluye cuatro configuraciones de lóbulos que se denominan colectivamente diseño alternado de muesca completa, que incluye lóbulos dobles adyacentes que se conectan entre sí a lo largo del eje longitudinal L1 y L2, como se describe adicionalmente en la presente con referencia a las Figuras 2A y 2C. Por ejemplo, un lóbulo doble está definido por el primer lóbulo 160L y el segundo lóbulo 170R; y otro lóbulo doble alineado longitudinalmente e invertido está definido por el segundo lóbulo 170L y el primer lóbulo 160R. Por lo tanto, la configuración de muesca 110 tiene una sección transversal en forma de S.

Como se muestra en la Figura 5A, cada una de las configuraciones de muesca 110 está en un canal de flujo común definido por las líneas de límite longitudinales L100 y L200 (mostradas como líneas punteadas) que son paralelas a los ejes longitudinales L1 y L2. El canal de flujo común define un flujo longitudinal localizado del gas de combustión 36 y el aire de combustión 38 en el pasaje de flujo P (véase la Figura 4B para un ejemplo del pasaje de flujo P). Como se muestra en la Figura 5A, el canal de flujo común tiene un ancho D100 medido entre las líneas de límite longitudinales L100 y L200. En una realización, el ancho D100 es aproximadamente igual al ancho D101 de las configuraciones de muesca 110. En una realización, el ancho D100 es entre 1,0 y 1,1 veces el ancho D101 de la configuración de muesca. En una realización, el ancho D100 es entre 1,0 y 1,2 veces el ancho de la configuración de muesca.

Una de las cuatro configuraciones de lóbulos es una primera configuración de lóbulo. La primera configuración de lóbulo está definida por una pluralidad de primeros lóbulos 160L que se extienden hacia fuera desde el plano central CP en una primera dirección. Los primeros lóbulos 160L están en el canal de flujo común. En la realización ilustrada en la Figura 5A, los primeros lóbulos 160L están separados y alineados coaxialmente entre sí a lo largo de un primer

eje longitudinal L1 (por ejemplo, uno de los primeros lóbulos 160L está ubicado cerca del primer extremo 100X (véase la Figura 2A) y un segundo del de los primeros lóbulos 160L está ubicado cerca del segundo extremo 100Y (véase la Figura 2A)). Los primeros lóbulos 160L están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente con los segundos lóbulos 170L y transversalmente adyacentes a uno de los segundos lóbulos 170R.

5 Otra de las cuatro configuraciones de lóbulos es una segunda configuración de lóbulo. La segunda configuración de lóbulo está definida por una pluralidad de los primeros lóbulos 160R que se extienden alejándose del plano central CP en la primera dirección. Los primeros lóbulos 160R están en el canal de flujo común. En la realización ilustrada en la Figura 5A, los primeros lóbulos 160R están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente entre sí a lo largo de un segundo eje longitudinal L2. Los primeros lóbulos 160R están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente con los segundos lóbulos 170R y transversalmente adyacentes a uno de los segundos lóbulos 170L.

10 Otra de las cuatro configuraciones de lóbulos es una tercera configuración de lóbulo. La tercera configuración de lóbulo está definida por una pluralidad de segundos lóbulos 170L que se extienden alejándose del plano central CP en una segunda dirección. Los segundos lóbulos 170L están en el canal de flujo común. En la realización ilustrada en la Figura 5A, los segundos lóbulos 170L están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente entre sí a lo largo del primer eje longitudinal L1 (por ejemplo, uno de los segundos lóbulos 170L ubicado entre el primer lóbulo 160L ubicado cerca del primer extremo 100X y el primer lóbulo 160L ubicado cerca del segundo extremo 100Y). La segunda dirección es opuesta a la primera dirección. Los segundos lóbulos 170L están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente con los primeros lóbulos 160L y transversalmente adyacentes a uno de los primeros lóbulos 160R.

20 Otra de las cuatro configuraciones de lóbulos es una cuarta configuración de lóbulo. La cuarta configuración de lóbulo está definida por una pluralidad de segundos lóbulos 170R que se extienden alejándose del plano central CP en la segunda dirección. Los segundos lóbulos 170R están en el canal de flujo común. En la realización ilustrada en la Figura 5A, los segundos lóbulos 170R están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente entre sí a lo largo del segundo eje longitudinal L2 (por ejemplo, uno de los segundos lóbulos 170R está ubicado cerca del primer extremo 100X y otro de los segundos lóbulos 170R está ubicado cerca del segundo extremo 100Y, con uno de los primeros lóbulos 160R colocado entre los mismos). Los segundos lóbulos 170R están separados longitudinalmente y alineados coaxialmente con los primeros lóbulos 160R y transversalmente adyacentes a uno de los primeros lóbulos 160L.

25 Por lo tanto, los primeros lóbulos 160L y 160R se extienden alejándose de una primera cara 112 de la lámina de transferencia de calor 100 en la primera dirección; y los segundos lóbulos 170L y 170R se extienden alejándose de una segunda cara 114 de la lámina de transferencia de calor 100 en la segunda dirección. Las configuraciones de muescas adyacentes 110 están separadas por una de las filas F o G de las superficies de transferencia de calor 310 y se alternan de manera transversal (por ejemplo, perpendicular al eje L) a través de la lámina de transferencia de calor 100 entre una sección transversal en forma de S y una sección transversal de forma de S invertida.

30 Como se muestra en la Figura 5A, cada uno de los primeros lóbulos 160L es longitudinalmente adyacente a uno de los segundos lóbulos 170L que están alineados a lo largo del eje L1 que es paralelo al eje longitudinal L de la lámina de transferencia de calor 100. Por lo tanto, los primeros lóbulos 160L y los segundos lóbulos 170L son coaxiales y están configurados en un patrón longitudinal alternado en el que los primeros lóbulos 160L se orientan hacia afuera del plano central CP en la primera dirección (fuera de la página en la Figura 5A) y los segundos lóbulos 170L se orientan hacia afuera del plano central en la segunda dirección (dentro de la página de la Figura 5A). Asimismo, en la realización mostrada en la Figura 5A, los primeros lóbulos 160R y los segundos lóbulos 170R son coaxiales y están en el canal de flujo común. Los primeros lóbulos 160R y los segundos lóbulos 170R están configurados en un patrón longitudinal alternado en el que los primeros lóbulos 160R se orientan hacia afuera del plano central CP en la primera dirección y los segundos lóbulos 170R se orientan hacia afuera del plano central CP en la segunda dirección. Además, el primer lóbulo 160L y el segundo lóbulo 170R son adyacentes entre sí en una dirección transversal al eje longitudinal; y el primer lóbulo 160R y el segundo lóbulo 170L son adyacentes entre sí en una dirección transversal al eje longitudinal L.

35 Como se muestra en la Figura 2A, cada uno de los primeros lóbulos 160L y 160R y cada uno de los segundos lóbulos 170L y 170R se extienden una longitud L6 a lo largo de la lámina en la dirección longitudinal paralela al eje longitudinal L.

40 Si bien se muestran tres lóbulos (es decir, dos primeros lóbulos 160L y un segundo lóbulo 170L) a lo largo del eje L1 y entre el primer extremo 100X y el segundo extremo 100Y; y se muestran tres lóbulos (es decir, dos segundos lóbulos 170R y un primer lóbulo 160L) a lo largo del eje L2 y entre el primer extremo 100X y el segundo extremo 100Y, la presente invención no está limitada en este respecto dado que se pueden emplear cualquier número de primeros lóbulos 160R, 160L y segundos lóbulos 170R y 170L entre el primer extremo 100X y el segundo extremo 100Y, de acuerdo con los parámetros de diseño para el precalentador.

45 Como se muestra en la Figura 2B, los primeros lóbulos 160L y 160R y los segundos lóbulos 170L y 170R tienen una segunda altura H2 con respecto al plano central CP. La segunda altura H2 es mayor que la primera altura H1. Si bien los primeros lóbulos 160L y 160R y los segundos lóbulos 170L y 170R se muestran y describen con la segunda altura H2, la presente invención no está limitada en este respecto dado que los primeros lóbulos 160L y 160R y los segundos lóbulos 170L y 170R pueden tener diferentes alturas (por ejemplo, H2 y/o H3 como se muestra en la Figura 2F) en

comparación uno con el otro (por ejemplo, uno o ambos de los primeros lóbulos 160L y 160R y los segundos lóbulos 170L y 170R tienen la segunda altura H2 o una tercera altura H3 con relación al plano central como se muestra en la Figura 2F, en la que H3 es menor que H2).

5 Como se ilustra en la Figura 2C, cada una de las configuraciones de muesca 110 incluye una configuración de desviación de flujo (por ejemplo, una trayectoria de mitigación del estancamiento de flujo) definida por una región de transición 140L que conecta longitudinalmente el primer lóbulo 160L y el segundo lóbulo 170L; y una región de transición 140R que conecta longitudinalmente el primer lóbulo 160R y el segundo lóbulo 170R. La región de transición 140L se extiende en una longitud predeterminada L5 a lo largo del eje L1 entre el primer lóbulo 160L y el segundo lóbulo 170L; y la región de transición 140R se extiende en una longitud predeterminada L5 a lo largo del eje L2 entre el primer lóbulo 160R y el segundo lóbulo 170R. En una realización, las regiones de transición 140L y 140R se forman mediante la deformación plástica de la lámina de transferencia de calor. La configuración de desvío de flujo (por ejemplo, una trayectoria de mitigación del estancamiento de flujo) se define además mediante cambios de barrido suaves en la dirección de la trayectoria del flujo para reducir o eliminar áreas localizadas de baja velocidad de flujo (por ejemplo, remolinos) para evitar la acumulación de partículas (por ejemplo, cenizas). La configuración del desvío de flujo (por ejemplo, una trayectoria de mitigación del estancamiento de flujo) permite que se produzca un régimen de flujo turbulento en el mismo. El ancho D100 del canal de flujo común está configurado para permitir que se produzca el régimen de flujo turbulento sin crear áreas de estancamiento de flujo en las regiones de transición 140L y/o 140R o de otro modo entre cualquiera de los primeros lóbulos 160L, 160R y los segundos lóbulos 170L, 170R. Por lo tanto, las regiones de transición 140L y 140R y los respectivos de los primeros lóbulos 160L, 160R y los segundos lóbulos 170L, 170R están en proximidad estrecha entre sí. Por lo tanto, el ancho D100 del canal de flujo común es de una magnitud predeterminada suficiente para impedir el flujo de derivación (es decir, lo suficientemente estrecho) en el área de las superficies de transferencia de calor 310. Además, las configuraciones de muesca 110 y los canales de flujo comunes están configurados para impedir directamente la derivación de alta velocidad de los gases de combustión 36 y el aire de combustión 38 en conductos o túneles localizados a través del pasaje de flujo P. Tal derivación directa de alta velocidad de los gases de combustión 36 y el aire de combustión 38 en los conductos o túneles localizados a través del pasaje de flujo P reduce el rendimiento de transferencia de calor de la lámina de transferencia de calor 100.

Como se muestra en la Figura 5A, las regiones de transición 140L y 140R están en el canal de flujo común. En la realización mostrada en la Figura 5A, las regiones de transición 140L son coaxiales con el primer lóbulo 160L y el segundo lóbulo 170L; y las regiones de transición 140R son coaxiales con el segundo lóbulo 160R y el primer lóbulo 170R.

Si bien en las Figuras 2A y 5A, los primeros lóbulos 160L, las primeras regiones de transición 140L y los segundos lóbulos 170L se muestran y describen como coaxiales, la presente invención no está limitada en este respecto dado que los primeros lóbulos 160L, las primeras regiones de transición 140L y/o los segundos lóbulos 170L pueden estar desplazados entre sí y el eje longitudinal L1; y/o los segundos lóbulos 160R, las segundas regiones de transición 140R y/o los primeros lóbulos 170R pueden estar desplazados entre sí y el eje longitudinal L2. Por ejemplo, la lámina de transferencia de calor 100' de la Figura 5B ilustra los primeros lóbulos 160L', las primeras regiones de transición 140L' y/o los segundos lóbulos 170L' están en el canal de flujo común y los primeros lóbulos 160L' y los segundos lóbulos 170L' están desplazados perpendicularmente al eje longitudinal L1 y las regiones de transición 140L' que conectan los primeros lóbulos 160L' y los segundos lóbulos 170L' y están desplazados angularmente y una porción de los mismos que intersecta el eje longitudinal L1. La Figura 5B también ilustra los primeros lóbulos 160R', las segundas regiones de transición 140R' y/o los segundos lóbulos 170R' están en el canal de flujo común y los primeros lóbulos 160R' y los segundos lóbulos 170R' están desplazados perpendicularmente al eje longitudinal L2 y las regiones de transición 140R' conectan los primeros lóbulos 160R' y los segundos lóbulos 170R' y están desplazados angularmente y una porción de los mismos que intersecta el eje longitudinal L2. Como se muestra en la Figura 5B, el canal de flujo común tiene el ancho D100 y: 1) los primeros lóbulos 160L, las primeras regiones de transición 140L y/o los segundos lóbulos 170L; y 2) los segundos lóbulos 160R, las segundas regiones de transición 140R y/o los primeros lóbulos 170R, están dentro de un ancho D101' que es menor o igual que el ancho D100. La lámina de transferencia de calor 100" de la Figura 5C ilustra los primeros lóbulos 160L", las primeras regiones de transición 140L" y/o los segundos lóbulos 170L" están en el canal de flujo común y los primeros lóbulos 160L" y los segundos lóbulos 170L" están desplazados angularmente y una porción de los mismos que intersecta el eje longitudinal L1 y las regiones de transición 140L" que conectan los primeros lóbulos 160L" y los segundos lóbulos 170L". La Figura 5C también ilustra los primeros lóbulos 160R", las segundas regiones de transición 140R" y/o los segundos lóbulos 170R" están en el canal de flujo común y los primeros lóbulos 160R" y los segundos lóbulos 170R" están desplazados angularmente y una porción de los mismos que intersecta el eje longitudinal L2 y las regiones de transición 140R" que conectan los primeros lóbulos 160R" y los segundos lóbulos 170R". Como se muestra en la Figura 5C, el canal de flujo común tiene el ancho D100 y: 1) los primeros lóbulos 160L, las primeras regiones de transición 140L y/o los segundos lóbulos 170L; y 2) los segundos lóbulos 160R, la segunda transición las regiones 140R y/o los primeros lóbulos 170R están dentro de un ancho D101" que es menor o igual que el ancho D100.

60 Cada una de las configuraciones de muesca 110 se extiende en una longitud longitudinal total acumulada a través de la totalidad de la lámina de transferencia de calor 100. La longitud total acumulada de cada una de las configuraciones de muesca 110 es la suma de las longitudes L6 de los primeros lóbulos 160L y los segundos lóbulos 170L más la suma de las longitudes L5 de las regiones de transición 140L. La longitud total acumulada de cada una de las

configuraciones de muesca 110 es también la suma de las longitudes L6 de los primeros lóbulos 170R y los segundos lóbulos 160R más la suma de las longitudes L5 de las regiones de transición 140R. Si bien las configuraciones de muesca se muestran y describen como una extensión de la longitud total acumulada a través de la totalidad de la lámina de transferencia de calor 100, la presente invención no está limitada en este respecto dado que cualquiera de las configuraciones de muesca 100 se puede extender a través de menos de la totalidad de la lámina de transferencia de calor, por ejemplo, entre 90 y 100 por ciento de la longitud total de la lámina de transferencia de calor 100, entre 80 y 91 por ciento de la longitud total de la lámina de transferencia de calor 100, entre 70 y 81 por ciento de la longitud total de la lámina de transferencia de calor 100, entre 60 y 71 por ciento de la longitud total de la lámina de transferencia de calor 100 o entre 50 y 61 por ciento de la longitud total de la lámina de transferencia de calor 100. Como se muestra en la Figura 2C, la región de transición 140L incluye: 1) una porción arqueada 145L que se extiende desde un pico 160LP del primer lóbulo 160L; 2) una superficie de transición 141L (por ejemplo, superficie plana o arqueada) que pasa desde la porción arqueada 145L; y 3) una porción arqueada 143L que pasa de la superficie de transición 141L a un valle 170LV del segundo lóbulo 170L. Asimismo, la región de transición 140R incluye: 1) una porción arqueada 143R que se extiende desde un pico 160RP del primer lóbulo 160R; 2) una superficie de transición 141R (por ejemplo, superficie plana o arqueada) que pasa de la porción arqueada 143R; y 3) una porción arqueada 145R que pasa de la superficie de transición 141R a un valle 170RV del segundo lóbulo 170R. En una realización, las regiones de transición 140L y 140R están alineadas longitudinalmente (es decir, en una configuración de lado a lado) entre sí. En una realización, las regiones de transición 140L y 140R están desplazadas longitudinalmente (por ejemplo, escalonadas a lo largo del eje longitudinal L1 y L2, respectivamente) entre sí. En una realización, una o ambas de las regiones de transición 140L y 140R tienen porciones rectas que son coaxiales con el plano central CP y se ubican entre las porciones arqueadas respectivas 143R y 145R o 143L y 145L, como se muestra y describe en la presente con respecto a las Figuras 3E, 3F y 3G para la configuración alternada de media muesca.

Los inventores han descubierto sorprendentemente que las regiones de transición 140L y 140R proporcionan desvíos suaves en la dirección del flujo del gas de combustión 36 y el aire de combustión 38 en el pasaje de flujo P que crean un flujo turbulento y aumento de eficiencia de la transferencia de calor de la lámina de transferencia de calor 100 descrita en la presente memoria, en comparación con los elementos de separación de lámina de la técnica anterior que se extienden desde un solo lado de la lámina de transferencia de calor. La lámina de transferencia de calor 100 también proporciona un soporte estructural adecuado y mantiene la separación entre las láminas de transferencia de calor adyacentes 100 sin aumentar apreciablemente la pérdida de presión a través de la lámina de transferencia de calor 100.

Como se ilustra en las Figuras 3A, 3B y 6A, otra realización de una lámina de transferencia de calor se designa con el número 200. La lámina de transferencia de calor 200 incluye una pluralidad de filas (por ejemplo, dos filas F y G se ilustran en la Figura 3A) de superficies de transferencia de calor 310. Las filas F y G de las superficies de transferencia de calor 310 están alineadas con un eje longitudinal L que se extiende entre un primer extremo 200X y un segundo extremo 200Y de la lámina de transferencia de calor 200 en una dirección paralela al flujo del gas de combustión y aire de combustión como se indica con las flechas A y B, respectivamente. Cuando la lámina de transferencia de calor 200 está en el sector de aire 32, el primer extremo 200X es una entrada para la corriente de aire de combustión 38 y el segundo extremo 200Y es una salida para la corriente de aire de combustión 38. Cuando la lámina de transferencia de calor 100 está en el sector de gas 34, el primer extremo 200X es una salida para la corriente de gas de combustión 36 y el segundo extremo 200Y es una entrada para la corriente de gas de combustión 36. Las superficies de transferencia de calor 310 tienen una primera altura H1 con respecto a un plano central CP de la lámina de transferencia de calor 200, como se muestra en la Figura 3C. En una realización, las superficies de transferencia de calor 310 están definidas por superficies onduladas que están desplazadas angularmente del eje longitudinal L, como se describe adicionalmente en la presente memoria.

Como se ilustra en las Figuras 3A, 3B y 6A, la lámina de transferencia de calor 200 incluye una pluralidad de configuraciones de muescas 210 para separar las láminas de transferencia de calor 200 una de la otra, de forma similar a la mostrada en la Figura 4B para la configuración de muesca 110. Una de las configuraciones de muesca 210 se coloca entre la fila F y la fila G de las superficies de transferencia de calor 310. Otra de las configuraciones de muesca 210 se coloca entre la fila F y otra fila adyacente (no mostrada) de las superficies de transferencia de calor 310; y aún otra de las configuraciones de muesca 210 se coloca entre la fila G y otra fila adyacente (no mostrada) de las superficies de transferencia de calor 310. Cada una de las configuraciones de muesca 210 se extiende longitudinalmente a lo largo de la lámina de transferencia de calor 200 paralela al eje longitudinal L y entre el primer extremo 200X y el segundo extremo 200Y de la lámina de transferencia de calor 200. De modo similar al mostrado en la Figura 4B para la configuración de muesca 110, las configuraciones de muesca 210 acoplan las superficies de transferencia de calor 310 de las láminas de transferencia de calor adyacentes 200 para separar las láminas de transferencia de calor 200 una de la otra y para definir un pasaje de flujo P entre las mismas.

Como se muestra en la Figura 3A, la configuración de muesca 210 incluye una configuración de lóbulos que se denomina configuración alternada de media muesca, que incluye una pluralidad de primeros lóbulos 260 y una pluralidad de segundos lóbulos 270. Los lóbulos adyacentes de los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 se conectan entre sí a lo largo del eje longitudinal L3. Otro conjunto de lóbulos adyacentes de los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 se conectan entre sí a lo largo del eje longitudinal L4 que está separado transversalmente del eje longitudinal L3. Los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 de la configuración de muesca 210 son lóbulos individuales que tienen una sección transversal en forma de C.

5 Como se muestra en la Figura 3A, un conjunto de los primeros lóbulos 260 se extiende alejándose del plano central CP en una primera dirección (en la Figura 6A, la primera dirección está fuera de la página). Como se muestra en la Figura 6A, los primeros lóbulos 260 están en un primer canal de flujo común definido entre las líneas de límite (mostradas como líneas punteadas en la Figura 6A) L100 y L200. El canal de flujo común tiene un ancho de D100. En la realización mostrada en la Figura 6A, los primeros lóbulos 260 están alineados coaxialmente entre sí a lo largo del eje longitudinal L3. Otro conjunto de los primeros lóbulos 260 se extiende alejándose del plano central CP en la primera dirección. Como se muestra en la Figura 6A, el otro conjunto de lóbulos 260 está en un segundo canal de flujo común definido entre las líneas de límite L100 y L200. El otro canal de flujo común tiene un ancho D100. En la realización mostrada en la Figura 6A, el otro conjunto de lóbulos 260 están alineados coaxialmente entre sí a lo largo del eje longitudinal L4.

En una realización, el ancho D100 es aproximadamente igual al ancho D101 de las configuraciones de muesca 210. En una realización, el ancho D100 es entre 1,0 y 1,1 veces el ancho D101 de la configuración de muesca 210. En una realización, el ancho D100 es entre 1,0 y 1,2 veces el ancho de la configuración de muesca 210.

15 Como se muestra en la Figura 3A, un conjunto de los segundos lóbulos 270 se extiende alejándose del plano central CP en una segunda dirección (en la figura 6A, la segunda dirección está dentro la página). Como se muestra en la Figura 6A, los segundos lóbulos 270 están en un primer canal de flujo común definido por las líneas de límite L100 y L200. En la realización mostrada en la Figura 6A, los segundos lóbulos 270 están alineados coaxialmente entre sí a lo largo del eje longitudinal L3. Otro conjunto de los segundos lóbulos 270 se extiende alejándose del plano central CP en la segunda dirección. Como se muestra en la Figura 6A el otro conjunto de lóbulos 270 está en el segundo canal de flujo común. En la realización mostrada en la Figura 6A el otro conjunto de segundos lóbulos 270 están alineados coaxialmente entre sí a lo largo del eje longitudinal L4. La segunda dirección es opuesta a la primera dirección. Así, los primeros lóbulos 260 se extienden alejándose de una primera cara 212 de la lámina de transferencia de calor 200 en la primera dirección; y los segundos lóbulos 270 se extienden alejándose de una segunda cara 214 de la lámina de transferencia de calor 200 en la segunda dirección.

25 Como se muestra en las Figuras 3A y 6A, las configuraciones de muesca 210 y, por lo tanto, los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 están en el primer canal de flujo común. Los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 en el primer canal de flujo común, están conectados entre sí, son coaxiales entre sí y están configurados en un patrón longitudinal alternado en el que los primeros lóbulos 260 se orientan lejos del plano central CP en la primera dirección y los segundos lóbulos 270 se orientan lejos del plano central en la segunda dirección y están alineados coaxialmente a lo largo del eje longitudinal L3. Además, otro conjunto de los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 (es decir, otra configuración de muesca 210) están en el segundo canal de flujo común. El otro conjunto de los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 en el segundo canal de flujo común, son coaxiales entre sí y están configurados en un patrón longitudinal alternado en el que los primeros lóbulos 260 se orientan lejos del plano central CP en la primera dirección y los segundos lóbulos 270 se orientan lejos del plano central en la segunda dirección y están alineados coaxialmente a lo largo del eje longitudinal L4.

Los primeros lóbulos 260 que están alineados con el eje longitudinal L3 están desplazados longitudinalmente de los primeros lóbulos 260 que están alineados con el eje longitudinal L4. Los primeros lóbulos 260 que están alineados con el eje longitudinal L4 están desplazados longitudinalmente de los primeros lóbulos 260 que están alineados con el eje longitudinal L3. Asimismo, los segundos lóbulos 270 que están alineados con el eje longitudinal L3 están desplazados longitudinalmente de los segundos lóbulos 270 que están alineados con el eje longitudinal L4; y los segundos lóbulos 270 que están alineados con el eje longitudinal L4 están desplazados longitudinalmente de los segundos lóbulos 270 que están alineados con el eje longitudinal L3. Por lo tanto, en una dirección transversal al eje longitudinal L3 y L4, el primer lóbulo 260 está alineado con uno de los segundos lóbulos 270. Los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 están separados entre sí por la superficie de transferencia de calor 310, en una dirección transversal al eje longitudinal L3 y L4.

Los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 tienen una segunda altura H2 con respecto al plano central CP, similar al mostrado en la Figura 2B para la configuración de muesca 110. La segunda altura H2 es mayor que la primera altura H1 de la superficie de transferencia de calor 310. Si bien los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 se muestran y describen con la segunda altura H2, la presente invención no se limita en este respecto dado que los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 pueden tener diferentes alturas en comparación uno con el otro.

55 Como se ilustra en la Figura 3B, cada una de las configuraciones de muesca 210 incluye una configuración de desviación de flujo definida por una región de transición 240 que conecta longitudinalmente el primer lóbulo 260 y el segundo lóbulo 270 que están alineados con el eje longitudinal L3. Asimismo, las configuraciones de muesca 210 incluyen una configuración de desviación de flujo definida por una región de transición 240 que conecta longitudinalmente el primer lóbulo 260 y el segundo lóbulo 270 que están alineados con el eje longitudinal L4. La región de transición 240 se extiende en una longitud predeterminada L5 a lo largo del eje L3 entre el primer lóbulo 260 y el segundo lóbulo 270. Los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 alineados a lo largo del eje longitudinal L4 tienen una región de transición 240 similar a la región de transición 240 alineada a lo largo del eje longitudinal L3. En una realización, las regiones de transición 240 de las configuraciones de muesca 210 a lo largo del eje longitudinal L3 y el eje longitudinal L4 están desplazadas longitudinalmente una de la otra. En una realización, las regiones de transición 240 de las configuraciones de muesca 210 a lo largo del eje longitudinal L3 y el eje longitudinal L4 están

alineadas longitudinalmente (es decir, en una configuración de lado a lado) una con la otra. En una realización, la región de transición 240 se forma mediante la deformación plástica de la lámina de transferencia de calor 200.

La configuración de desvío de flujo (es decir, la región de transición 240) es, por ejemplo, una trayectoria de mitigación del estancamiento de flujo y se define además mediante cambios de barrido suaves en la dirección de la trayectoria de flujo para reducir o eliminar áreas localizadas de baja velocidad de flujo (por ejemplo, remolinos) para evitar la acumulación de partículas (por ejemplo, cenizas). La configuración de desvío de flujo (por ejemplo, una trayectoria de mitigación del estancamiento de flujo) permite que se produzca un régimen de flujo turbulento en el mismo. El ancho D100 del canal de flujo está configurado para permitir que se produzca el régimen de flujo turbulento sin crear áreas de estancamiento de flujo en las regiones de transición 240 o de otro modo entre cualquiera de los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270. Por lo tanto, las regiones de transición 240 y los respectivos de los primeros lóbulos 260 y los segundos lóbulos 270 están en proximidad estrecha entre sí. Por lo tanto, el ancho D100 del canal de flujo común es de una magnitud predeterminada suficiente para impedir el flujo de derivación (es decir, lo suficientemente estrecho) en el área de las superficies de transferencia de calor 310. Además, las configuraciones de muesca 210 y los canales de flujo comunes están configurados para impedir la derivación directa a alta velocidad del gas de combustión 36 y el aire de combustión 38 en conductos o túneles localizados a través del pasaje de flujo P. Tal derivación directa a alta velocidad de los gases de combustión 36 y el aire de combustión 38 en los conductos o túneles localizados a través del pasaje de flujo P reduce el rendimiento de transferencia de calor de la lámina de transferencia de calor 200.

Como se muestra en la Figura 3B, la región de transición 240 incluye: 1) una porción arqueada 245 que se extiende desde un pico 260P del primer lóbulo 260; 2) una superficie de transición 241 (por ejemplo, superficie plana mostrada en la figura 3G o superficie arqueada mostrada en la figura 3C) que pasa de la porción arqueada 245; y 3) una porción arqueada 243 que pasa de la superficie de transición 241 a un valle 270V del segundo lóbulo 270. En una realización mostrada en la Figura 3D las porciones arqueadas 243 y 245 se reemplazan con porciones planas o rectas 243' y 245' y la superficie de transición 241 se reemplaza con un punto de transición 241'.

En una realización mostrada en las Figuras 3E, 3F y 3G, la región de transición 240 incluye una sección recta extendida 241T que es coaxial con el plano central CP. Como se muestra en las Figuras 3E y 3F, la sección recta 241T se extiende entre las porciones arqueadas adyacentes 243 y 245. Como se muestra en la Figura 3G, la sección recta 241T se extiende entre las secciones rectas 243' y 245'. En una realización, la sección recta 241T es aproximadamente el 5 por ciento de la distancia longitudinal L7. En una realización, la sección recta 241T es mayor que cero por ciento de la distancia longitudinal L7. En una realización, la sección recta 241T es aproximadamente 5 a 25 por ciento de la distancia longitudinal L7. En una realización, la sección recta 241T es aproximadamente 5 a 100 por ciento de la distancia longitudinal L7. En una realización, la sección recta 241T es mayor que 100 por ciento de la distancia longitudinal L7.

Los inventores han descubierto sorprendentemente que las regiones de transición 240 proporcionan desviaciones de flujo suaves en la dirección del flujo del gas de combustión 36 y el aire de combustión 38 en el pasaje de flujo P que crean un flujo turbulento y un aumento de la eficiencia de transferencia de calor de la lámina de transferencia de calor 200 descrita en la presente memoria, en comparación con los elementos de separación de lámina de la técnica anterior que se extienden desde un solo lado de la lámina de transferencia de calor. La lámina de transferencia de calor 200 también proporciona un soporte estructural adecuado y mantiene la separación entre las láminas de transferencia de calor adyacentes 200 sin aumentar apreciablemente la pérdida de presión a través de la lámina de transferencia de calor 200.

Como se muestra en la Figura 6A, un primer conjunto de regiones de transición 240 está en el primer canal de flujo común; y otro conjunto de regiones de transición 240 está en el segundo canal de flujo común. En la realización mostrada en la Figura 6A, para el primer canal de flujo común, el primer conjunto de regiones de transición 240 es coaxial con el primer lóbulo 260 y el segundo lóbulo 270. El segundo conjunto de regiones de transición 240 es coaxial con el primer lóbulo 260 y el segundo lóbulo 270.

Si bien en las Figuras 3A y 6A, los primeros lóbulos 260, el primer conjunto de regiones de transición 240 y los segundos lóbulos 270 en el primer canal de flujo se muestran y describen como coaxiales, la presente invención no está limitada en este respecto dado que los primeros lóbulos 260, el primer un conjunto de regiones de transición 240 y/o los segundos lóbulos 270 en el primer canal de flujo común pueden estar desplazados entre sí y el eje longitudinal L3. Si bien en las Figuras 3A y 6A, los primeros lóbulos 260, el primer conjunto de regiones de transición 240 y los segundos lóbulos 270 en el segundo canal de flujo se muestran y describen como coaxiales, la presente invención no está limitada en este respecto dado que los primeros lóbulos 260, el segundo conjunto de regiones de transición 240 y/o los segundos lóbulos 270 en el segundo canal de flujo común pueden estar desplazados entre sí y el eje longitudinal L4. Por ejemplo, la lámina de transferencia de calor 200' de la Figura 6B ilustra los primeros lóbulos 260' y los segundos lóbulos 270' en el primer canal de flujo común que están desplazados perpendicularmente al eje longitudinal L3 y las regiones de transición 240' que conectan los primeros lóbulos 260' y los segundos lóbulos 270' y que están desplazados angularmente y una porción de los mismos que se intersecta con el eje longitudinal L3. La Figura 6B también ilustra los primeros lóbulos 260' y los segundos lóbulos 270' en el segundo canal de flujo común que están desplazados perpendicularmente al eje longitudinal L4 y las regiones de transición 240' que conectan los primeros lóbulos 260' y los segundos lóbulos 270' y que están desplazados angularmente y una porción de los mismos que

intersecta el eje longitudinal L4. Como se muestra en la Figura 6B, el primer canal de flujo común tiene el ancho D100 y los primeros lóbulos 260', el primer conjunto de regiones de transición 240' y los segundos lóbulos 270' están dentro de un ancho D101' que es menor o igual que el ancho D100. Como se muestra en la Figura 6B, el segundo canal de flujo común tiene el ancho D100 y los primeros lóbulos 260', el segundo conjunto de regiones de transición 240' y los segundos lóbulos 270' están dentro de un ancho D101' que es menor o igual que el ancho D100.

La lámina de transferencia de calor 200" de la figura 6C ilustra los primeros lóbulos 260", el primer conjunto de regiones de transición 240" y los segundos lóbulos 270" en el primer canal de flujo común están desplazados angularmente y una porción de los mismos que intersecta el eje longitudinal L3; y los primeros lóbulos 260", el segundo conjunto de regiones de transición 240" y los segundos lóbulos 270" en el segundo canal de flujo común están desviados angularmente y una porción de los mismos que intersecta el eje longitudinal L4. La Figura 6C también ilustra los respectivos primeros conjuntos de regiones de transición 240" que conectan los primeros lóbulos adyacentes 260" y los segundos lóbulos 270" entre sí en el primer canal de flujo; y los respectivos segundos conjuntos de regiones de transición 240" que conectan los primeros lóbulos 260" y los segundos lóbulos 270" entre sí en el segundo canal de flujo. Como se muestra en la Figura 6C, el primer canal de flujo común tiene el ancho D100 y los primeros lóbulos 260", el primer conjunto de regiones de transición 240" y los segundos lóbulos 270" en el primer canal de flujo común, están dentro de un ancho D101" que es menor o igual que el ancho D100. Como se muestra en la Figura 6C, el segundo canal de flujo común tiene el ancho D100 y los primeros lóbulos 260", el segundo conjunto de regiones de transición 240" y los segundos lóbulos 270" en el segundo canal de flujo común, están dentro de un ancho D101" que es menor o igual que el ancho D100.

Las láminas de transferencia de calor 100 y 200 se pueden fabricar a partir de láminas o placas metálicas de dimensiones predeterminadas, tal como longitud, ancho y espesor según lo utilizado y adecuado para fabricar el precalentador 10 que cumple con las demandas requeridas de las plantas industriales en las que se va a instalar. En una realización, las láminas de transferencia de calor se fabrican en un proceso de fabricación de rodillo único, usando un conjunto único de rodillos de prensado que tienen los perfiles necesarios para proporcionar las configuraciones desveladas en la presente memoria. En una realización, las láminas de transferencia de calor 100 y 200 están revestidas con un revestimiento adecuado, tal como esmalte de porcelana, que hace que las láminas de transferencia de calor 100 y 200 sean ligeramente más gruesas y también evita que los sustratos de la lámina metálica estén en contacto directo con el gas de combustión. Tales revestimientos evitan o mitigan la corrosión como resultado de hollín, cenizas o vapores condensables a los que están expuestas las láminas de transferencia de calor 100 y 200 cuando operan en el precalentador 10.

Con referencia a las Figuras 2A y 3A, las superficies de transferencia de calor 310 están definidas por superficies onduladas que están desplazadas angularmente del eje longitudinal L. Por ejemplo, las superficies onduladas de la fila F están desplazadas del eje longitudinal por un ángulo θ ; y las superficies onduladas de la fila G están desplazadas del eje longitudinal por un ángulo δ . En una realización, el ángulo θ y el ángulo δ son iguales y se extienden opuestamente desde el eje longitudinal L. En una realización, el ángulo θ y el ángulo δ están entre 45 grados y 45 grados negativos, medidos con respecto al eje longitudinal y/o la configuración de la muesca 110 o 210. En una realización, las superficies de transferencia de calor 310 incluyen porciones planas. En una realización, las superficies onduladas tienen picos de ondulación 310P que están separados entre sí por una distancia 310D en el intervalo de 0,89 a 2,15 cm (0,35 a 0,85 pulgadas). En una realización, la altura H1 es de 0,13 a 1,01 cm (0,050 a 0,40 pulgadas), en donde la altura H1 no incluye el espesor de la lámina de transferencia de calor 100 o 200. En una realización, las superficies onduladas 310 tienen una relación de la distancia de separación 301D entre los picos de ondulación 310P a la altura H1 (sin incluir el espesor de la lámina de transferencia de calor) de 3,0:1 a 15,0:1. En una realización, las láminas de transferencia de calor 100 y 200 tienen una relación de la altura H2 (sin incluir el espesor de la lámina de transferencia de calor) de la muesca a la altura H1 (sin incluir el espesor de la lámina de transferencia de calor) de las ondulaciones de 1,0:1,0 a 4,0:1,0. En una realización, la altura H2 es de 0,38 a 1,27 cm (0,15 a 0,50 pulgadas), sin incluir el espesor de la lámina de transferencia de calor.

Como se muestra en las Figuras 4A y 4B, dos láminas de transferencia de calor 100 se apilan una sobre la otra para formar una porción del conjunto de transferencia de calor 1000. El pico 160LP de uno de los primeros lóbulos 160L de las láminas de transferencia de calor 100' se aplica a una porción de la superficie de transferencia de calor 310 de la lámina de transferencia de calor 100; y un valle 170RV de uno de los segundos lóbulos 170R de la lámina de transferencia de calor 100 se aplica a la superficie de transferencia de calor 310 de la lámina de transferencia de calor 100'. Si bien se muestran y describen dos láminas de transferencia de calor 100, cualquier número de láminas de transferencia de calor 100 y/o 200 se pueden apilar unas sobre otras para formar el conjunto de transferencia de calor 1000.

Las láminas de transferencia de calor 100 y 200 y el conjunto 1000 de las mismas se describen generalmente en la presente memoria de acuerdo con un precalentador de aire de tipo bisector. Sin embargo, la presente invención incluye configuraciones y apilamientos de las diversas láminas de transferencia de calor 100 y 200 para otras configuraciones de precalentadores de aire tal como, pero sin limitación, precalentadores de aire de tipo trisector o cuadriselector.

Como se muestra en la Figura 2D otra realización de la lámina de transferencia de calor se designa generalmente con el número 400. La lámina de transferencia de calor 400 es similar a la lámina de transferencia de calor 100 de la Figura 2A. Por lo tanto, los elementos similares se designan con números de referencia similares, pero con el número inicial

"1" reemplazado por el número "4". La lámina de transferencia de calor 400 difiere de la lámina de transferencia de calor 100 en que la lámina de transferencia de calor 400 no tiene configuraciones de muesca 110. Por lo tanto, la lámina de transferencia de calor 400 incluye una pluralidad de filas (por ejemplo, dos filas F y G se ilustran en la Figura 2D) de las superficies de transferencia de calor 410. Las filas F y G de las superficies de transferencia de calor 410 están alineadas con un eje longitudinal L que se extiende entre un primer extremo 400X y un segundo extremo 400Y de la lámina de transferencia de calor 400 en una dirección paralela a la del flujo del gas de combustión y aire de combustión, como lo indican las flechas A y B, respectivamente. Las superficies de transferencia de calor 410 tienen una primera altura H1 con respecto a un plano central CP de la lámina de transferencia de calor 100, como se muestra en la Figura 2D. En una realización, las superficies de transferencia de calor 410 se definen mediante superficies onduladas que están desplazadas angularmente del eje longitudinal L.

Las superficies onduladas 410 están configuradas de manera similar a la descrita en la presente memoria para las superficies onduladas 310. Por ejemplo, las superficies onduladas 410 de la fila F están desplazadas del eje longitudinal por un ángulo θ ; y las superficies onduladas 410 de la fila G están desplazadas del eje longitudinal por un ángulo δ . En una realización, el ángulo θ y el ángulo δ son iguales y se extienden opuestamente desde el eje longitudinal L. En una realización, el ángulo θ y el ángulo δ están entre 45 grados y 45 grados negativos, medidos con relación al eje longitudinal. Como se muestra en la Figura 2D, las superficies onduladas 410 de la fila F y las superficies onduladas 410 de la fila G se fusionan entre sí a lo largo de un eje longitudinal M.

Como se muestra en las Figuras 2E y 7A, otra realización de la lámina de transferencia de calor se designa generalmente con el número 500. La lámina de transferencia de calor 500 es similar a la lámina de transferencia de calor 100 de la Figura 2A. Por lo tanto, elementos similares se designan con números de referencia similares, pero con el número inicial "1" reemplazado por el número "5". La lámina de transferencia de calor 500 difiere de la lámina de transferencia de calor 100 en que la lámina de transferencia de calor 400 no tiene superficies onduladas en ángulo similares a las superficies onduladas 310 ilustradas en la Figura 2A y es una lámina de transferencia de calor separada. Por lo tanto, la lámina de transferencia de calor 500 incluye una pluralidad de configuraciones de muescas 510 similares a las configuraciones de muesca 110 descritas anteriormente con referencia a la Figura 2A (configuración alternada de muesca completa) y/o la configuración de muesca 210 descrita en la presente con referencia a la Figura 3A (por ejemplo, configuración alternada de media muesca) colocadas en una configuración de lado a lado entre sí. Por lo tanto, las configuraciones de muesca 510 se fusionan entre sí en una dirección transversal (por ejemplo, perpendicular) al eje longitudinal L. Las regiones de transición 540L y 540R se muestran alineadas longitudinalmente (es decir, en una configuración de lado a lado) entre sí, sin embargo, en otra realización, las regiones de transición 540L y 540R están desplazadas longitudinalmente (por ejemplo, escalonadas a lo largo del eje longitudinal L1 y L2 respectivamente) entre sí. En una realización, la lámina de transferencia de calor 500' de la Figura 7B está configurada de manera similar a la lámina de transferencia de calor 100' de la Figura 5B. En una realización, la lámina de transferencia de calor 500" de la Figura 7C está configurada de manera similar a la lámina de transferencia de calor 100" de la Figura 5C.

Como se muestra en las Figuras 4C y 4D, se muestra un conjunto de transferencia de calor 1000' con una de las láminas de transferencia de calor 400 colocada entre y acoplada a dos de las láminas de transferencia de calor 500 y 500'. Una o más porciones de las configuraciones de muesca 510 se acoplan a una porción de la superficie ondulada 410 en la fila F (Figura 2D) y/o la superficie ondulada 410 en la fila G (Figura 2D) para separar las láminas de transferencia de calor 400 entre sí y definir las trayectorias de flujo P'. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4D: 1) los valles 570RV del lóbulo 570R se acoplan a las porciones (por ejemplo, picos de ondulación 410P) de la superficie ondulada 410; 2) los valles 570LV del lóbulo 570L se acoplan a las porciones (por ejemplo, picos de ondulación 410P) de la superficie ondulada 410; 3) los picos 56LP del lóbulo 5560L se acoplan a las porciones (por ejemplo, picos de ondulación 410P) de la superficie ondulada 410; y 4) los picos de ondulación 560RP del lóbulo 560RL se acoplan a las porciones (por ejemplo, picos de ondulación 410P) de la superficie ondulada 410.

Los siguientes ejemplos cuantifican las características de los ejemplos de realizaciones de las láminas de transferencia de calor 100 y 200 que los inventores han descubierto sorprendentemente, que proporcionan una eficiencia de transferencia de calor deseable y mejorada en comparación con las láminas de transferencia de calor de la técnica anterior.

Ejemplo 1

Como se muestra en la Figura 2A, las regiones de transición sucesivas 140L alineadas a lo largo del eje longitudinal L1 están separadas entre sí por una distancia longitudinal L6 de 5,08 a 20,3 cm (2 a 8 pulgadas); y/o las sucesivas regiones de transición 140R alineadas a lo largo del eje longitudinal L2 están separadas entre sí por la distancia longitudinal L6 de 5,08 a 20,3 cm (2 a 8 pulgadas). Asimismo, como se muestra en la Figura 3A, las sucesivas regiones de transición 240 alineadas a lo largo del eje longitudinal L3 están separadas entre sí por una distancia longitudinal L7 de 5,08 a 20,3 cm (2 a 8 pulgadas); y/o las sucesivas regiones 240 de transición alineadas a lo largo del eje longitudinal L4 están separadas entre sí por una distancia longitudinal L7 de 5,08 a 20,3 cm (2 a 8 pulgadas).

Ejemplo 2

5 Como se muestra en la Figura 2C, las regiones de transición 140L y/o 140R de la lámina de transferencia de calor 100 tienen una distancia longitudinal L5 de 0,63 a 6,35 cm (0,25 a 2,5 pulgadas). Como se muestra en la Figura 3B, las regiones de transición 240 de la lámina de transferencia de calor 200 tienen una distancia longitudinal L5 de 0,63 a 6,35 cm (0,25 a 2,5 pulgadas).

Ejemplo 3

10 Como se muestra en la Figura 2A, las configuraciones de muescas adyacentes 110 están separadas entre sí por una distancia L8 de 3,2 a 15,2 cm (1,25 a 6 pulgadas), en una dirección medida perpendicular al eje longitudinal L de la lámina de transferencia de calor 100. Como se muestra en la Figura 3A las configuraciones de muescas adyacentes 210 están separadas entre sí por una distancia L8 de 3,2 a 15,2 cm (1,25 a 6 pulgadas), en una dirección medida perpendicular al eje longitudinal L de la lámina de transferencia de calor 200.

Ejemplo 4

15 Como se muestra en la Figura 2A, la configuración de muesca 110 define una relación de la distancia longitudinal L6 entre las sucesivas regiones de transición 140L o 140R y la altura H2 (sin incluir el espesor de la lámina de transferencia de calor) de la configuración de muesca 110 de 5:1 a 20:1. La configuración de muesca 210 define una relación de la distancia longitudinal L7 entre las sucesivas regiones de transición 240 y la altura H2 (sin incluir el espesor de la lámina de transferencia de calor) de la configuración de muesca 210 de 5:1 a 20:1.

20 Si bien la presente invención se ha desvelado y descrito con referencia a ciertas realizaciones de la misma, cabe destacar que se pueden llevar a cabo otras variaciones y modificaciones, y que se pretende que las siguientes reivindicaciones cubran las variaciones y modificaciones dentro del verdadero alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de transferencia de calor (100) para un intercambiador de calor regenerativo giratorio (10), la lámina de transferencia de calor (100) comprende:
- 5 una pluralidad de filas (F, G) de superficies de transferencia de calor (310), cada una de la pluralidad de filas (F, G) está alineada con un eje longitudinal (L) que se extiende entre un primer extremo (100X) y un segundo extremo (100Y) de la lámina de transferencia de calor (100), en paralelo a las direcciones de flujo pretendidas (A, B), las superficies de transferencia de calor (310) tienen una primera altura (H1) con respecto a un plano central (CP) de la lámina de transferencia de calor (100); y
- 10 al menos una configuración de muesca (110, 210) para separar las láminas de transferencia de calor (100) una de la otra, la al menos una configuración de muesca (110, 210) se coloca entre filas adyacentes de la pluralidad de filas (F, G) de superficies de transferencia de calor (310), la configuración de muesca (110, 210) comprende:
- al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) que se extiende alejándose del plano central (CP) en una primera dirección;
- 15 al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que se extiende alejándose del plano central (CP) en una segunda dirección opuesta a la primera dirección; y
- uno cualquiera o ambos del al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que tienen una segunda altura con respecto al plano central (CP), siendo la segunda altura mayor que la primera altura (H1, H2),
- 20 caracterizado por que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) están conectados entre sí y están en un canal de flujo común (P) en un patrón longitudinal alternado de manera tal que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) es longitudinalmente adyacente al al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).
2. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 1, en la que las superficies de transferencia de calor (310) comprenden superficies onduladas que están desplazadas angularmente del eje longitudinal (L).
- 25 3. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 1, que comprende además una configuración de desviación de flujo definida por una región de transición (140L, 140R, 240, 240', 240'', 540L, 540R) que conecta longitudinalmente el al menos un primer lóbulo (160L, 170L, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).
4. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 3, en la que la región de transición (140L, 140R, 240, 240', 240'', 540L, 540R) comprende una forma arqueada.
- 30 5. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 3, en la que la región de transición (140L, 140R, 240, 240', 240'', 540L, 540R) comprende una sección plana.
6. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 3, en la que la región de transición (140L, 140R, 240, 240', 240'', 540L, 540R) comprende una sección plana que es paralela al plano central (CP).
- 35 7. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 3, en la que la región de transición (140L, 140R, 240, 240', 240'', 540L, 540R) comprende una trayectoria de mitigación del estancamiento del flujo.
8. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 1, en la que el al menos un primer lóbulo (160L, 170L, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) son coaxiales entre sí a lo largo de un eje paralelo al eje longitudinal (L).
- 40 9. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 1, en la que el al menos un primer lóbulo (160L, 170L, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) son adyacentes entre sí en una dirección transversal al eje longitudinal (L).
10. La lámina de transferencia de calor (100) de la reivindicación 1, en la que al menos uno de los al menos un primer lóbulo (160L, 170L, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) están desplazados angularmente entre sí.
- 45 11. Un conjunto de transferencia de calor (1000) para un intercambiador de calor regenerativo giratorio (10), el conjunto de transferencia de calor (1000) comprende:
- al menos dos láminas de transferencia de calor (100) apiladas una sobre la otra;
- cada una de las al menos dos láminas de transferencia de calor (100) comprende:
- 50 una pluralidad de filas (F, G) de superficies de transferencia de calor (310), cada una de la pluralidad de filas (F, G) está alineada con un eje longitudinal (L) que se extiende entre un primer extremo y un segundo extremo del conjunto

de transferencia de calor (1000, en paralelo), en paralelo a las direcciones de flujo pretendidas (A, B) a través del conjunto de transferencia de calor (1000), las superficies de transferencia de calor (310) tienen una primera altura (H1) con respecto a un plano central (CP) de la lámina de transferencia de calor (100);

5 al menos una configuración de muesca (110, 210) para separar las láminas de transferencia de calor (100) una de la otra, la al menos una configuración de muesca (110, 210) está colocada entre filas adyacentes de la pluralidad de filas (F, G) de superficies de transferencia de calor (310), la configuración de muesca (110, 210) comprende:

al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) que se extiende alejándose del plano central (CP) en una primera dirección;

10 al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que se extiende alejándose del plano central (CP) en una segunda dirección opuesta a la primera dirección;

uno cualquiera o ambos del al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que tienen una segunda altura con respecto al plano central (CP), siendo la segunda altura mayor que la primera altura (H1, H2); y

15 el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) de una primera de las al menos dos láminas de transferencia de calor (100) que se acopla a la superficie de transferencia de calor (310) de una segunda de las al menos dos láminas de transferencia de calor (100) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) de la segunda de las al menos dos láminas de transferencia de calor (100) que se acoplan a la superficie de transferencia de calor (310) de la primera de las al menos dos láminas de transferencia de calor (100) para definir una trayectoria de flujo entre las al menos dos láminas de transferencia de calor (100), la trayectoria de flujo se extiende entre el primer extremo (100X) y el segundo extremo (100Y); y

20

caracterizado por que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) están conectados entre sí y están en un canal de flujo común en un patrón longitudinal alternado de modo que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) es longitudinalmente adyacente al al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).

25 12. El conjunto de transferencia de calor (1000) de la reivindicación 11, que comprende además una configuración de desviación de flujo definida por una región de transición (140L, 140R, 240, 240', 240'', 540L, 540R) que conecta longitudinalmente el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).

13. Una pila de láminas de intercambiador de calor, la pila comprende:

al menos una primera lámina de transferencia de calor (100) que comprende:

30 una primera superficie ondulada que se extiende a lo largo de la primera lámina de transferencia de calor (100) y se orienta en un primer ángulo con respecto a una dirección de flujo a través de la pila, y

una segunda superficie ondulada que se extiende a lo largo de la primera lámina de transferencia de calor (100) y se orienta en un segundo ángulo con respecto a la dirección del flujo a través de la pila, siendo el primer ángulo y el segundo ángulo diferentes; y

35 al menos una segunda lámina de transferencia de calor (100) que define una pluralidad de configuraciones de muesca (110, 210) que se extienden a lo largo de un eje longitudinal (L) que se extiende entre un primer extremo (100X) y un segundo extremo (100Y) de la al menos una segunda lámina de transferencia de calor (100, en paralelo), en paralelo a las direcciones de flujo pretendidas (A, B), para separar al menos una primera lámina de transferencia de calor (100) de una lámina adyacente de la al menos una segunda lámina de transferencia de calor (100), la al menos una configuración de muesca (110, 210) comprende:

40

al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) que se extiende alejándose desde un plano central (CP) de la al menos una segunda lámina de transferencia de calor (100) en una primera dirección;

al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que se extiende alejándose del plano central (CP) en una segunda dirección opuesta a la primera dirección;

45 el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) que se acopla a una porción de al menos una de la primera superficie ondulada y la segunda superficie ondulada;

el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que se acopla a una porción de al menos una de la primera superficie ondulada y la segunda superficie ondulada para definir una trayectoria de flujo entre la al menos una primera lámina de transferencia de calor (100) y la al menos una segunda lámina de transferencia de calor (100); y

50 caracterizado por que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) están conectados entre sí y están en un canal de flujo común en un patrón longitudinal alternado de modo que

el al menos uno del primer lóbulo (160L, 160R, 260) es longitudinalmente adyacente al al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).

14. Una lámina de separación para una pila de láminas de transferencia de calor (100), la lámina de separación comprende:

5 una pluralidad de configuraciones de muesca (110, 210) que se extienden a lo largo de un eje longitudinal (L) que se extiende entre un primer extremo y un segundo extremo de la lámina de separación, en paralelo a las direcciones de flujo pretendidas (A, B) para separar las láminas de transferencia de calor adyacentes (100) una de la otra, las configuraciones de muesca (110, 210) comprenden:

10 al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) que se extiende alejándose desde un plano central (CP) de la al menos una segunda lámina de transferencia de calor (100) en una primera dirección;

al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) que se extiende alejándose del plano central (CP) en una segunda dirección opuesta a la primera dirección; y

15 caracterizado por que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) y el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270) están conectados entre sí y están en un canal de flujo común en un patrón longitudinal alternado de modo que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) es longitudinalmente adyacente al al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).

15. La lámina de transferencia de calor de la reivindicación 1, en la que el al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) está separado longitudinalmente de otro del al menos un primer lóbulo (160L, 160R, 260) por el al menos un segundo lóbulo (170R, 170L, 270).

20

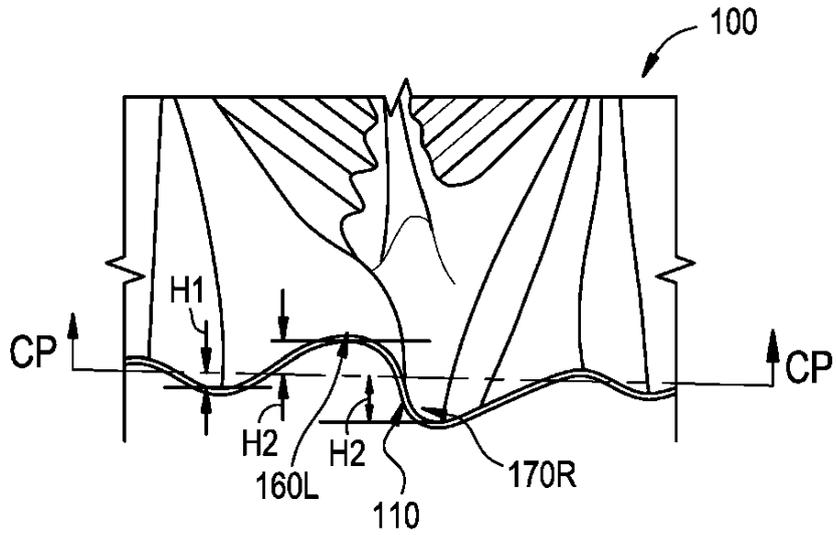


FIG. 2B

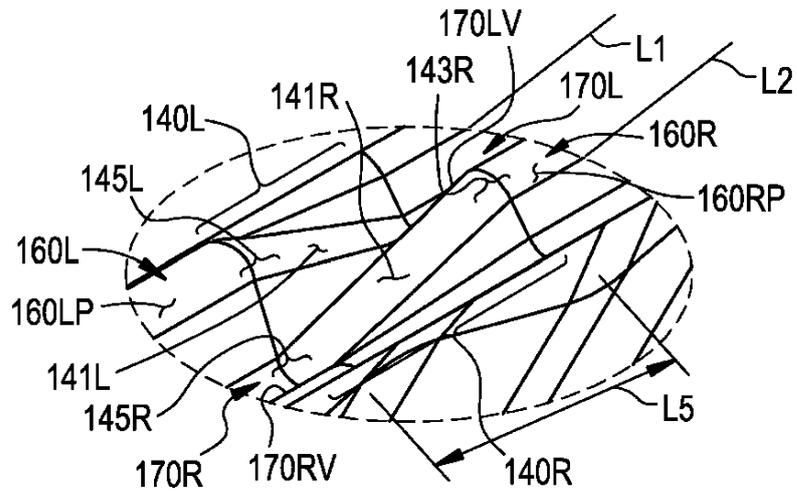


FIG. 2C

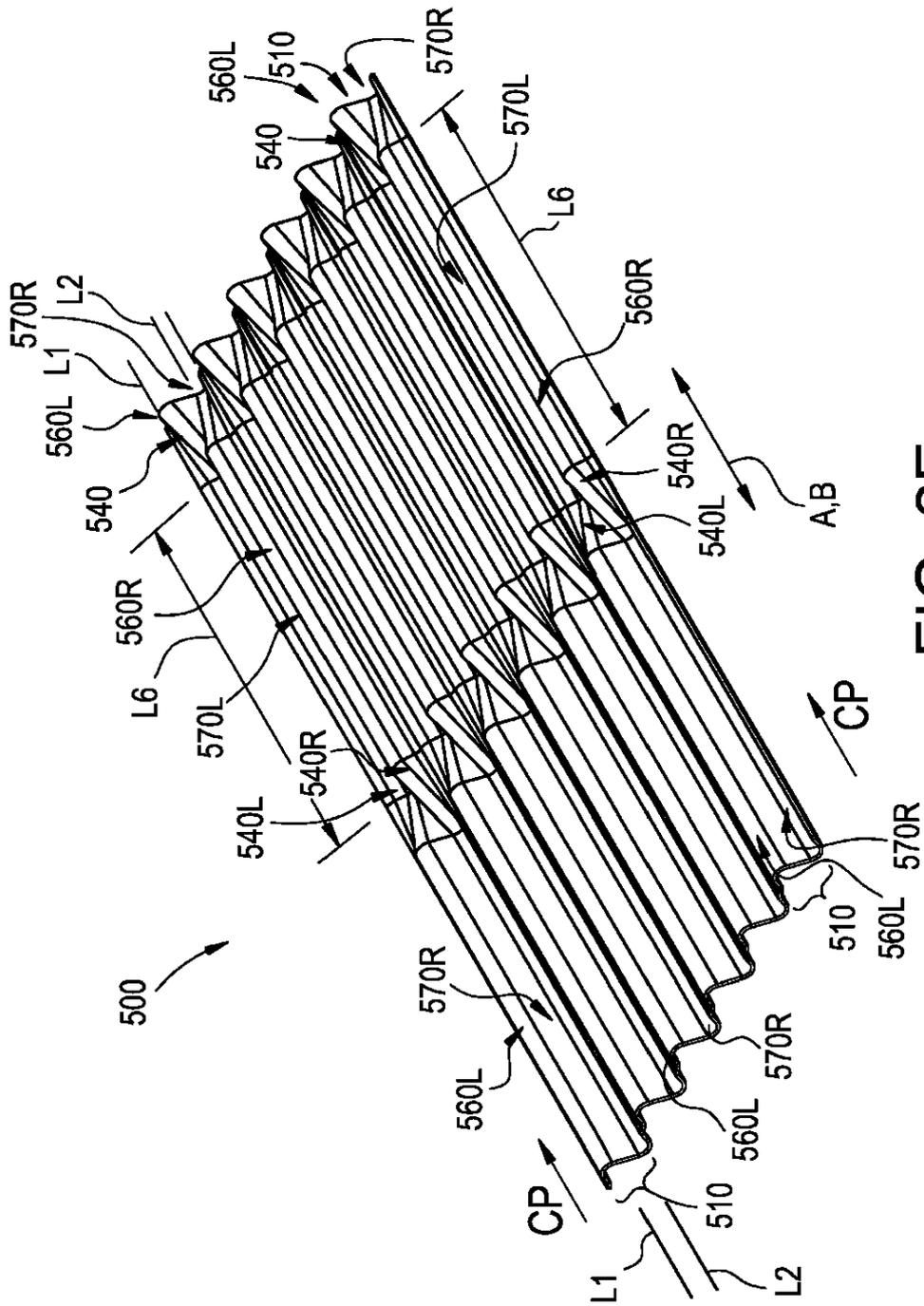


FIG. 2E

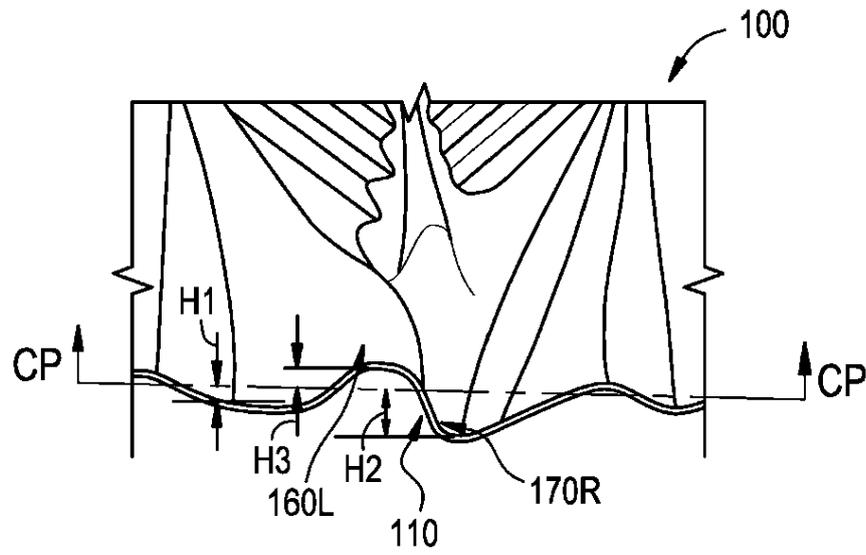


FIG. 2F

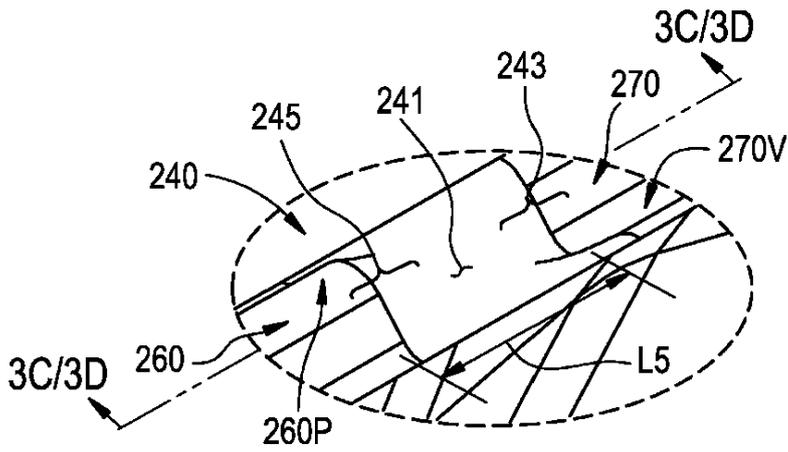


FIG. 3B

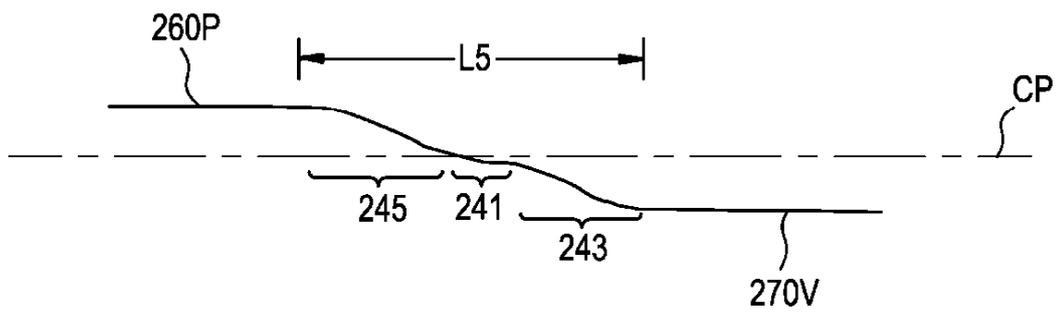


FIG. 3C

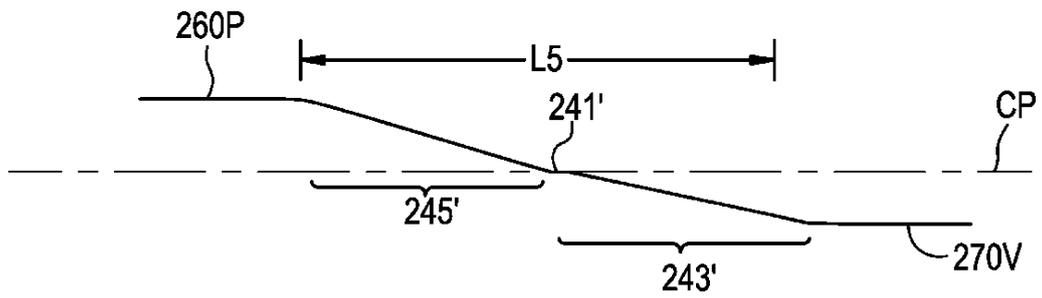


FIG. 3D

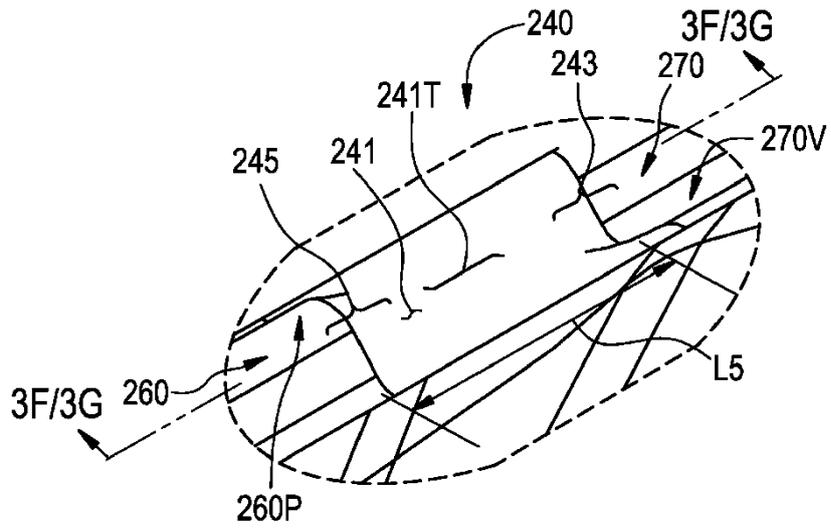


FIG. 3E

FIG. 3F

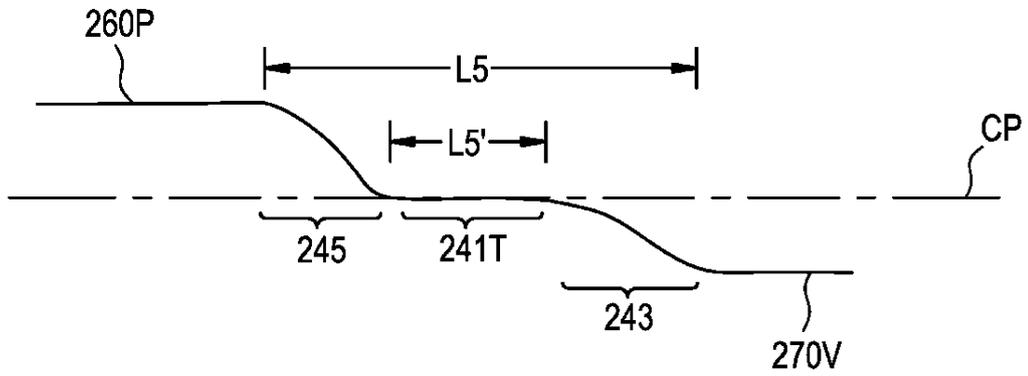
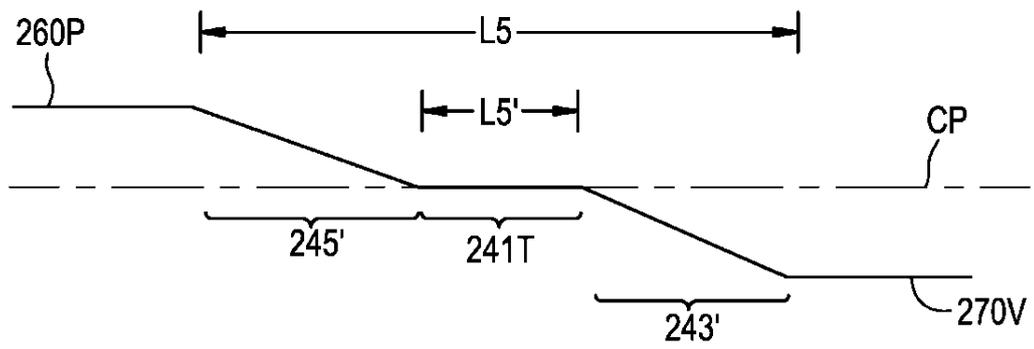


FIG. 3G



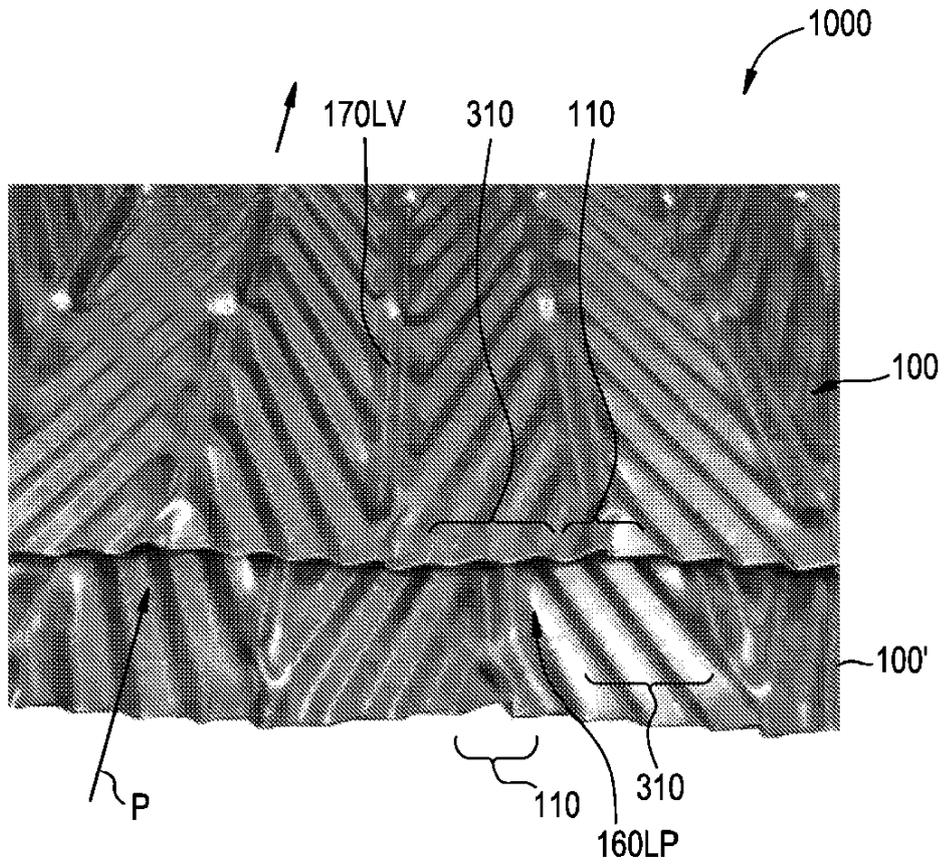


FIG. 4A

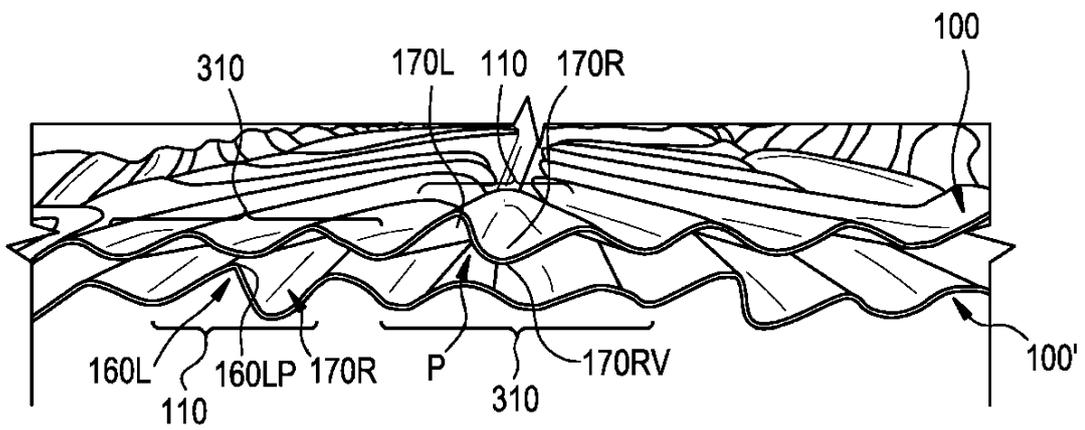


FIG. 4B

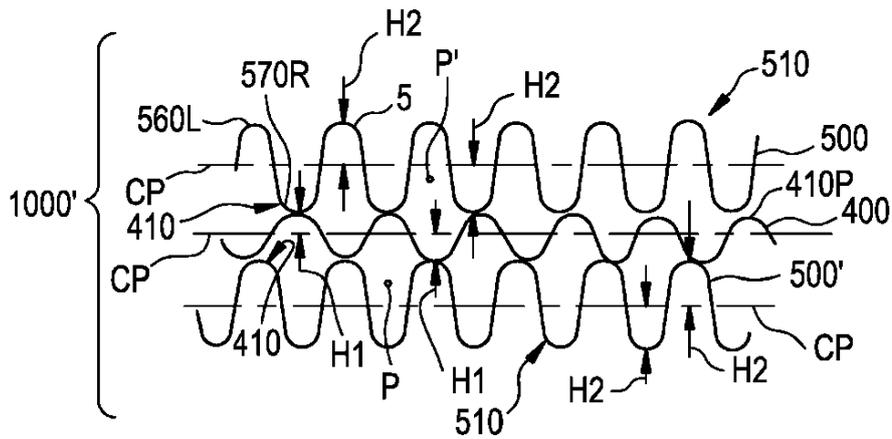


FIG. 4C

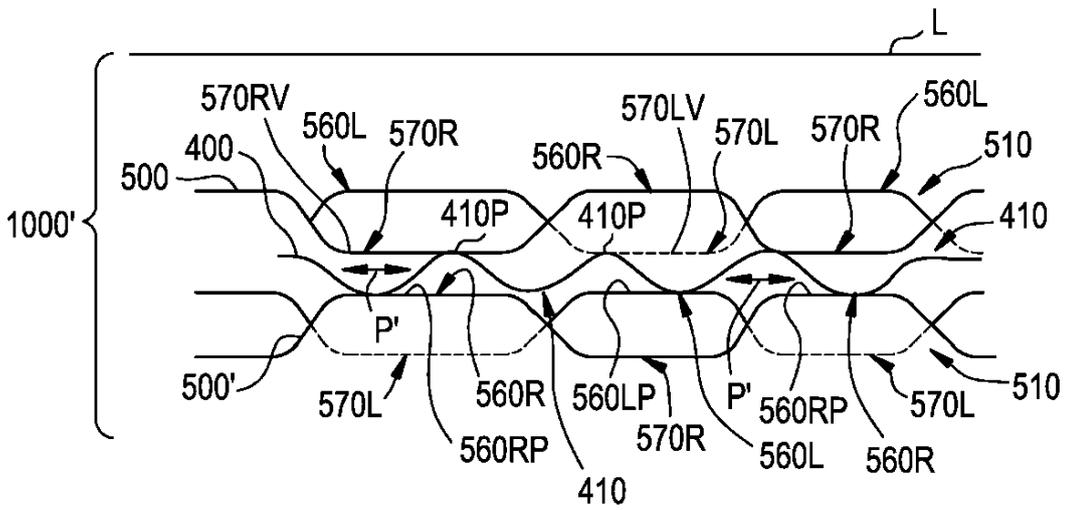


FIG. 4D

FIG. 5B

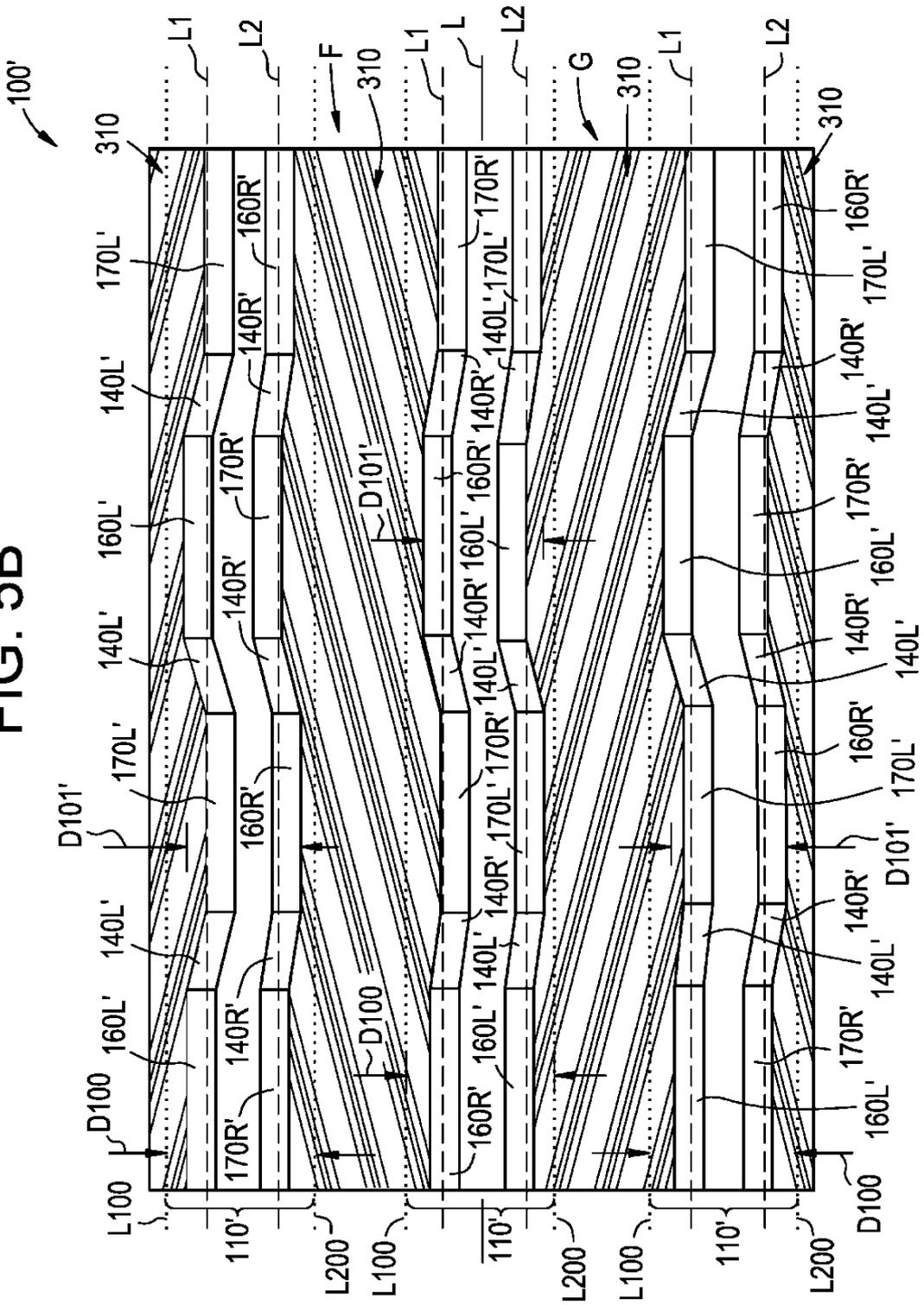


FIG. 5C

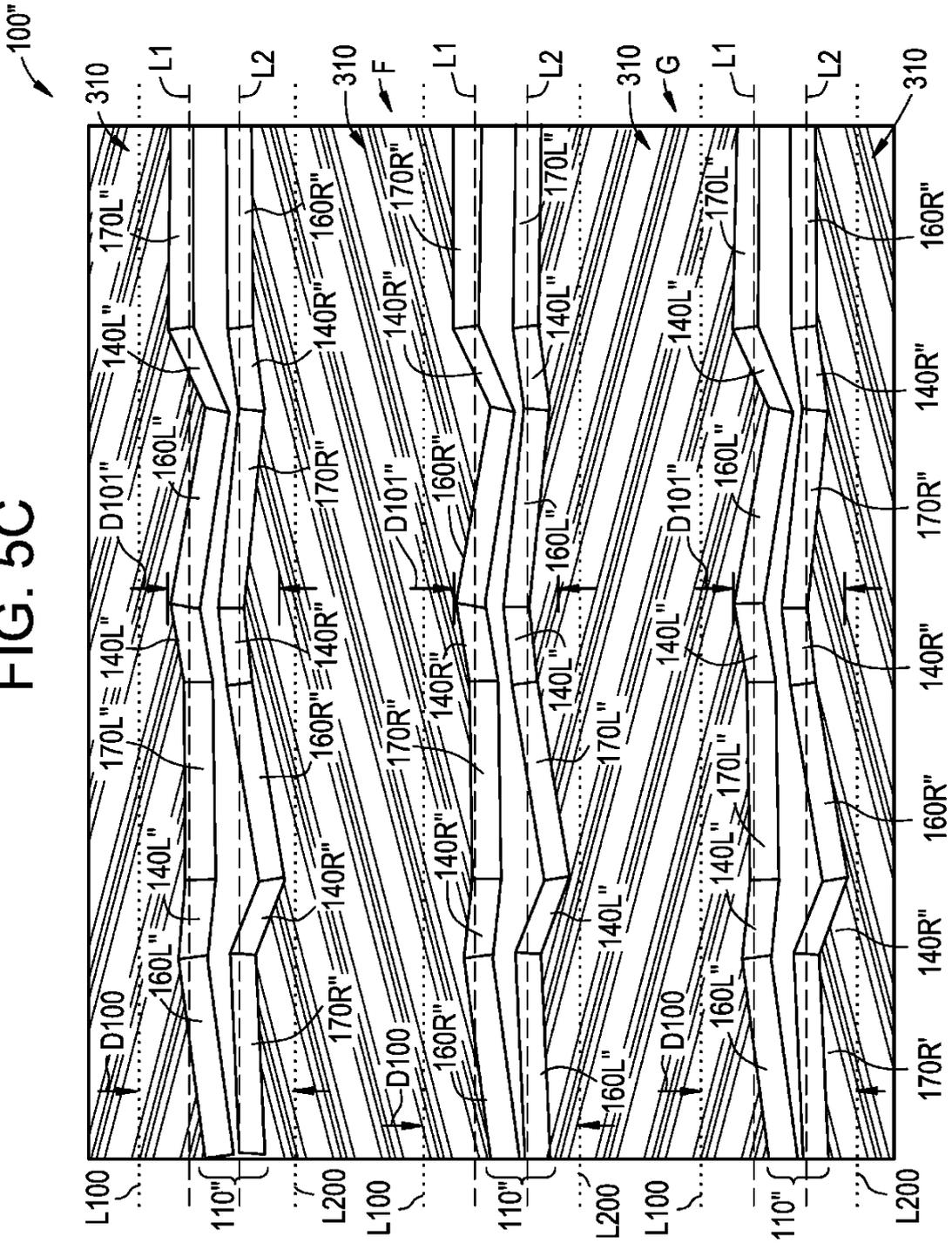


FIG. 6B

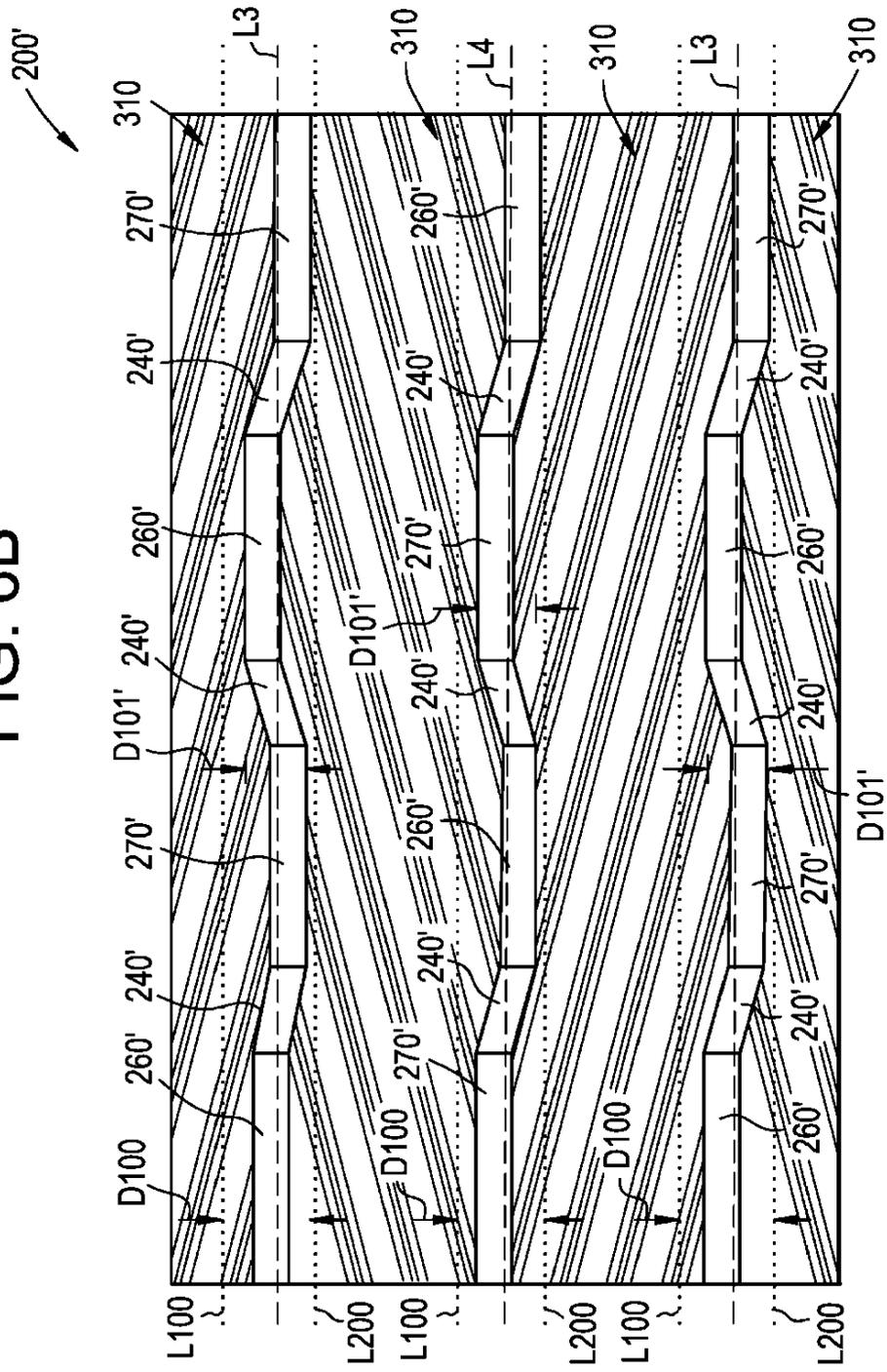


FIG. 6C

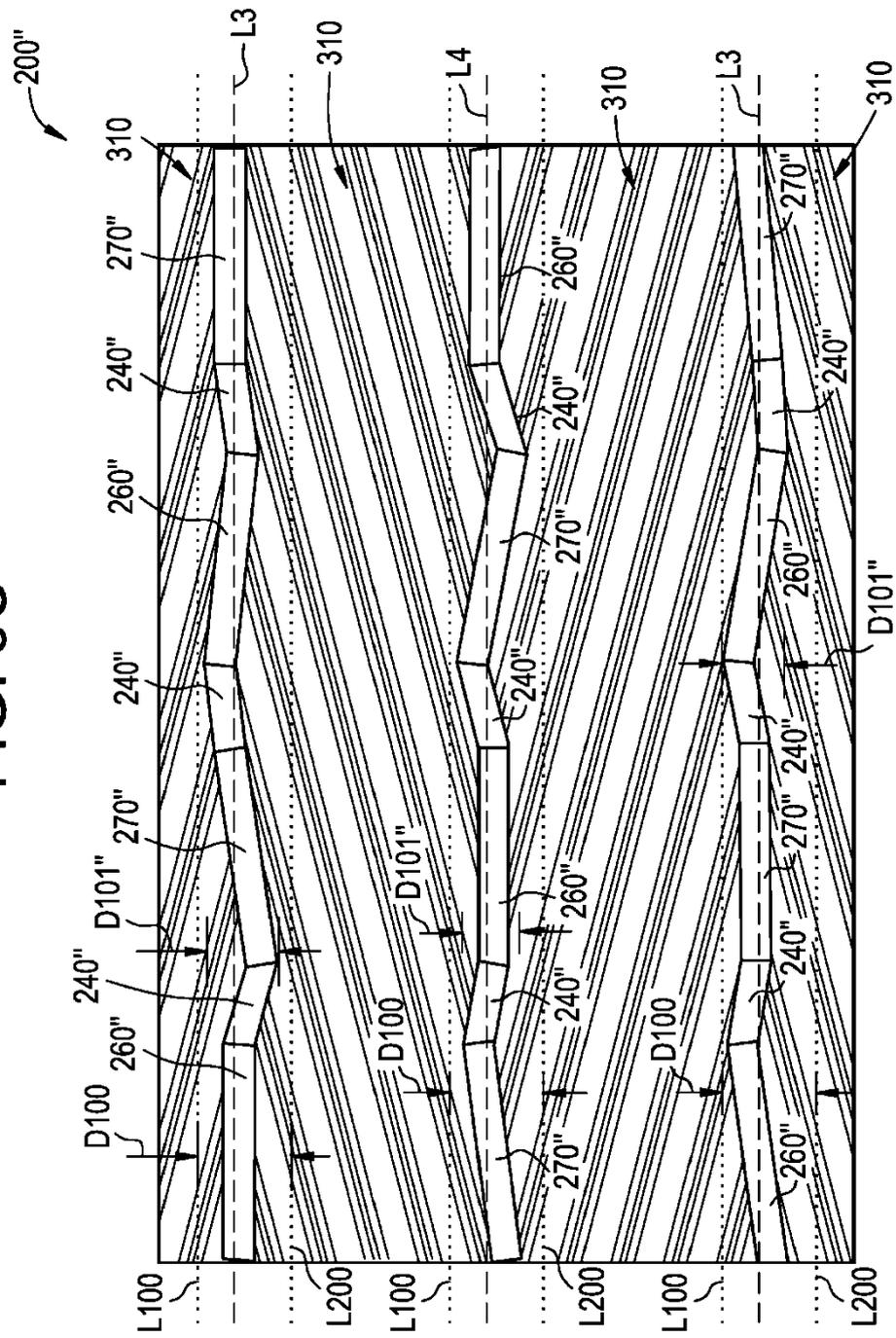


FIG. 7A

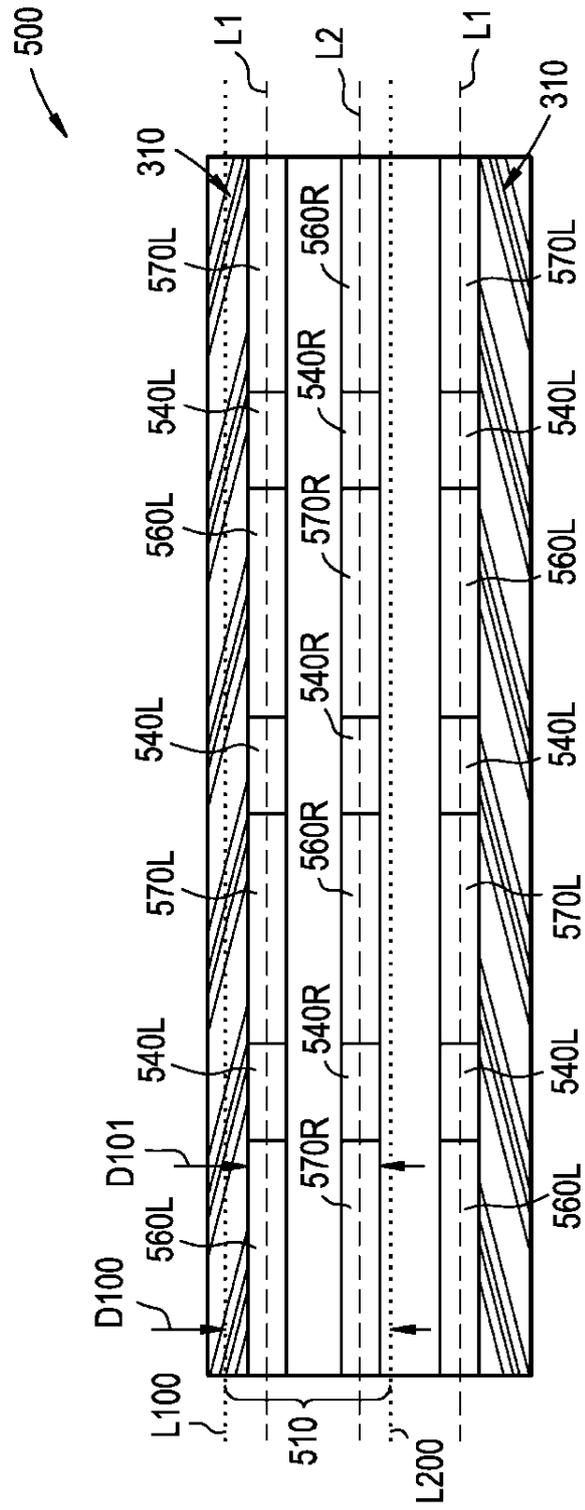


FIG. 7B

