



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 327**

51 Int. Cl.:

**B29B 17/02** (2006.01)

**C10B 53/07** (2006.01)

**F27B 9/04** (2006.01)

**F27B 9/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09701931 .9**

96 Fecha de presentación : **19.01.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2152487**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.02.2010**

54 Título: **Rociado de fibra de carbono.**

30 Prioridad: **18.01.2008 GB 0800940**  
**18.01.2008 US 21953**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.10.2011**

73 Titular/es: **RECYCLED CARBON FIBRE LIMITED**  
**Cannon Business Park Gough Road**  
**Coseley Dudley, West Midlands WV14 8XR, GB**

72 Inventor/es: **Davidson, John y**  
**Price, Roy**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

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

Reciclado de fibra de carbono

**Campo de la invención**

- 5 Esta invención se refiere al reciclado de fibras de carbono usado en materiales compuestos. Las fibras de carbono se usan comúnmente para fabricar materiales compuestos que comprenden fibras de carbono tejidas, troceadas o molturadas en una matriz de resina. Dichos materiales compuestos pueden ser muy ligeros, resistentes y duraderos.
- 10 Las fibras de carbono comprenden láminas plegadas de capas de carbono. Las fibras de carbono son normalmente no reactivas y son resistentes al fuego y a la corrosión. Cada fibra puede tener aproximadamente 7 micrómetros de diámetro. Los materiales compuestos de fibra de carbono formados de una resina e impregnados con fibras de carbono continuas, troceadas o molturadas pueden tener elevadas resistencias a la tracción y densidades relativamente bajas y por tanto, se están desarrollando muchas aplicaciones para estos materiales.
- 15 La producción de fibra de carbono virgen es del orden de 30.000 toneladas por año y la demanda de fibra de carbono es significativamente mayor que la producción, de tal manera que las fibras de carbono no están libremente disponibles.
- Aunque la demanda de fibras de carbono es elevada, se ha encontrado que existe un significativo desperdicio de material en los procedimientos de producción y se estima que tanto como un 40% de fibra de carbono virgen se echa a perder en la fabricación de productos de fibra de carbono. Este material envía tradicionalmente a un vertedero.
- 20 Los materiales compuestos que alcanzan el final de su vida se envían también a un vertedero. Estos materiales, según se ha descrito anteriormente, son duraderos y en general químicamente inertes. Consiguientemente, se puede esperar que los materiales compuestos de fibra de carbono situados en un vertedero permanezcan sin cambios durante un periodo muy largo de tiempo. Con la actual presión sobre el espacio del vertedero, esto es indeseable. Además, se están considerando e implementando regulaciones que restringen el uso del vertedero para materiales compuestos.
- 25 Además la demanda de fibra de carbono es tal que es deseable un medio y procedimiento de reciclaje de la fibra de carbono y de los materiales compuestos de fibra de carbono.
- 30 Se han realizado algunos intentos a pequeña escala para el reciclaje de fibras de carbono pero se ha encontrado que son complejos y no adecuados para una producción a mayor escala. Numerosos procedimientos existentes emplean atmósferas inertes tales como atmósferas de nitrógeno y además requieren un extenso pretratamiento que incluye un tratamiento de molienda y/o químico de cualquier material que se va a reciclar. Se sabe como llevar a cabo el tratamiento de los materiales compuestos en atmósferas inertes. Estos procedimientos conocidos requieren el uso de unidades selladas de tal manera que se pueda purgar la atmósfera y un gas inerte introducido. Se introducen coste y complejidad en dichos procedimientos de hornos sellados. Consiguientemente, se ha encontrado
- 35 que el coste del reciclado es elevado, los procedimientos son complejos y dan como resultado un producto final de utilidad limitada para la industria debido a la molienda del material compuesto de fibra de carbono antes del reciclado. Se ha encontrado adicionalmente que el material de fibra de carbono resultante tiene una proporción de hollín en o alrededor de las fibras y de esta manera el producto final no es un producto limpio.
- 40 Se ha buscado procedimiento económico sencillo de reciclar materiales compuestos de fibra de carbono durante muchos años.
- El documento WO03089212 da a conocer un procedimiento de reciclado de material compuesto de fibra de carbono en el que el material que se va a reciclar se transporta a través de un horno y se elimina la resina de la fibra de carbono en condiciones pirolíticas.
- 45 El documento JP6099160 da a conocer un procedimiento de recuperación de fibras de carbono a partir de un plástico reforzado con fibra de carbono tratándolo en una atmósfera de gas controlada sin combustión, para descomponer térmicamente el plástico. El documento JP6298993 da a conocer un procedimiento de recuperación de fibra de carbono de un material compuesto con el fin de someter el material compuesto a una descomposición térmica y controlar la temperatura de la descomposición y de la atmósfera en la cual se produce la descomposición.
- 50 El documento US2006246391 da a conocer un horno de túnel para tratar material carbonáceo en el que un dispositivo de transporte mueve el material carbonáceo a través y a lo largo de la longitud del paso del horno de túnel. Se controla la temperatura y se controla la atmósfera para evitar la oxidación del material carbonáceo. Se

mantiene la atmósfera tenue de tal manera que los quemadores consumen todo el oxígeno.

El documento DE2810043 da a conocer un horno para reciclar material compuesto de fibra de carbono en un horno que tiene un transportador y un medio para controlar la atmósfera.

- 5 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de reciclar material compuesto que comprende fibras de carbono y una resina, teniendo el procedimiento todas las características de la reivindicación 1.

El procedimiento puede comprender:

proporcionar un horno que comprende al menos una porción de calentamiento;

proporcionar un transportador para transportar el material compuesto a través del horno;

- 10 introducir el material compuesto en el transportador; eliminando la resina en la porción de calentamiento del horno por medio de descomposición química a una primera temperatura, con la generación de humos resultante;

en el que los humos generados se eliminan de la porción de calentamiento de una manera controlada, de tal manera que se controla la composición en la atmósfera en la porción de calentamiento.

- 15 Se proporciona específicamente un procedimiento de reciclado de material compuesto que comprende fibras de carbono y una resina, comprendiendo el procedimiento:

proporcionar un horno que comprende al menos una porción de calentamiento;

proporcionar un transportador para transportar el material compuesto a través del horno;

introducir el material compuesto en el transportador y transportar el material compuesto a través del horno;

- 20 detectar un porcentaje de oxígeno en una atmósfera en la porción de calentamiento cuando el material compuesto ha entrado en esta porción; y

eliminar la resina del material compuesto a medida que recorre la porción de calentamiento del horno en el transportador, por medio de descomposición química a una primera temperatura, con la generación de humos resultante;

- 25 en el que los humos generados se eliminan de la porción de calentamiento de una manera controlada, de tal manera que se controla el porcentaje de oxígeno en la atmósfera.

Preferiblemente, la porción de calentamiento del horno tiene una atmósfera que comprende aire y el humo generado. Los humos (o humo) generados se eliminan de la atmósfera en la porción de calentamiento de una manera controlada de tal manera que el porcentaje de oxígeno dentro de la atmósfera de la porción de calentamiento es suficientemente elevado de tal manera que apoya la descomposición y la combustión de la resina pero es suficientemente bajo para minimizar o evitar la combustión de la fibra de carbono.

- 30 Preferiblemente, la descomposición química en la porción de calentamiento se produce al menos parcialmente por medio de un frente de llama sobre la superficie del material compuesto. El frente de llama puede estar presente a lo largo de la anchura del material compuesto a medida que pasa a través del horno en el transportador.

- 35 El horno puede tener una o más zonas de temperatura. Se entenderá que se puede variar la temperatura de cada zona. Uno o más elementos de calentamiento en una zona de calentamiento primario pueden conducir al material compuesto a una primera temperatura a la cual se puede producir la descomposición y la combustión del material de la resina. Pueden estar presentes opcionalmente elementos de calentamiento adicionales en zonas de calentamiento posteriores para calentar el material compuesto a una temperatura deseada o para mantener el material compuesto a una temperatura deseada.

- 40 Se pueden seleccionar los elementos de calentamiento a partir de elementos de calentamiento eléctricos o por medio de gas, pero se puede considerar cualquier elemento para el suministro de calor.

A medida que el material compuesto alcanza la primera temperatura, se produce la descomposición y la combustión. El humo que se genera se eleva en la atmósfera del horno. El humo generado puede reducir el porcentaje de oxígeno presente en la atmósfera.

- 45 Preferiblemente, el humo reacciona con el oxígeno presente en la atmósfera para quemarse adicionalmente esta reacción es fuertemente exotérmica. Se puede usar esta reacción exotérmica, sola o en combinación con uno o

más elementos de calentamiento, para calentar el material compuesto a una temperatura deseada o para mantener el material compuesto a una temperatura deseada.

Es deseable además ser capaces de medir la relación de oxígeno a humo en la atmósfera y mantener esta relación en un intervalo que apoye la descomposición de la resina y la combustión de al menos alguno de los humos generados. Es deseable mantener la relación de oxígeno a humo con el fin de asegurar que existe suficiente oxígeno para permitir la combustión de los productos de descomposición del humo y para permitir la combustión del hollín de la fibra de carbono. Es particularmente deseable vigilar y controlar la relación oxígeno/humo en la primera y segunda zonas de calentamiento.

Se puede generar un frente de llama sobre la superficie del material compuesto después que el material compuesto alcanza la primera temperatura. Ventajosamente, se puede controlar el tamaño del frente de llama controlando el porcentaje de oxígeno en la atmósfera. En particular, se puede controlar que la dimensión del frente de llama en la dirección del recorrido del material compuesto o la anchura del frente de llama sea de 20 cm o menos, y más preferiblemente, sea de 10 cm o menos, tal como de 1 a 9 cm por ejemplo, de 2 a 8 cm, por ejemplo, de 3 a 7 cm, controlando el porcentaje de oxígeno en la atmósfera.

Es una característica conocida de los procedimientos más iniciales que la presencia de cualquier oxígeno en el interior de un horno puede conducir a la combustión y potencialmente al riesgo de una explosión. De acuerdo con esto existe, hasta la fecha, un modo de pensar que asegure que se purgue la atmósfera y que se use una atmósfera inerte, de tal manera que no se produzca la combustión de la resina en el horno.

En contraste, la presente invención detecta y controla el oxígeno en la atmósfera en la porción de calentamiento del horno. Tal como se discute con más detalle a continuación, se puede usar adecuadamente una combinación de los humos y el aire generados en la atmósfera en la porción de calentamiento del horno para asegurar que está presente el oxígeno suficiente, por ejemplo, entre 1% (v/v) y hasta 16% (v/v), tal como entre 1% (v/v) y hasta 10% (v/v).

Se prefiere que el transportador transporte el material compuesto a través del horno de una manera sustancialmente lineal. Tal como se discute a continuación con más detalle, es ventajoso mover el material compuesto de una manera lineal, en lugar de hacerlo pasar por codos, o voltearlo o rotarlo o triturarlo.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un horno para reciclar material compuesto de fibra de carbono que comprende fibra de carbono y un componente de resina, teniendo el horno todas las características de la reivindicación 11.

El horno comprende una porción de calentamiento para calentar el material a una primera temperatura con el fin de eliminar la resina por medio de descomposición química con la generación de humos resultante, y un transportador para transportar el material compuesto a través de la porción de calentamiento, en el que la porción de calentamiento comprende un medio de detección y un controlador para controlar un porcentaje de oxígeno en la atmósfera en la porción de calentamiento controlando la eliminación de los humos generados procedentes de la porción de calentamiento.

El controlador controla una velocidad de extracción del humo en respuesta al porcentaje de oxígeno en la atmósfera de la porción de calentamiento del horno.

Preferiblemente, el horno comprende además una porción de carga. Se proporciona una entrada entre la porción de carga y la porción de calentamiento. La entrada es preferiblemente de dimensiones restringidas con respecto a las dimensiones de la porción de calentamiento. La entrada puede ser al menos parcialmente sellable con el fin de proporcionar una apertura variable. Puede ser deseable ser capaces de variar las dimensiones de la apertura de la entrada para controlar el ingreso de aire de la porción de calentamiento. Preferiblemente, el horno comprende además una porción de enfriamiento. La porción de enfriamiento puede tener también dimensiones restringidas con respecto a la porción de calentamiento. Puede ingresar aire preferiblemente desde la porción de calentamiento a la porción de enfriamiento.

En una forma de realización preferida no es necesario proporcionar ventiladores, soplantes, bombas u otro equipo de desplazamiento positivo del aire para mover el aire hasta la porción de calentamiento. Preferiblemente, la eliminación del humo crea una impulsión natural. En una forma de realización particularmente preferida, se elimina el humo desde la porción de calentamiento a una unidad de abatimiento y la impulsión desde la unidad de abatimiento es suficiente para impulsar el aire en la porción de calentamiento.

La eliminación adecuada del humo es mediante venteos u otras aperturas. La convección natural ayuda al movimiento del humo hasta y a través de los venteos. Se puede controlar el tamaño de los venteos para controlar la eliminación de los humos procedentes de la atmósfera del horno. Se puede controlar el lapso de tiempo que los

venteos están abiertos para controlar la eliminación de los humos procedentes de la atmósfera del horno. Se proporcionan a continuación más detalles con respecto a los venteos.

- 5 En una forma de realización, la porción de calentamiento del horno tiene una atmósfera que está constituida esencialmente por, o constituida completamente por el aire y los humos generados. Sin embargo, en una forma de realización alternativa, pueden estar presentes en la atmósfera gases adicionales. Por ejemplo, pueden estar presentes en la atmósfera gases inertes tales como nitrógeno o argón. Preferiblemente, dichos gases adicionales están presentes a un nivel del 10% (v/v) o menos, tal como 5% (v/v) o menos, por ejemplo, 2% (v/v) o menos. En una forma de realización, están presentes diferentes gases que el aire y los humos generados a un nivel de entre 0 a 10% (v/v), tal como entre 0 y 5% (v/v), por ejemplo, entre 0 y 2% (v/v).
- 10 La porción de calentamiento o la primera porción del horno puede comprender un túnel de calentamiento por etapas. Esta porción puede disponerse en construcciones alternativas. La forma de esta porción puede no ser una forma por etapas sino disposiciones alternativas en las que se puede controlar adecuadamente la atmósfera sobre el transportador que se puede utilizar. En una forma de realización preferida, esta porción tiene una altura constante.
- 15 La primera temperatura, a la cual la resina se elimina por medio de descomposición química, puede ser adecuadamente desde 200°C a 600°C, y preferiblemente desde 300°C a 500°C, tal como entre 400°C a 500°C. Un intervalo más preferido es desde 425°C a 475°C o la temperatura puede mantenerse a 500°C.
- A esta temperatura se destruyen los componentes de la resina del material compuesto y se eliminan mediante combustión las fibras de carbono en el humo gaseoso. El producto de humo gaseoso de esta descomposición contiene relativamente poco oxígeno. Los niveles normales de oxígeno en los humos son de 1% a 5% v/v.
- 20 En una forma de realización, la primera o la porción de calentamiento del horno se dispone de tal manera que el humo se retiene inicialmente en la primera porción, reduciendo la proporción de oxígeno presente en la atmósfera de esta primera porción de calentamiento y evitando o reduciendo la posibilidad de oxidación de las fibras de carbono y apoyando la descomposición del componente de la resina más bien que su combustión.
- 25 Es deseable en último extremo lavar el humo de la primera porción de calentamiento pero también es deseable mantener suficiente humo dentro de la primera porción de calentamiento para minimizar la oxidación de la fibra de carbono. De acuerdo con esto, es importante para la invención la eliminación controlada del humo.
- Lo más preferible, la eliminación/extracción del humo se controla mediante el uso de una presión de entre -5 a +5 mbar (-500 a + 500 Pa), preferiblemente entre -2 y +2 mbar (-200 a + 200 Pa) y más preferiblemente entre -2 y -1 mbar (-200 a - 100 Pa). En una forma de realización preferida, la presión es -1 mbar (-100 Pa).
- 30 En una forma de realización, la destrucción de los componentes de la resina se realiza por medio de la pirolisis de estos componentes. En la verdadera pirolisis, no está presente el oxígeno. En particular, en la verdadera pirolisis, la descomposición química es prácticamente mediante calor. De acuerdo con esto, no se producen prácticamente reacciones por la presencia de otros componentes; por ejemplo, un catalizador u oxígeno.
- 35 De acuerdo con esto, en una forma de realización, la descomposición en la primera porción de calentamiento del horno se lleva a cabo en presencia de prácticamente nada de oxígeno.
- Sin embargo, en una forma de realización preferida, la descomposición se realiza en presencia de bajas cantidades de oxígeno en la atmósfera de la porción de calentamiento.
- 40 En dichas formas de realización, están presentes menos de las cantidades estequiométricas de oxígeno, con el fin de conseguir la descomposición química. En otras palabras, la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera de la primera porción de calentamiento del horno puede ser del 90% o menos de la cantidad requerida para la combustión, tal como 80% o menos, 70% o menos, o 60% o menos.
- En una forma de realización, el oxígeno está presente en una cantidad del 50% de la estequiométrica o menos, tal como un 40% de la estequiométrica o menos, por ejemplo, 25% de la estequiométrica o menos, tal como un 10% de la estequiométrica o menos.
- 45 Preferiblemente, la descomposición de la resina en la primera porción de calentamiento del horno se lleva a cabo en presencia de oxígeno en una cantidad de entre 0,5 a 90% de la estequiométrica, por ejemplo, de 1,5 a 50% de la estequiométrica, tal como de 2 a 40% de la estequiométrica, por ejemplo, de 5 a 25% de la estequiométrica.
- 50 En la fabricación de la fibra de carbono, tal como en el reciclado, se desea también evitar la oxidación de las fibras de carbono y esto se ha conseguido convencionalmente mediante el uso de una atmósfera inerte sobre las fibras de carbono. Normalmente, la atmósfera inerte puede ser nitrógeno, aunque se pueden usar otros gases inertes. El

uso de nitrógeno añade complejidad y coste al procedimiento. Se han llevado a cabo algunos intentos a pequeña escala para reciclar fibra de carbono y todos ellos han usado nitrógeno como atmósfera inerte para evitar la oxidación de la fibra de carbono y para permitir que se produzca la descomposición del componente de la resina.

5 En contraste, la presente invención utiliza un horno abierto y controla un flujo de humo hacia el exterior del horno y por tanto, el porcentaje de oxígeno en la atmósfera para reducir la oxidación del carbono. Esto es más sencillo y más fácil de controlar.

10 En la presente invención, la proporción de oxígeno en la atmósfera en la primera porción del horno se controla preferiblemente a menos de 16% (v/v), por ejemplo, entre 1% (v/v) y hasta 16% (v/v). Por ejemplo, puede controlarse a menos de 10% (v/v), por ejemplo, entre 1% (v/v) y hasta 10% (v/v). En una forma de realización, la proporción de oxígeno en la atmósfera en la primera porción del horno se controla a menos de 5% (v/v), por ejemplo, entre 1% (v/v) y hasta 5% (v/v). En una forma de realización más preferida, el porcentaje de oxígeno es de menos de 5% (v/v) pero mayor de 1% (v/v).

15 En una forma de realización, la proporción de oxígeno en la atmósfera en la primera porción del horno puede controlarse de tal manera que esté entre 2 y hasta 16% (v/v), por ejemplo, entre 2% y 10% (v/v), tal como entre 2 y 5% (v/v).

En una forma de realización, la proporción de oxígeno en la atmósfera en la primera porción del horno puede controlarse de tal manera que esté entre 3 y hasta 16% (v/v), por ejemplo, entre 3% y 10% (v/v), tal como entre 3 y 5% (v/v).

20 La proporción exacta de oxígeno seleccionado dependerá de las condiciones locales y del material que se está procesando, como apreciaría una persona experta.

En una forma de realización, la proporción de oxígeno en la atmósfera en la primera porción del horno se controla para ser prácticamente constante en toda la atmósfera del horno, a medida que el material compuesto pasa a través del horno. Por ejemplo, se puede controlar la proporción de oxígeno de tal manera que varíe en un 3% (v/v) o menos, a medida que el material compuesto pasa a través del horno, tal como en un 2% (v/v) o menos, preferiblemente en un 1% (v/v) o menos, por ejemplo, en un 0,5% (v/v) o menos.

25 Se entenderá que cuando el horno se pone en marcha, puede no producirse la descomposición del componente de resina mientras que no exista suficiente humo para controlar la atmósfera y proporcionar un entorno adecuado con poco oxígeno. Sin embargo, se entenderá que en una forma de realización preferida, la resina se descompone muy rápidamente y produce grandes cantidades de gases o humos descompuestos que proporcionan una atmósfera reductora. Se puede conseguir esto en unos pocos segundos de una primera carga de un material de fibra de carbono que entra en la primera porción de calentamiento.

30 Se ha encontrado que la fibra de carbono reciclada regenerada usando el procedimiento de la invención tiene propiedades deseables. Se ha encontrado, por ejemplo, que la fibra de carbono reciclada tiene propiedades de adhesión mejoradas en comparación con la fibra de carbono virgen. Se ha encontrado también que las propiedades eléctricas cambian en el procedimiento de reciclado y puede aumentarse significativamente la conductividad.

35 Preferiblemente, el humo eliminado de la primera porción de calentamiento se dirige a quemadores externos localizados adyacentes a la primera porción. Los quemadores externos pueden funcionar a mucha mayor temperatura que la de la primera porción. Normalmente, se puede usar una temperatura de 1000 a 1500°C, tal como de 1100 a 1300°C, por ejemplo en la zona de los 1200°C. Los quemadores externos pueden por tanto, adicionalmente, quemar el humo.

40 Preferiblemente, los gases residuales liberados después que los quemadores externos han quemado el humo son transparentes. Se puede incorporar un tratamiento adicional de los gases residuales con el fin de reducir cualquier impacto ecológico del procedimiento de reciclado de las fibras de carbono. Se puede condensar también el humo con el fin de obtener un bajo grado de combustible. Alternativamente, se puede volver a craquear el humo a los polímeros originales presentes en el humo. Se pueden usar estos polímeros en otras aplicaciones tales como en adhesivos. Se puede llevar a cabo la condensación del craqueado del humo por medios y procedimientos convencionales.

45 En una forma de realización preferida, el humo se trata en una unidad de abatimiento y los gases residuales se liberan a la atmósfera por medio de chimeneas. Estas pueden ser parte de la unidad de abatimiento o pueden estar separadas de la unidad de abatimiento. Es también deseable integrar la unidad de abatimiento con el horno para facilitar la transferencia de energía entre el horno y la unidad de abatimiento y reducir de esta manera la energía total requerida para suministrar al horno.

Preferiblemente, el transportador comprende un transportador lineal. E particular, el transportador adecuado es prácticamente lineal a lo largo de su longitud que pasa a través del horno. En una forma de realización preferida, el transportador es prácticamente lineal a lo largo de su longitud completa.

Un transportador lineal está particularmente bien adaptado a transportar el material compuesto de tal manera que el material no gire o se aplaste en el tránsito a través del horno. Puede ser deseable asegurar que el material compuesto no se dañe o aplaste a través del horno. Se sabe que una importante calidad de la fibra de carbono se conoce como "calidad cosmética" y el uso de un transportador lineal proporciona un producto con calidades estéticas mejoradas. Adicionalmente, si la fibra de carbono se daña a continuación, los defectos de la superficie resultante pueden ser perjudiciales para la resistencia a la tracción de la fibra de carbono. Una ventaja de usar un transportador lineal es que se puede colocar el material compuesto en el transportador y a continuación moverse a través del horno mediante el transportador con movimiento lineal. El material compuesto no gira o se aplasta en el movimiento a través del horno ni se viene abajo. De acuerdo con esto, el material compuesto reciclado contiene fibras de carbono limpias y sin dañar tras pasar a través del horno.

Una ventaja adicional de esta invención se refiere al reciclado de los materiales compuestos que están formados por láminas laminares. Estas pueden ser láminas de fibras de carbono únicamente, o pueden contener también láminas de material adicional tal como láminas de fibras de vidrio reforzadas o de fibra metálica. Debido al hecho de que se puede transportar la pieza completa de material compuesto a través del horno sin precortarse en pequeñas piezas, y que puede recorrer o sin venirse abajo el horno, el material compuesto se deslaminar limpiamente en capas de láminas en la porción de calentamiento del horno. Esto significa que el o cada lámina de material adicional se puede eliminar mediante levantamiento, deslizamiento o impulsión de la lámina fuera del material compuesto deslaminado. De acuerdo con esto, se pueden extraer fácilmente metales y otros materiales procedentes del material compuesto después de que el material sale del horno.

En una forma de realización preferida, el material compuesto se carga sobre un transportador que comprende un mecanismo de alimentación continua que se va a transportar a través del túnel de calentamiento. Preferiblemente, la alimentación continua es una cinta continua y se puede fabricar la cinta de acero o de otro material duradero resistente al calor.

La cinta recorre la primera porción. Durante un periodo de tiempo, o tiempo de residencia, se puede variar el consumo en la primera porción controlando la velocidad del movimiento de la cinta. Se puede seleccionar una velocidad de movimiento predeterminada. Se puede seleccionar la velocidad de movimiento de acuerdo con la temperatura de la primera porción y/o se puede reciclar el material. Preferiblemente, la velocidad de recorrido de la cinta se controla por medio del controlador. Puede ser deseable ser capaces de variar la velocidad de movimiento de la cinta durante el procedimiento de reciclado. Dicha variación puede ser en respuesta a señales de salida procedentes de los medidores de oxígeno y/o de los sensores de temperatura. Ejemplos de velocidades que se pueden usar para la cinta son 2m/min o superiores, por ejemplo, de 2 a 8m/min, tal como de 3m/min o superior, por ejemplo, de 3 a 6m/min. En una forma de realización se puede usar una velocidad de aproximadamente 4m/min.

Se puede disponer la cinta para transportar pequeñas cantidades de material. Puede ser también adecuada para transportar elementos más grandes, tales como mangos de palos de golf, o cilindros de fibra de carbono tejida. Otros elementos más grandes pueden incluir los mencionados elementos como bicicletas, paneles de coches de carreras, que incluyen paneles de coches de F1, e incluso secciones de un ala de avión.

Se prefiere que los materiales compuestos que se van a reciclar tengan menos de 2 m de anchura y menos de 0,25 m de altura. Un intervalo más preferido es que los materiales tengan menos de 1,5 m de anchura y menos de 0,2 m de altura. Sin embargo, estos tamaños máximos preferidos son el resultado de una apertura de entrada en el túnel de calentamiento preferido y alternativamente de las primeras porciones de calentamiento de mayor tamaño y capaces de funcionar con elementos más grandes de material más grandes que se puede prever fácilmente que se van a reciclar. La persona experta apreciará que la altura y la anchura de un elemento dependerán de su orientación y de que un elemento que está en una orientación que no se ajuste a estas dimensiones pueda ser capaz de girar a otra orientación con el fin de ajustarse a estas dimensiones. Estos tamaños preferidos son el resultado de las dimensiones del túnel de calentamiento preferido y la persona experta entenderá que se pueden variar las dimensiones. Se prevé que se podría fabricar un túnel de calentamiento alternativo con dimensiones alternativas en las que la altura fuera más cercana a la anchura. Sin embargo, se ha encontrado que es importante el control de las dimensiones de la apertura. En una forma de realización preferida se ha encontrado que es más fácil para controlar un perfil de calentamiento dentro de la porción de calentamiento la apertura más estrecha. Alternativamente, la garganta o apertura puede ser ajustable para permitir que entre un elemento más grande en la porción de calentamiento y a continuación, la apertura se puede cerrar parcial o completamente.

Se puede variar el grosor de los materiales compuestos que se van a reciclar. El grosor de los materiales compuestos puede afectar el agotamiento del tiempo de residencia ideal en el horno. En general, cuanto mayor sea

e l grosor de un elemento mayor será el tiempo de residencia.

Se entenderá que no existe límite en la longitud de un elemento que se va a reciclar debido a que el procedimiento es continuo. Sin embargo, es preferible cortar los elementos en longitudes manejables con el fin de facilitar la manipulación del material que se va a reciclar. Una longitud típica puede estar en la zona de 2 m.

- 5 Es una ventaja concreta del procedimiento que se requiere poco o ningún pretratamiento. El material que se va a reciclar no se tiene que tratar químicamente, o reducirse a pequeños tamaños mediante trituración, corte o molienda. Esto es en parte debido a que las dimensiones de la apertura permiten el paso de elementos más grandes en el horno.
- 10 En una forma de realización, los materiales compuestos que se van a reciclar únicamente se cortan o se pretratan de otra forma para reducir su tamaño si tienen 1 m de anchura o más y/o 0,1 m de altura o más. En una forma de realización preferida, los materiales compuestos que se van a reciclar únicamente se cortan o se pretratan de otra forma si tienen 1,5 m de anchura o más y/o 0,2 m de altura o más. En una forma de realización, los materiales compuestos que se van a reciclar únicamente se cortan o se pretratan de otra forma para reducir su tamaño si tienen 2 m de anchura o más y/o 0,25 m de altura o más.
- 15 Preferiblemente, el procedimiento se hace funcionar en continuo y el material se puede cargar continuamente sobre la cinta y pasarse en la primera porción de calentamiento. Una ventaja de esto es que no es necesario almacenar material preparatorio para procesar un lote de material. Es también ventajoso el funcionamiento en continuo de la primera porción de calentamiento. En concreto, el funcionamiento en continuo de la primera porción de calentamiento permite que se alimente el material compuesto en el horno a una velocidad deseada dependiente de los materiales disponibles. El mantenimiento de una temperatura continua es más eficiente energéticamente. Además, la ciclación del calor en el horno es ineficiente y puede ser perjudicial para el tejido del horno, lo que conduce a un ciclo de vida reducido. Se entenderá que es posible el procesamiento discontinuo del material aunque no se prefiere. Se ha encontrado que es comercialmente indeseable en el momento actual.
- 20 Se puede proporcionar una segunda porción de calentamiento del horno que puede funcionar preferiblemente a una mayor temperatura que la primera porción de calentamiento del horno.
- 25 En una forma de realización preferida del procedimiento, después que se ha eliminado la resina en la primera porción de calentamiento del horno, se calienta el material restante en una segunda porción de calentamiento que funciona a una mayor temperatura que la primera porción del horno.
- 30 Preferiblemente, la segunda porción de calentamiento del horno calienta el material de 500°C a 900°C y más preferiblemente, de 550°C a 800°C. Lo más preferible, la temperatura en la segunda porción es de 500°C a 700°C, preferiblemente de 550°C a 600°C o más preferiblemente de 600°C a 700°C. En un ejemplo del procedimiento, la temperatura de la segunda porción de calentamiento es de 600°C a 650°C, tal como de aproximadamente 620°C.
- 35 Es deseable que la segunda porción del horno funcione a una mayor temperatura que la primera porción del horno. Se prefiere también que la temperatura de la segunda porción no sea demasiado elevada tal como se discutirá adicionalmente a continuación.
- 40 Se puede generar una cantidad mínima de humo adicional en la segunda porción. Cualquier humo adicional se puede canalizar a los quemadores externos o a la unidad de abatimiento y eliminarse mediante combustión o tratarse de otra forma.
- 45 Como la segunda porción de calentamiento funciona preferiblemente a una mayor temperatura que la primera porción se ha encontrado que la segunda porción elimina mediante combustión cualquier hollín formado sobre la fibra en el material.
- 50 El hollín se produce a partir de la descomposición retardada de las resinas en el material compuesto. La descomposición se retrasa debido a un suministro insuficiente de oxígeno. El uso de una atmósfera inerte excluye el oxígeno y por tanto, el hollín es un problema significativo de los procedimientos existentes que utilizan una atmósfera inerte. En el presente procedimiento, sin embargo, no se excluye el oxígeno y de esta manera se produce la descomposición del componente de la resina seguido por la combustión del hollín con el oxígeno presente para formar dióxido de carbono y monóxido de carbono con el fin de reducir la cantidad de hollín restante de las fibras de carbono. Se obtiene de esta manera un producto de mayor calidad.
- 55 La presencia de hollín sobre o entre las fibras de carbono puede ser indeseable debido a que es una impureza y puede afectar las características físicas de las fibras de carbono. Se puede ver el hollín sobre la superficie de las fibras de carbono cuando se observa utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM).

Se ha descubierto sin embargo que puede ser deseable la presencia de hollín para algunas aplicaciones del material de fibra de carbono reciclada, en el que se va a usar material reciclado en una aplicación en la que está implicado carbono activado, por ejemplo, purificación con agua o perlas catalíticas.

5 De acuerdo con esto, es deseable controlar la eliminación del hollín de las fibras de carbono de tal manera que se produzca un producto limpio si se desea esto pero de la misma forma que se produce hollín comprando si se desea el producto.

Se proporciona un procedimiento de reciclado de material compuesto que comprende fibras de carbono y una resina, comprendiendo el procedimiento:

10 proporcionar un horno que comprende I menos una primera porción de calentamiento y una segunda porción de calentamiento;

proporcionar un transportador para transportar el material compuesto a través de la primera porción de calentamiento;

cargar el material compuesto sobre el transportador y transportar el material compuesto a través del horno;

15 detectar un porcentaje de oxígeno en una atmósfera en la primera porción de calentamiento cuando el material compuesto ha entrado en esta porción; y

eliminar la resina en la primera porción de calentamiento a medida que recorre esta porción del horno sobre el transportador, por medio de descomposición química a una primera temperatura. Con la generación de humos resultante;

20 eliminar los humos de la primera porción de calentamiento de una manera controlada, de tal manera que se controle el porcentaje de oxígeno en la atmósfera en la primera porción de calentamiento

transportar el material que se va a reciclar a través de la segunda porción de calentamiento sobre el transportador, después de transportarse a través de la primera porción de calentamiento;

en la que la segunda porción de calentamiento se hace funcionar a una segunda temperatura y la segunda temperatura se selecciona para controlar la eliminación del hollín de las fibras de carbono.

25 La segunda porción del horno funciona principalmente para eliminar el hollín depositado sobre las fibras de carbono en la primera porción del horno. La cantidad de hollín depositado en la primera porción es menor que la cantidad de hollín depositado en los procedimientos llevados a cabo en atmósferas inertes pero puede ser aún deseable eliminar tanto hollín como sea posible. Se ha encontrado que la temperatura más preferida varía de entre 550°C a 600°C, lo que es suficientemente elevado para eliminar cualquier hollín depositado sobre las fibras de carbono sin endurecer el hollín sobre las fibras de carbono. Sin embargo, una temperatura en el intervalo de entre 600°C a 30 650°C puede ser más deseable en algunas formas de realización. Si la temperatura es demasiado elevada las fibras de carbono pueden oxidarse en presencia de calor y oxígeno y esto no se desea.

Es importante controlar el tiempo de residencia del material de fibra de carbono en la segunda porción del horno debido a que si el tiempo de residencia es demasiado largo, las fibras alcanzan una mayor temperatura y se oxidan 35 mientras que si el tiempo de residencia es demasiado corto, el hollín se mantiene sobre las fibras. Preferiblemente, el tiempo de residencia está en la zona de los 5 minutos. El grosor del material puede afectar el tiempo de residencia deseado en la segunda porción y un elemento más grueso puede requerir un tiempo de residencia más largo. En general, se ha encontrado que un tiempo de residencia adecuado es de 1 min a 10 min, tal como de 2 min a 8 min, preferiblemente de 3 min a 7 min, siendo un tiempo de preferencia más preferido de 4 min a 6 min. Si el 40 tiempo de residencia es demasiado grande, entonces las fibras de carbono se oxidarán.

Se apreciará que si parte o todo el hollín se va a retener sobre las fibras, se puede reducir la temperatura de la segunda porción de calentamiento o se puede acortar el tiempo de residencia. Es deseable que el controlador pueda controlar la variable de tiempo de residencia y la temperatura con el fin de controlar una cantidad de hollín sobre las fibras de carbono después que se ha completado el reciclado del material compuesto. Alternativamente, o 45 en adición, se puede controlar el contenido de oxígeno en la atmósfera de tal manera que se produzca la combustión incompleta de la resina o la descomposición de los productos de la resina y que se deposite una mayor proporción sobre las fibras de carbono.

Preferiblemente, la atmósfera en la segunda porción de calentamiento es prácticamente transparente y la relación de oxígeno en la atmósfera es prácticamente la misma. Puede no ser necesario controlar la atmósfera en la 50 segunda porción de calentamiento del horno, Puede verse como se quema la fibra de carbono con una pequeña

llama azul próxima a la superficie de las fibras de carbono a medida que el hollín se elimina mediante combustión de las fibras.

Se puede denominar el procedimiento de eliminación del hollín como “pulido” o de mejora, y da como resultado fibras que tienen una superficie más uniforme con menos materia adherida.

- 5 Preferiblemente, el procedimiento incluye una etapa, tras la etapa o etapas de calentamiento, en la que se enfría el material reciclado, por ejemplo, mediante el uso de agua. Se puede llevar a cabo esta etapa en una tercera porción de enfriamiento del horno. E una forma de realización preferida, la tercera porción de enfriamiento es agua enfriada. Se puede enfriar el material durante un periodo de alrededor de 15 minutos antes de recogerse en receptáculos. Normalmente, la sección del agua enfriada se lleva a cabo usando una sección de enfriamiento mediante camisa.
- 10 El procedimiento de enfriamiento es completamente convencional.

Preferiblemente, se disponen los receptáculos para recibir una salida continua de material reciclado desde la tercera porción de enfriamiento.

Preferiblemente, los receptáculos se usan para mover el material reciclado a un molino en el que el material se puede cortar o moler de una manera convencional.

- 15 Se puede proporcionar una primera y/o una segunda zona de calentamiento tampón. Se puede proporcionar la primera zona tampón antes de la primera porción de calentamiento. La primera zona tampón puede funcionar a una temperatura de alrededor de 200 a 400°C. En una forma de realización puede ser de 200 a 300°C. En otra forma de realización puede ser alrededor de 400°C. Se puede variar la temperatura exacta a la cual funciona la primera zona tampón pero está preferiblemente por debajo de la temperatura de la primera zona de calentamiento. La temperatura es preferiblemente suficientemente baja de tal manera que no se produzcan gases de escape del componente de la resina en la zona tampón pero que el material se precaliente antes de entrar en la primera porción de calentamiento y que se retenga el calor en la primera porción de calentamiento.
- 20

- En una forma de realización preferida, la segunda zona tampón se mantiene también a una temperatura de alrededor de 200 a 400°C. En una forma de realización, puede ser de 200 a 300°C. En otra forma de realización puede ser de alrededor de 400°C. En una forma de realización preferida la segunda zona tampón se localiza entre la segunda porción de calentamiento y la tercera porción del horno en la cual se produce el enfriamiento del material. De nuevo, la zona tampón se hace funcionar de tal manera que retiene el calor en el interior de la primera y segunda zonas de calentamiento aumenta la eficiencia global del horno.
- 25

- En una forma de realización preferida, la cinta funciona continuamente a través del horno y se mueve a una velocidad prácticamente constante. Se puede prever, sin embargo, que se podría usar más de una cinta y se puede transferir material de una cinta a otra. Si se usan cintas separadas, entonces cada cinta puede avanzar a una diferente velocidad en cada una de las porciones de tal manera que se puede variar y controlar individualmente el tiempo de residencia en cada porción.
- 30

- Se puede moler el material reciclado a entre 50 a 500 micrómetros y preferiblemente entre 100 y 400 micrómetros, y lo más preferible entre 200 y 300 micrómetros, o se puede cortar en longitudes de 1 a 250 mm o preferiblemente de 2 a 200 mm, y lo más preferible, de 3 a 150 mm. Se pueden seleccionar longitudes alternativas por encima o por debajo de este intervalo. Se pueden seleccionar longitudes alternativas dependiendo del uso que se va a hacer de las fibras de carbono. Las longitudes precisas seleccionadas pueden variar dependiendo del equipo de corte.
- 35

- Alternativamente, se puede reutilizar el material reciclado sin corte o molienda. Se ha hecho ya referencia anteriormente a la separación del material compuesto laminado que se deslaminado en la porción de calentamiento. Actualmente se prevé que la separación del material deslaminado se llevará a cabo manualmente, pero se apreciará que puede ser automatizada.
- 40

- La reutilización sin corte o molienda es particularmente adecuada para reciclar el material tal como en tejidos preimpregnados en forma de rollos. Estos materiales pueden requerir reciclado debido a que la resina ya no está “en fecha”, pero usando el procedimiento descrito, se pueden volver a reutilizar los rollos con una resina reciente sin comprometer la estructura tejida del material de fibra de carbono.
- 45

- Un procedimiento de reciclar material compuesto de fibra de carbono que comprende fibra de carbono y un componente de resina puede comprender el calentamiento del material compuesto en un horno abierto de tal manera que el componente de la resina experimenta la descomposición térmica con la generación de humos resultante, proporcionando a la vez una atmósfera en el horno en la que se controla un porcentaje de oxígeno en la atmósfera mediante el control de la eliminación de los humos generados de tal manera que la descomposición térmica es prácticamente completa pero se reduce o evita la oxidación de las fibras de carbono.
- 50

Preferiblemente, se proporciona un controlador que controla la eliminación del humo procedente del horno, conectándose el controlador a un sensor adaptado a medir el nivel de oxígeno en la atmósfera.

Preferiblemente, el sensor comprende medios para vigilar la proporción de oxígeno en la atmósfera dentro de un intervalo predeterminado. Se pueden disponer los sensores para muestrear y medir el porcentaje de oxígeno en la atmósfera a intervalos predeterminados. Se puede muestrear, por ejemplo, el porcentaje de oxígeno y medirse cada 30 segundos o cada minuto. Alternativamente, los sensores pueden muestrear el porcentaje de oxígeno en la atmósfera continuamente.

Puede ser deseable configurar cada sensor independientemente. De esta manera, uno o más sensores pueden muestrear la atmósfera continuamente, aunque pueden configurarse uno o más sensores para muestrear la atmósfera a intervalos regulares, por ejemplo, cada 10 segundos o cada 30 segundos. Igualmente, se pueden configurar numerosos sensores para muestrear la atmósfera a intervalos regulares, configurándose cada sensor independientemente en términos del intervalo, por ejemplo, puede configurarse un sensor para muestrear la atmósfera cada 10 segundos mientras que el otro se configura para muestrear cada 30 segundos o cada minuto.

El periodo de muestreo puede variar con la localización del sensor. Puede ser deseable muestrear la atmósfera en la primera porción de calentamiento continuamente mientras los sensores en la segunda zona de calentamiento muestrean periódicamente, por ejemplo, cada 5, 10, 20 o 30 segundos. Los sensores en las zonas tampón pueden muestrear periódicamente pero en un periodo más largo entre muestras, por ejemplo, cada 20, 30 o 60 segundos.

Preferiblemente, el controlador controla una velocidad de extracción de los humos en respuesta al porcentaje de oxígeno en la atmósfera de la porción de calentamiento.

Preferiblemente, se mantiene la proporción de oxígeno en la atmósfera dentro de un intervalo predeterminado aumentando o disminuyendo un flujo de salida del humo generado fuera de la porción de calentamiento según se requiera.

Se pueden proporcionar uno o más venteos. El o cada venteo se puede controlar eléctricamente para abrirse a un grado preseleccionado. El grado de apertura puede ser entre 0% y 100% en respuesta a una salida desde el controlador. Se proporciona preferiblemente más de un venteo en la primera sección de calentamiento ventajosamente, se pueden proporcionar uno o más venteos en cada una de las zonas de calentamiento. Se prefiere que cada venteo tenga un mecanismo de control manual. Se pueden abrir y cerrar los venteos en respuesta a las señales de salida del controlador. El controlador puede seleccionar un grado de apertura y un periodo de apertura para el o cada venteo. Se puede variar el periodo de apertura en respuesta a las señales de medida del contenido de oxígeno atmosférico procedentes de o cada medidor de oxígeno. En un horno que tiene más de un venteo, cada venteo puede funcionar independientemente del otro en respuesta a las señales procedentes del controlador.

Se puede proporcionar también un sensor de temperatura para vigilar la temperatura alcanzada en el túnel de calentamiento. Se puede variar la temperatura en proporción a una velocidad del recorrido del transportador. Preferiblemente, un tiempo de residencia del material compuesto en el túnel de calentamiento es de 3 a 15 minutos y es preferiblemente de 5 a 12 minutos. Los tiempos de residencia particularmente preferidos son de 6 minutos y de 12 minutos.

En una forma de realización, el tiempo de residencia es de 12 minutos o menos, tal como de 10 minutos o menos, por ejemplo, de 1 a 10 minutos, tal como de 5 a 10 minutos.

Se puede reducir el tiempo de residencia si se aumenta la temperatura. Alternativamente si la temperatura es menor, se puede aumentar el tiempo de residencia para asegurar que un componente de la resina del material compuesto se elimina mediante combustión. El tiempo de residencia es significativamente más corto que el tiempo de residencia de los procedimientos conocidos.

En un sistema pirolítico verdadero no se puede producir la oxidación del carbono, pero en la presente invención, está presente una proporción de oxígeno en la atmósfera de la primera porción del horno, y por tanto, se producirá alguna oxidación de las fibras de carbono. De esta manera, en el control de la descomposición del componente de la resina deben considerarse la temperatura y el tiempo de residencia a la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, se puede reducir el tiempo de residencia con el fin de reducir la oxidación no deseada de las fibras de carbono.

En la presente invención, debido al hecho de que los humos están en combustión, lo que produce calor debido a la reacción exotérmica, se puede reducir el tiempo de residencia a tiempos significativamente inferiores a los que se habrían previsto, por ejemplo 15 minutos o menos, tal como 12 minutos o menos. Teniendo una velocidad más rápida de recorrido/inferior del tiempo de residencia, el riesgo de situación fuera de control/explosión exotérmica se

reduce, así como se evita prácticamente la oxidación de las fibras de carbono.

Elevadas velocidades/bajos tiempos de residencia se hacen posibles, en particular, mediante el uso de un transportador lineal. Si se usaran bajas velocidades sin un transportador lineal, el riesgo de daño de las fibras podría aumentar significativamente.

- 5 Aunque en una forma de realización preferida se produjo el flujo de gases creando únicamente un tiro natural, en una forma de realización alternativa se puede proporcionar un motor fluido para controlar el flujo de gases a través del túnel como al menos parte del controlador para controlar la atmósfera en la primera porción de calentamiento. Este puede comprender uno o más ventiladores o bombas. Se puede proporcionar una válvula de compuerta motorizada junto con medios para impulsar el humo de la primera porción de calentamiento. Se puede controlar el caudal de gases que pasa a través de la válvula de compuerta tal como se ha descrito anteriormente.

- 10 Tal como se ha descrito anteriormente, se puede proporcionar un medidor de oxígeno para medir el porcentaje de oxígeno en la atmósfera. Preferiblemente, el medidor de oxígeno se localiza adyacente a la entrada de la segunda zona, siendo la primera zona de calentamiento. Este es un punto en el cual se produce la combustión y se desarrolla el humo. Se puede variar la velocidad de retirada del humo dependiendo de la fracción volumétrica de la resina del material compuesto que se está procesando. La fracción volumétrica de la resina es parte de la SMDS que se suministrará con el material. Se vigilará la extracción mediante el medidor de oxígeno y el ventilador extractor se controla dependiendo de los niveles de oxígeno.

En otra forma de realización se puede proporcionar un medidor de oxígeno para medir el porcentaje de oxígeno en la atmósfera que se localiza hacia la parte intermedia de la segunda zona.

- 20 Puede ser que se proporcione más de un medidor de oxígeno para medir el porcentaje de oxígeno en la atmósfera, por ejemplo, puede haber dos, tres, cuatro o más medidores.

En una forma de realización, hay cuatro medidores, uno en cada zona.

- 25 Es deseable que algunos parámetros tales como la temperatura del horno y el tiempo de residencia del material en cada porción del horno se preseleccionen antes de introducir el material compuesto sobre el transportador. Esto se puede llevar a cabo si se suministra la MSDS con el material. Se entenderá que esta información puede no estar siempre disponible en cuyo caso se puede realizar una "mejor estimación" de los parámetros apropiados. Se llevó a cabo periódicamente la medida del contenido de oxígeno y la temperatura periódicamente y se controló el porcentaje de oxígeno en la atmósfera para mantener el contenido de oxígeno a o por debajo del 16% (v/v) abriendo y cerrando los venteos.

- 30 Es deseable que se mantenga una presión diferencial entre un primer extremo de la primera porción de calentamiento y un segundo extremo de la primera porción de calentamiento adyacente a una segunda porción del horno. La presión diferencial puede estar en la región de -1 mbar. Sin embargo, puede ajustarse ésta para adecuarse a las condiciones locales. El controlador para controlar la atmósfera en la primera porción de calentamiento puede controlar esta presión diferencial.

- 35 Es deseable que la primera porción de calentamiento se disponga de tal manera que el humo procedente del componente de la resina se mantenga en la primera porción de calentamiento sobre el material compuesto de carbono.

- 40 En una forma de realización preferida, se proporciona la primera porción con un tejado en pendiente. Las pendientes de los tejados de la segunda porción se retiran hacia un "extractor" localizado por encima de la apertura de la primera porción de calentamiento. Esta disposición permite a los humos de la primera porción de calentamiento mantenerse prácticamente en el interior de la primera porción. El aire se mueve desde la tercera y la segunda porciones hacia la primera porción de calentamiento dirigiendo el humo que se mueve hacia adelante en la segunda porción para volver a la primera porción de calentamiento. De acuerdo con esto, la segunda porción de calentamiento tiene un bajo nivel de humo y la tercera porción tiene una atmósfera prácticamente limpia.

- 45 La primera, la segunda, la tercera y la cuarta porciones del horno pueden referirse a las zonas designadas de un horno más bien que a las zonas separadas del horno.

Alternativamente, se puede disponer el horno de tal manera que la primera y la segunda porciones de calentamiento sean contiguas y se mantengan zonas tampón antes y después de las porciones de calentamiento.

- 50 Por tanto, se controla cuidadosamente la extracción del humo. Debido a que el humo comprende material gaseoso eliminado mediante combustión procedente del componente de la resina, la atmósfera que contiene el humo es relativamente baja en oxígeno. La reacción de la fibra de carbono con el oxígeno es por tanto retardada. Sin

embargo, no es deseable reducir el contenido de oxígeno prácticamente a cero ya que entonces la descomposición y posterior combustión del contenido de la resina no será capaz de completarse y aumentará la deposición del hollín.

Preferiblemente, el horno incluye una segunda porción de calentamiento que se puede calentar a una segunda temperatura que es mayor que la temperatura de la primera porción. El tiempo de residencia del material en la segunda porción del horno está en la zona de entre 3 a 5 minutos y en esta porción, se produce la descomposición de cualquier componente de resina restante y el hollín depositado sobre las fibras de carbono se elimina mediante combustión dejando las fibras de carbono relativamente limpias y exentas de hollín y material dimensionado.

El procedimiento puede comprender calentar el material compuesto de tal manera que el componente de la resina experimente la descomposición térmica con la generación de humos resultante, proporcionando a la vez una atmósfera en la que se controle el contenido de oxígeno mediante el control de la eliminación de los humos generados de tal manera que la descomposición térmica sea prácticamente completa pero se reduzca o evite la oxidación de las fibras de carbono. Preferiblemente, el humo se mantiene por encima del material compuesto durante un periodo de tiempo que reduciendo la cantidad de oxígeno disponible para la fibra de carbono procedente de la atmósfera.

De acuerdo con un sexto aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para reducir la energía necesaria en un horno para descomponer térmicamente la resina en un material compuesto que comprende fibras de carbono y resina en el que el material compuesto del procedimiento se calienta en el horno a una primera temperatura a la cual se generan humos y se controla un porcentaje de oxígeno en una atmósfera en el horno de tal manera que se produce esta combustión de los humos generando calor en el interior del horno.

Se apreciará que como la combustión del humo es una reacción exotérmica, ésta genera una considerable cantidad de energía en forma de calor. Esto ha sido una característica de seguridad en los anteriores procedimientos, pero en el control de la cantidad de oxígeno disponible en la atmósfera es posible controlar la reacción de combustión y de esta manera controlar el calor generado. También, en la presente invención, el sistema no es un sistema sellado, lo que reduce el riesgo, mientras que en los sistemas de la técnica anterior, se usó un horno sellado con una atmósfera inerte.

En un horno preferido se suministra calor mediante los elementos de calentamiento tal como los elementos eléctricos. Se pueden usar otras fuentes de calor como elementos de calentamiento. Se puede reducir la cantidad de calor suministrado por los elementos eléctricos en respuesta al calor generado procedente de la reacción de combustión. Preferiblemente, el controlador se adapta para controlar la salida de calor de los elementos eléctricos y para hacer esto en respuesta a las señales del sensor de temperatura. Se describe también en el presente documento la fibra de carbono reciclada resultante de un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

Preferiblemente la fibra de carbono reciclada comprende elementos formados de fibra de carbono.

En una forma de realización alternativa la fibra de carbono reciclada comprende haces de fibra de carbono cortados. Los haces de fibra de carbono cortados pueden tener un acabado no dimensionado y una proporción de hollín de menos del 1%.

Preferiblemente, la fibra de carbono reciclada tiene unas características de adhesión de impregnación e interfaciales en la formación de materiales compuestos. Pueden mejorarse las características por encima de las de la fibra de carbono virgen. Adicionalmente, se pueden encontrar materiales compuestos que incorporan fibra de carbono reciclada que tienen módulos de Young y resistencia a la tracción mejorados.

Se describirá ahora la invención por medio de ejemplo únicamente con referencia a los dibujos que la acompañan en los que:

La **Figura 1** es una ilustración esquemática de un diseño típico de un horno de acuerdo con la invención;

La **Figura 2** muestra una primera porción típica de un horno de acuerdo con la invención;

La **Figura 3** es una ilustración esquemática de una conexión entre la primera porción del horno y una unidad de abatimiento; y

La **Figura 4** es una sección transversal de un horno alternativo.

En la Figura 1, se ilustra un diseño típico de un horno 1 de acuerdo con la invención. Como se puede observar, el horno 1 comprende dos secciones principales, una porción de calentamiento 2 y una porción de enfriamiento 4. Se proporciona una cinta de acero 6 y se dispone para pasar a través de la porción de calentamiento 2 y la porción de

enfriamiento 4. La cinta es continua y se extiende entre una zona de carga 8 y una zona de descarga 10. Se proporciona un medio de impulsión convencional adyacente a la zona de carga y se dispone para impulsar la cinta de tal manera que el material cargado sobre la cinta 6 pase a través de la porción de calentamiento 2 y la porción de enfriamiento 4. El medio de impulsión 12 tiene un mecanismo de control 14 que controla la velocidad de impulsión de la cinta 6. El mecanismo de control 14 puede ser continuamente variable o puede impulsar la cinta 6 a una de las numerosas velocidades predeterminadas. Se puede variar la velocidad de la cinta de acuerdo con numerosos factores. La velocidad de la cinta se varía dependiendo del grosor y de la complejidad del material, cuanto mayor grosor tiene el material, más lenta va la cinta.

La porción de calentamiento 2 va provista de al menos un canal para los gases de escape 16 que conecta la porción de calentamiento a una unidad de abatimiento 18. La unidad de abatimiento 18 es una unidad, tal como la producida por Compact Power Limited, dispuesta para eliminar mediante combustión los humos y no se describirá adicionalmente ya que una persona experta en la materia conocerá la forma y la disposición. La unidad de abatimiento 18 se dispone para eliminar mediante combustión los humos a alrededor de 1200°C. Se pueden usar otras temperaturas dependiendo de la composición de los humos. Alternativamente, se pueden sustituir las unidades para procesar los humos en manera en medios alternativos. La persona experta en la técnica comprende bien dichas unidades alternativas.

La porción de calentamiento 2 comprende una primera porción de calentamiento que incluye un túnel de calentamiento 20 y una segunda porción de calentamiento 22. Se ilustra el túnel de calentamiento 20 en la Figura 2 y comprende una apertura 24 y un paso 26 que tiene la cinta 6 que avanza a lo largo de una base del paso. El paso se extiende entre la apertura y una entrada 27 y tiene un tejado en pendiente que aumenta en altura desde la apertura 24 a la entrada 27 de la segunda porción de calentamiento 22. La garganta 24 tiene 0,25 m de altura y tiene 2 m de anchura. La altura del paso en ésta es la misma a través del paso y en la entrada 27 de la segunda porción de calentamiento. La segunda porción de calentamiento tiene una cámara 28 que tiene una base 30 y un tejado 31 que tiene prácticamente la misma altura desde la base 30 a lo largo de la cámara del segundo paso de calentamiento. Se proporciona la cinta 6 y avanza también a lo largo de la base 30 de la cámara 28.

La cámara 28 está conectada a la porción de enfriamiento 4 y la cinta avanza a través de la cámara 28 en la porción de enfriamiento 4. La porción de enfriamiento 4 es agua enfriada por medio de camisas de agua convencionales 32 proporcionadas en un exterior 34 de la sección de enfriamiento 4. Ya que la localización y el funcionamiento de las camisas de enfriamiento es convencional, no se describirán estas adicionalmente debido que una persona experta en la materia las conocerá bien. Alternativamente, se pueden sustituir los medios de enfriamiento de la porción de enfriamiento.

La cinta 6 pasa desde la porción de enfriamiento a la sección de descarga 10.

El material 36 (esquemáticamente indicado en la Figura 2) que se va a reciclar, se prepara si es necesario antes de cargar sobre la cinta 6 en la zona de carga 8. El material 36 se somete a preparación mínima antes de cargarse sobre la cinta. Puede cortarse en secciones de tal manera que cada sección tiene menos de 0,25 m de altura y 2 m de anchura. La longitud de cada sección no es crítica pero es convenientemente menor de 2 m para facilitar la manipulación. Estas dimensiones son como resultado de las dimensiones de la apertura del horno. Se entenderá que el horno puede tener una apertura 24 que tenga diferentes dimensiones, en cuyo caso, las máximas dimensiones del material que se va a reciclar cambiarán de acuerdo con esto. Una ventaja concreta de la invención es que el material que se va a reciclar necesita poca o ninguna preparación antes de cargarse sobre la cinta 6.

El material que se va a reciclar comprende fibras de carbono en un material compuesto de resina. El material compuesto de resina puede variar con el producto concreto que se está reciclando. Es preferible identificar el componente de la resina y los probables productos de la descomposición antes de que se cargue el material que se va a reciclar sobre la cinta 6. Se puede alterar la temperatura del túnel de calentamiento y/o de la segunda porción de calentamiento como consecuencia del componente concreto de la resina. Alternativamente, o también, se puede variar la velocidad de impulsión de la cinta.

Una vez que el material se ha cargado sobre la cinta en movimiento 6, el material pasa a la apertura 24 de la primera porción de calentamiento y al paso 26. En el paso 26 la temperatura está en la zona de los 450°C a 500°C. Se puede cambiar la temperatura dependiendo del material que se va a reciclar. Se puede variar también la velocidad de impulsión de tal manera que se controle el tiempo de residencia del material en el túnel de calentamiento a un tiempo deseado dependiendo del material y de la temperatura del túnel de calentamiento. Se puede medir el grosor del material que se va a reciclar y se puede aumentar el tiempo de residencia si el grosor es mayor que dichos 10 mm.

A medida que el material pasa a través de la apertura del túnel en el túnel de calentamiento, aumenta rápidamente la temperatura del material y la resina en el material comienza a descomponerse emitiendo humos desde el

- material. Estos humos se elevan desde el material de fibra de carbono y están contenidos en el interior del túnel de calentamiento. La velocidad de los gases de escape es rápida a la temperatura en el túnel de calentamiento y la atmósfera se rellena casi instantáneamente con los humos. Estos humos comprenden compuestos orgánicos y se cree que tienen poco o se encuentran exentos de oxígeno en la descomposición. Consiguientemente, los humos en el túnel no contienen prácticamente oxígeno por encima del material una vez han comenzado los gases de escape. El túnel de calentamiento puede tener un tejado en pendiente que aumenta en altura desde la apertura a la entrada de la segunda porción de calentamiento, o la altura puede ser constante. Se proporcionan medios para controlar la atmósfera en el túnel de calentamiento. Se describirán estos ahora adicionalmente.
- Puede proporcionarse un primer ventilador de naturaleza convencional adyacente a la entrada de la segunda porción. En la forma de realización preferida solo se usa un ventilador en la unidad de abatimiento, y es el único ventilador usado para el control de la atmósfera.
- Se proporciona una entrada 38 en una pared lateral de la primera porción del horno y conecta el paso 26 con el canal de gases de escape 16 que conduce a la unidad de abatimiento 18. En el ejemplo se muestra la entrada 38 en una pared lateral. Se puede proporcionar también la entrada en la misma pared que la apertura o puede comprender una parte de la apertura de la garganta.
- Se proporcionan tubos Pitot 39 que miden el diferencial de presión y proporcionan una lectura visual. Si la presión se encuentra por encima de -1 mbar (-100 Pa), la atmósfera del horno contendrá un mayor grado de oxígeno, la presión ideal sería de -1 mbar (-100 Pa), dando como resultado un ligero movimiento de la atmósfera hacia la unidad de abatimiento.
- Se proporciona un medidor de oxígeno 40 sobre una pared opuesta a la entrada 38. El medidor de oxígeno vigila el contenido de oxígeno en la primera porción del horno adyacente a la apertura 24. El monitor funciona en continua pero puede disponerse para muestrear la atmósfera sobre una base regular. El periodo entre muestras puede variar de 1 s a 5 minutos. Se usa un monitor de oxígeno convencional.
- El único ventilador en la forma de realización preferida se proporciona en la unidad de abatimiento y funciona para impulsar los humos desde la primera porción del horno en la unidad de abatimiento.
- Se proporcionan medios para vigilar la presión en la primera porción adyacentes a la segunda porción de calentamiento 28 y adyacentes a la entrada del canal de gases de escape. Se vigilan las presiones y se transmiten a una unidad de control, que no se muestra, que controla el funcionamiento del primer y el segundo ventiladores con el fin de mantener un diferencial de presión de alrededor de -1 mbar (-100 Pa). Se introduce también una salida procedente del monitor de oxígeno en la unidad de control. Si el contenido de oxígeno de la atmósfera se desvía de un nivel deseado de entre 1% y 5% (v/v), se puede variar el caudal del ventilador para hacer volver el contenido de oxígeno al nivel deseado disminuyendo el flujo de humo en el canal de gases de escape con el fin de disminuir el contenido de oxígeno en la atmósfera o aumentando el caudal con el fin de aumentar el contenido de oxígeno en la atmósfera.
- Se proporciona también al menos un monitor de temperatura para vigilar la temperatura en cada una de las porciones de calentamiento y también en la porción de enfriamiento. Los termopares preferibles se fijan a lo largo de la longitud de la zona de calentamiento y por debajo de la cinta. Se pueden introducir salidas desde el o cada monitor de temperatura en los medios de control. Los medios de control pueden ser adyacentes al horno o pueden ser remotos con respecto al mismo. Las salidas de los monitores se puede transmitir a una localización remota y las instrucciones de control se pueden transmitir desde la localización remota al horno.
- Las temperaturas de cada porción se mantienen en los intervalos discutidos anteriormente. Idealmente, la primera porción tiene una temperatura de 425°C a 475°C. La segunda porción 28 se mantiene entre 550°C y 600°C. Si la temperatura es demasiado elevada, las fibras de carbono pueden oxidarse en un tiempo demasiado corto.
- Se controla también el tiempo de residencia y puede variarse dependiendo de las temperaturas de la porción de calentamiento. A medida que se aumenta la temperatura, puede disminuirse el tiempo de residencia con el fin de evitar la oxidación indeseable de las fibras.
- Se proporciona un ventilador extractor en la segunda porción de calentamiento 28 y está conectado a otra conducción de gases de escape (no se muestra) que comunica entre el segundo canal de calentamiento y la unidad de abatimiento. Se puede generar una pequeña cantidad de humo adicional en esta segunda porción de calentamiento y se elimina también mediante combustión en la unidad de abatimiento.
- La porción de enfriamiento 4 tiene aproximadamente 8 m de longitud y proporciona una zona en la que la fibra de carbono se enfría lentamente a temperatura ambiente para hacer el material manipulable al final del procedimiento.

Puede variarse la longitud de la porción de enfriamiento dependiendo de la velocidad de la cinta.

La porción de enfriamiento es convencional y se puede alterar la forma o adaptarse de maneras obvias para una persona experta en la materia.

- 5 Una vez que el material de fibra de carbono se ha enfriado entra en la zona de descarga 10 y se descarga desde la cinta. El material se recoge en tolvas y se transporta a una zona de acabado. Se puede acabar el material moliendo la fibra a entre 200 y 300 micrómetros o se pueden cortar las fibras a longitudes entre 2 y 150 mm.

Se puede reciclar algo de material sin cortar o moler, Un ejemplo concreto son tejidos preimpregnados en forma de rollos en los que la resina ha caducado. Se pueden pasar los rollos a través del horno y a continuación volver a impregnarse con resina sin comprometer la estructura tejida del paño.

- 10 Se describirá ahora un horno alternativo con referencia a la Figura 4. El horno 100 comprende una única cámara 102. Se proporciona una compuerta o apertura 104 a un primer extremo de la cámara 102. Una cinta 106 pasa desde una mesa de carga 108 a través de la apertura 104 y a la cámara 102. El material que se va a reciclar se coloca sobre la cinta 106 en la mesa de carga 108. Como antes, el material que se va a reciclar está generalmente sin tratar antes d colocarse sobre la cinta. En algunos casos puede ser necesario cortar el material para reducir las
- 15 dimensiones totales con el fin de pasar a través de la apertura. En este horno, las dimensiones de la compuerta pueden alargarse o reducirse. Se puede alargar la compuerta con el fin de permitir que pasen elementos más grandes que se van a reciclar a través de la compuerta. Es también ventajoso ser capaces de reducir las dimensiones de la compuerta con el fin de controlar un flujo de aire que entra en la cámara 102 por medio de la compuerta. Normalmente, la apertura tiene aproximadamente 6 pulgadas (15,24 cm) de altura y 2 m de través. Es
- 20 posible reducir la altura de la apertura disminuyendo una compuerta interna en la parte frontal de la apertura o usando puertas variables.

Tras pasar a través de la cámara 102, la cinta entra en una porción de enfriamiento 110. Las dimensiones totales de la longitud de la cámara 102 y de la porción de enfriamiento 110 son similares a las del horno anteriormente descrito.

- 25 La cámara 102 está abierta y puede entrar aire en la cámara por medio de la compuerta 104 y de la porción de enfriamiento 110. La cinta se mueve a algunos metros por minuto y se prevé que se podrían usar velocidades de hasta 8 m por minuto. Una velocidad normal de la cinta es de 1 a 4 metros por minuto.

- En este horno, se puede considerar que la cámara 102 comprende cuatro zonas de A a D. Las zonas A y D son zonas tampón y se mantienen a una temperatura que está por debajo de la de las Zonas B y C que comprenden la
- 30 primera y la segunda porciones de calentamiento. Normalmente, la temperatura a la entrada de la Zona B, la primera porción de calentamiento de la cámara, se mantiene a entre 425 a 450°C. Se puede variar la temperatura exacta de la Zona B dependiendo del grosor del material que se va a reciclar y de la composición de la resina en el material compuesto que se va a reciclar. La Zona B puede tener una mayor temperatura a medida que se aproxima a la Zona C, por ejemplo, la Zona B puede variar de una temperatura a su entrada de entre 425 a 450°C a una
- 35 temperatura a su salida de entre 500 a 650°C. La Zona C comprende una segunda porción de calentamiento y se mantiene generalmente a una temperatura mayor que la de la entrada de la Zona B. Se ha encontrado que una temperatura de aproximadamente 600°C a 650°C es normalmente adecuada. El pulido o eliminación del hollín se produce generalmente en la Zona C. se puede variar la temperatura exacta de la Zona C para controlar la cantidad de hollín restante sobre la fibra de carbono. Normalmente, la Zona C se mantiene a una temperatura de entre 500°C
- 40 y 700°C. La temperatura de la Zona C se configura convenientemente a 620°C. Las zonas tampón A y D se mantienen a una temperatura de entre 200 a 400°C. Tal como s ha descrito anteriormente, puede ser deseable mantener al menos algo de hollín sobre la fibra de carbono reciclada dependiendo del uso propuesto de la fibra de carbono reciclada.

- Se proporcionan elementos de calentamiento (no se muestran) a lo largo de la cámara 102 con el fin de proporcionar una entrada de calor en la cámara según se necesite. En esta forma de realización los elementos de calentamiento son elementos eléctricos, pero se entenderá que se pueden usar fuentes alternativas de calor en la
- 45 cámara. Un ejemplo de una fuente alternativa de calor es un quemador de gas.

- Se proporcionan numerosos sensores de temperatura en la cámara. Los sensores de temperatura se localizan en cada zona. Se proporcionan dos sensores de temperatura en cada zona en este horno. En este horno, los sensores
- 50 de temperatura se localizan adyacentes a los elementos de calentamiento proporcionados en el horno. El o cada sensor de temperatura se dispone para los datos de salida indicativos de la temperatura de un controlador (no se muestra).

Se proporcionan numerosos venteos de gases de escape 112 en la cámara. En este horno, se proporciona un

venteo de gases de escape en cada zona. Se puede proporcionar más de un venteo de gases de escape en cada zona o puede no ser necesario proporcionar un venteo de gases de escape en cada una de las zonas. Cada uno de los venteos de gases de escape está conectado a una unidad de abatimiento. En este horno, la unidad de abatimiento 116 comprende los quemadores 114 que queman los gases residuales procedentes de la cámara.

Además, se proporcionan quemadores pero no se indican en la Figura 4. La unidad de abatimiento es convencional en la combustión de los gases para reducir el efecto ambiental de los gases emitidos desde el horno. En este horno, los quemadores de la unidad de abatimiento queman el gas a entre 800°C y 1200°C. Los gases residuales se transfieren a una chimenea (no se muestra) para enfriar y liberar los gases a la atmósfera. La liberación de los gases a la atmósfera desde la chimenea crea una impulsión natural que mueve los gases a través de la unidad de abatimiento y cuando los venteos de los gases de escape 112 se abren, impulsan también el humo desde la cámara 102 a la unidad de abatimiento 116.

Se proporcionan estos venteos de los gases de escape con mecanismos de control que controlan la apertura y el cierre de los venteos. Se pueden abrir los venteos a un grado que puede variar entre 0° y 100°. El mecanismo de control puede configurarse para abrir el o cada venteo durante un periodo que varía entre 0 y 30 segundos. Se puede disponer que se abran los venteos durante un periodo más largo de tiempo si las condiciones en la cámara lo requieren, con el fin de mantener el correcto equilibrio del humo y el aire. Cuando está abierto el o cada venteo de gases de escape, la impulsión de la chimenea impulsa el humo desde la cámara a la unidad de abatimiento. De esta manera, se elimina el humo y se impulsa el aire desde el exterior de la cámara a la cámara por medio de la compuerta y de la porción de enfriamiento. A medida que se impulsa el aire a la cámara, el porcentaje de oxígeno en la atmósfera aumenta y se fomenta la combustión adicional de la resina y la descomposición de los productos.

Se proporciona un sensor de oxígeno en cada zona. En este horno, los sensores de oxígeno se proporcionan en una porción central de cada zona, pero en otros diseños, se pueden localizar los sensores al comienzo de cada zona. Se pueden disponer los sensores de oxígeno para muestrear la atmósfera continua o periódicamente y se puede configurar esto mediante el controlador. Se desea mantener el porcentaje de oxígeno en la atmósfera de menos de las cantidades estequiométricas de oxígeno, con el fin de conseguir la descomposición química. En otras palabras, la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera de la primera porción de calentamiento del horno es de menos del 100% de la cantidad requerida para la combustión.

La proporción de oxígeno en la atmósfera en la primera porción de calentamiento del horno se controla preferiblemente a menos del 16% (v/v), por ejemplo, entre 0,5% (v/v) y hasta 16% (v/v). Se prefiere generalmente mantener el porcentaje de oxígeno a menos del 5% (v/v) pero a más de un 1% (v/v). El porcentaje exacto de oxígeno en la atmósfera puede variar con el material compuesto que se va a reciclar.

Si el contenido de oxígeno de la atmósfera se desvía de un nivel deseado de entre 1% y 5% (v/v) los venteos de los gases de escape pueden abrirse durante un periodo de tiempo para volver al contenido de oxígeno al nivel deseado. Los venteos pueden cerrarse para disminuir el flujo del humo en la unidad de abatimiento con el fin de disminuir el contenido de oxígeno en la atmósfera o pueden abrirse para aumentar el caudal de la unidad de abatimiento aumentando de esta manera el contenido de oxígeno en la atmósfera.

Cuando se cierran los venteos de los gases de escape, el humo no se elimina de la cámara y el aire no se impulsa a la cámara desde el exterior del horno. El humo se acumula en la cámara y reduce el porcentaje de oxígeno en la atmósfera de la cámara. La descomposición de la resina continúa pero se reduce la combustión de los productos de la descomposición y se reduce la combustión de la fibra de carbono en el material.

Se lleva a cabo la apertura y el cierre de los venteos para asegurar que el porcentaje de oxígeno en la atmósfera se mantiene en el intervalo deseado para permitir que se produzca la descomposición y la combustión del humo para reducir la oxidación de la fibra de carbono. La impulsión natural de las chimeneas elimina el humo sin el uso de ventiladores u otros equipos de transmisión fluida para mover el aire en la cámara. Debe proporcionarse una impulsión suficiente en la cámara para evitar que se libere el humo de la cámara por la compuerta o la porción de enfriamiento.

Se proporcionan tubos Pitot, como anteriormente, que miden el diferencial de presión y proporciona una lectura visual. Si la presión supera -1 mbar (-100 Pa), la atmósfera del horno contendrá un mayor grado de oxígeno, la presión ideal debería ser de -1 mbar (-100 Pa), dando como resultado un ligero movimiento de la atmósfera hacia la unidad de abatimiento.

En esta forma de realización, la unidad de abatimiento se localiza sobre y alrededor de la cámara 102, más que proporcionarse como unidad separada. De acuerdo con esto existe un intercambio ventajoso de calor entre la cámara y la unidad de abatimiento que reduce la energía requerida para procesar el material compuesto. La unidad de abatimiento usa normalmente quemadores de gas para aumentar la temperatura del humo y quemar los gases en el anterior. Los quemadores de gas van provistos de un suministro de aire y los ventiladores suministran aire a

los quemadores de forma convencional.

El material en la cinta 106 pasa a través de la compuerta y en la zona A. La temperatura del material aumenta rápidamente a la temperatura de la zona A que está generalmente entre 200 y 300°C y el material pasa a la zona B, la primera zona de calentamiento. La temperatura de la zona B es aproximadamente de 425-450°C. A medida que el material alcanza esta temperatura, comienza a producirse la descomposición de la resina y también se produce la combustión de los productos de la descomposición con el oxígeno en la atmósfera. Se ha encontrado que se produce un frente de llama visible 118 en el material de fibra de carbono. El frente de llama 118 es generalmente lineal y se extiende a lo largo de la cinta. La anchura del frente de llama, es decir, la extensión a la cual el frente de llama se extiende en la dirección de avance de la cinta, puede estar entre 5 cm y 20 cm, dependiendo del ajuste apropiado de la velocidad de la cinta, la temperatura y el porcentaje de oxígeno en la atmósfera. Una anchura exacta del frente de llama varía con la temperatura y la velocidad del movimiento de la cinta. Se pueden ajustar estas variables para controlar la anchura delantera del frente de llama a una anchura deseada, estos es, si el tamaño del frente de llama es demasiado grande en la dirección de avance de la cinta, entonces, se puede producir la combustión no deseada de las fibras de carbono. Por otra parte, si el frente de llama no es suficientemente ancho, se encuentra que no se descompone toda la resina y se necesita un tratamiento adicional del material compuesto.

Se cree que la presencia de un frente de llama es única en la presente invención debido a que en otros procedimientos de reciclado, la atmósfera es sustancialmente inerte de tal manera que no se produce combustión y por tanto, se piensa se eliminaría que el riesgo de una explosión de la atmósfera. Otros procedimientos conocidos aumentan la temperatura muy lentamente y se piensa que se produce la descomposición sin combustión activa y la presencia de una llama. Se ha encontrado que a medida que el material compuesto pasa linealmente a través del frente de llama, todo el material aumenta de manera consistente a una temperatura similar y la fibra de carbono resultante tiene propiedades físicas consistentes. Se ha encontrado que otros procedimientos han producido material que puede tener propiedades variables que no son tan deseables.

Una vez que se genera el humo, se controla la atmósfera tal como se ha descrito anteriormente. El material sobre la cinta pasa a través de la primera porción de calentamiento que comprende la zona B y entra en la segunda porción de calentamiento de la zona C. La segunda porción de calentamiento no está físicamente separada de la zona B, pero se mantiene a una temperatura mayor, normalmente de 600 a 650°C. Se generan relativamente pocos humos en esta porción y el porcentaje de oxígeno en la atmósfera es mayor que el de en la primera zona de calentamiento. Se produce combustión adicional en esta zona y el hollín que permanece sobre la fibra de carbono se elimina mediante combustión. Se puede observar una llama azulada sobre el material de fibra de carbono a medida que el hollín se elimina mediante combustión y se produce fibra de carbono limpia.

Las temperaturas de la primera y la segunda porciones de calentamiento son mayores que la correspondientes temperaturas de la primera forma de realización descrita. La velocidad de la cinta es mayor y de esta manera, se reduce el tiempo de residencia en la primera y la segunda porciones de calentamiento. En general, se ha encontrado que un tiempo de residencia de 4 a 6 minutos en la primera zona de calentamiento y aproximadamente 4 a 6 minutos más en la segunda zona de calentamiento produce los resultados deseados, aunque pueden ser adecuados incluso tiempos de residencia inferiores a éste.

El material pasa de la segunda porción de calentamiento, zona C, a la zona D, que es una zona tampón y comienza el enfriamiento del material. La zona D se mantiene a una temperatura entre 200 y 400°C. La atmósfera en la zona D es relativamente transparente de humo. La cinta transporta el material de la zona D en la porción de enfriamiento 110 que se enfría de una manera convencional. La cinta 106 llega a 120 a una mesa de descarga 122. La cinta pasa por debajo de una unidad de succión 124 que funciona para eliminar cualquier escama del material reciclado. La escama está formada por hollín y fibras de carbono y se elimina y filtra para evitar la contaminación de la zona circundante. Se ha encontrado que existen relativamente pocas cenizas producidas en comparación con los procedimientos existentes, ya que el material está en gran parte sin cortar antes de entrar en el horno y se transporta en la cinta sin cortar, raspar o sin venirse abajo. La fibra de carbono resultante en el material reciclado es consiguientemente de mayor calidad cosmética que la resultante de los procedimientos en los que el material de fibra de carbono se corta o muele antes del tratamientos o se voltea, aplasta o se viene abajo o impacta al pasar alrededor de codos en el procedimiento de reciclado, dañando de esta manera la fibra.

Como se ha referido anteriormente, el material compuesto de fibra de carbono se puede liberar desde el extremo de la cinta en receptáculos. Alternativamente, si el material laminar ha pasado a través del horno, se puede eliminar de la cinta y deslaminarse manualmente.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de reciclar material compuesto (36) que comprende fibras de carbono y una resina, comprendiendo el procedimiento:

proporcionar un horno (1; 100) que comprende al menos una porción de calentamiento (2; 102);

5 proporcionar un transportador (6; 106) para transportar el material compuesto (36) a través del horno (1; 100);

cargar el material compuesto (36) en el transportador (6; 106) y transportar el material compuesto a través del horno (1; 100); y eliminar la resina del material compuesto (36), a medida que recorre la porción de calentamiento (2; 102) del horno (1; 100) sobre el transportador (6; 106), por medio de la descomposición química a una primera temperatura, con la generación de humos resultante;

10 **caracterizado porque** el procedimiento comprende detectar un porcentaje de oxígeno en una atmósfera en la porción de calentamiento (2; 102) cuando el material compuesto (36) ha entrado en esta porción; eliminándose los humos generados de la porción de calentamiento (2; 102) de una manera controlada, de tal manera que se controla el porcentaje de oxígeno en la atmósfera en la porción de calentamiento (2; 102).

15 **2.** Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que se produce la descomposición química al menos parcialmente en la porción de calentamiento (2; 102) por medio de un frente de llama sobre la superficie del material compuesto (36).

**3.** Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 en el que se controla la dimensión del frente de llama en la dirección del recorrido del material compuesto (36) a 10 cm o menos controlando el porcentaje de oxígeno en la atmósfera en la porción de calentamiento (2; 102).

20 **4.** Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que el transportador (6; 106) transporta el material compuesto (36) de tal manera que el material no se rota, voltea, tritura o impacta al pasar por los codos en su tránsito a través del horno.

**5.** Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que el transportador (6; 106) comprende un transportador lineal.

25 **6.** Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que el porcentaje de oxígeno en la atmósfera se detecta periódica o continuamente.

**7.** Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que se proporcionan uno o más venteos (38; 112), adecuados para liberar los humos generados de la porción de calentamiento (2; 102), en el horno;

30 en el que opcionalmente el o cada venteo (38; 112) se controla para que se pueda abrir en un grado que se puede variar entre 0 y 100%;

y en el que el grado al cual el o cada venteo (38; 112) se abre se controla opcionalmente mediante un controlador en respuesta a un porcentaje de oxígeno presente en la atmósfera.

35 **8.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las opciones de la reivindicación 7 en el que el o cada venteo (38; 112) se abre a un grado seleccionado durante un lapso predeterminado de tiempo o durante un lapso de tiempo que se controla mediante un controlador en respuesta al porcentaje de oxígeno presente en la atmósfera.

**9.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8 en el que el humo se extrae a través del o de cada venteo (38; 112) en una posición abierta por medio de un tiro natural que actúa sobre los humos.

40 **10.** Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el horno (1; 100) comprende al menos una primera porción de calentamiento (2; B) y una segunda porción de calentamiento (22; C); y

el transportador (6; 106) es para transportar el material compuesto (36) a través de la primera porción de calentamiento (2; B)

comprendiendo el procedimiento además:

45 transportar el material (36) que se va a reciclar a través de la segunda porción de calentamiento (22, C) sobre el transportador (6; 106), después de transportarse a través de la primera porción de calentamiento (2; B), y

operar la segunda porción de calentamiento (22, C) a una segunda temperatura, seleccionándose la segunda temperatura para controlar la eliminación del hollín de las fibras de carbono.

5 **11.** Un horno (1; 100) para reciclar material compuesto de fibra de carbono (36) que comprende fibra de carbono y un componente de resina, comprendiendo el horno (1; 100) una porción de calentamiento (2; 102) para calentar el material a una primera temperatura con el fin de eliminar la resina por medio de descomposición química con la generación de humos resultante, y

un transportador (6; 106) para transportar el material compuesto (36) a través de la porción de calentamiento (2; 102), en el que la porción de calentamiento (2; 102) comprende unos medios de detección de oxígeno (40)

10 **caracterizado porque** el horno comprende también un controlador que está dispuesto para controlar un porcentaje de oxígeno en la atmósfera en la porción de calentamiento (2; 102) controlando la eliminación de los humos generados procedentes de la porción de calentamiento (2; 102) en el que el controlador se adapta a controlar la velocidad de extracción de los humos de la porción de calentamiento (2; 102) en respuesta al porcentaje de oxígeno en la atmósfera de la porción de calentamiento (2; 102).

15 **12.** Un horno de acuerdo con la reivindicación 11 en el que el transportador (6; 106) comprende un transportador lineal.

**13.** Un horno (1; 100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12 en el que el horno es un horno abierto, en el que opcionalmente el horno tiene al menos una apertura variable (24; 104)

20 **14.** Un horno (1; 100) de acuerdo con la reivindicación 11 en el que la porción de calentamiento comprende uno o más venteos que se pueden abrir a un grado que se puede variar entre 0% y 100% y el controlador está adaptado para controlar el grado al cual se abre el o cada venteo, controlando de esta manera una velocidad de extracción de los humos de la porción de calentamiento (2; 102).

**15.** Un horno (1; 100) de acuerdo con la reivindicación 11 en el que el transportador (6; 106) comprende un mecanismo de alimentación continua para permitir que se transporte el material continuamente a través del túnel de calentamiento.

25

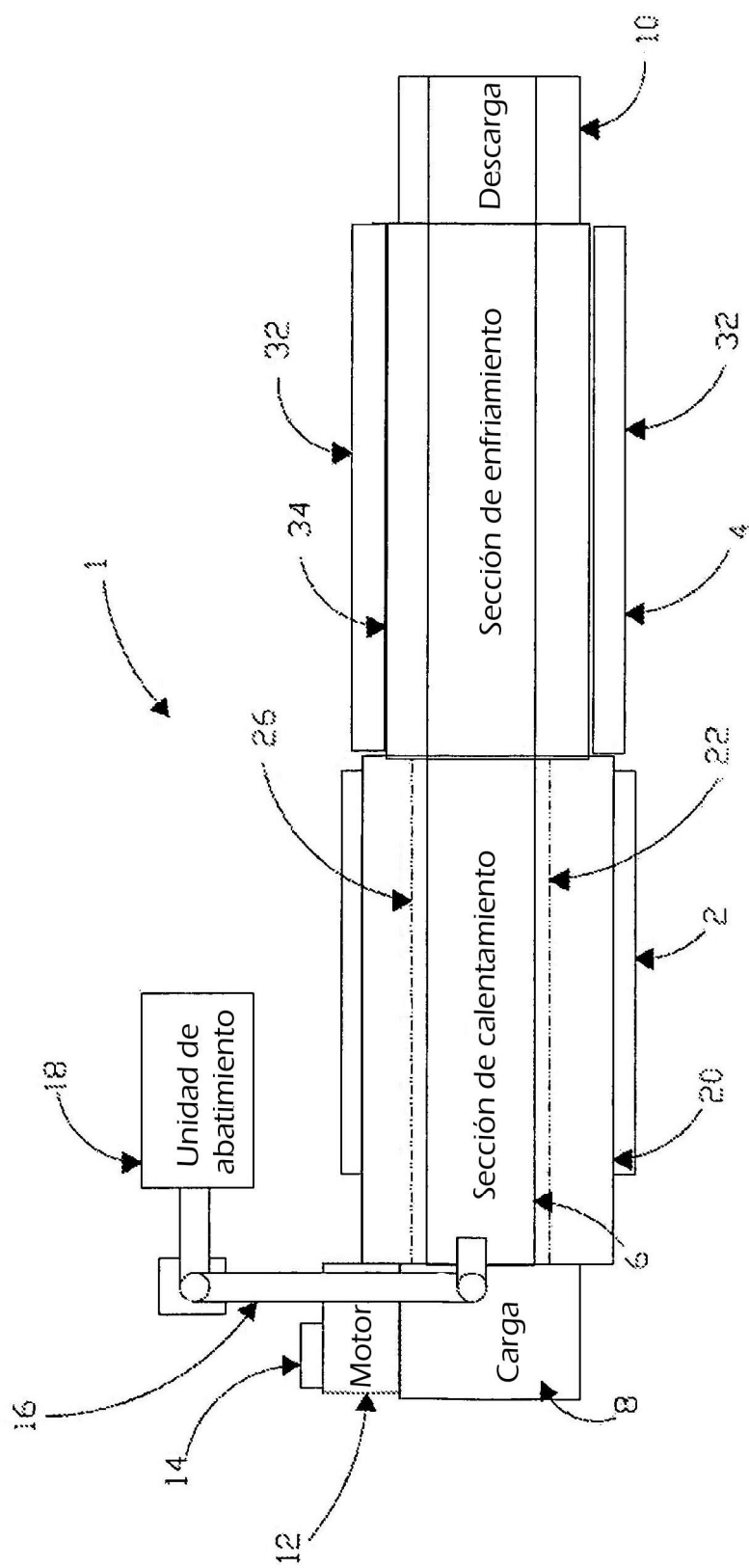


Fig. 1

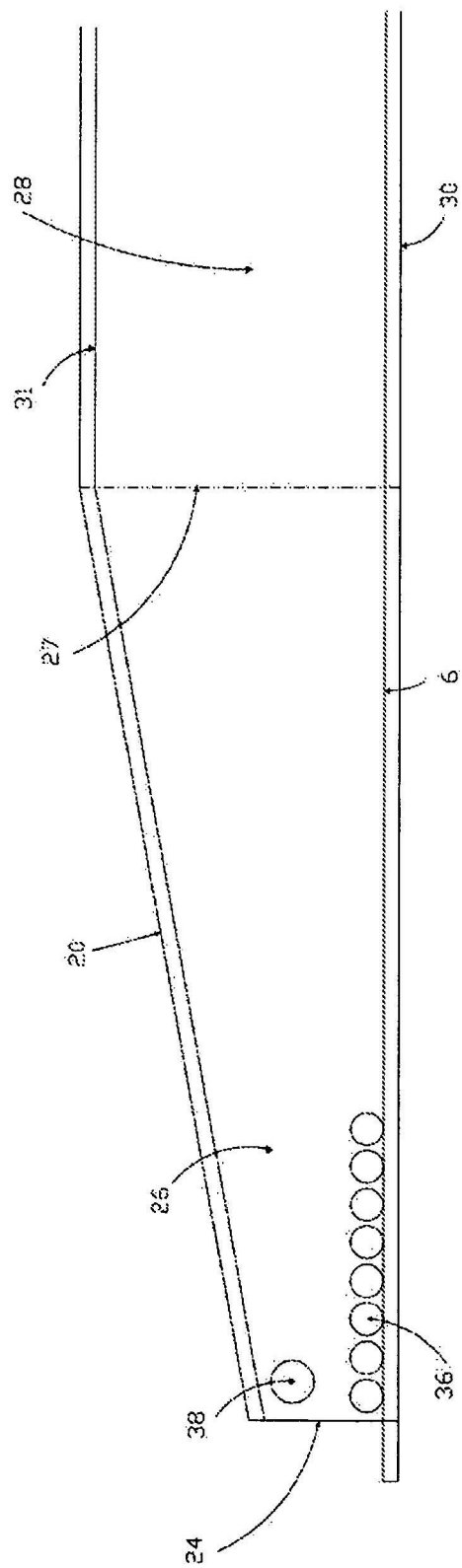
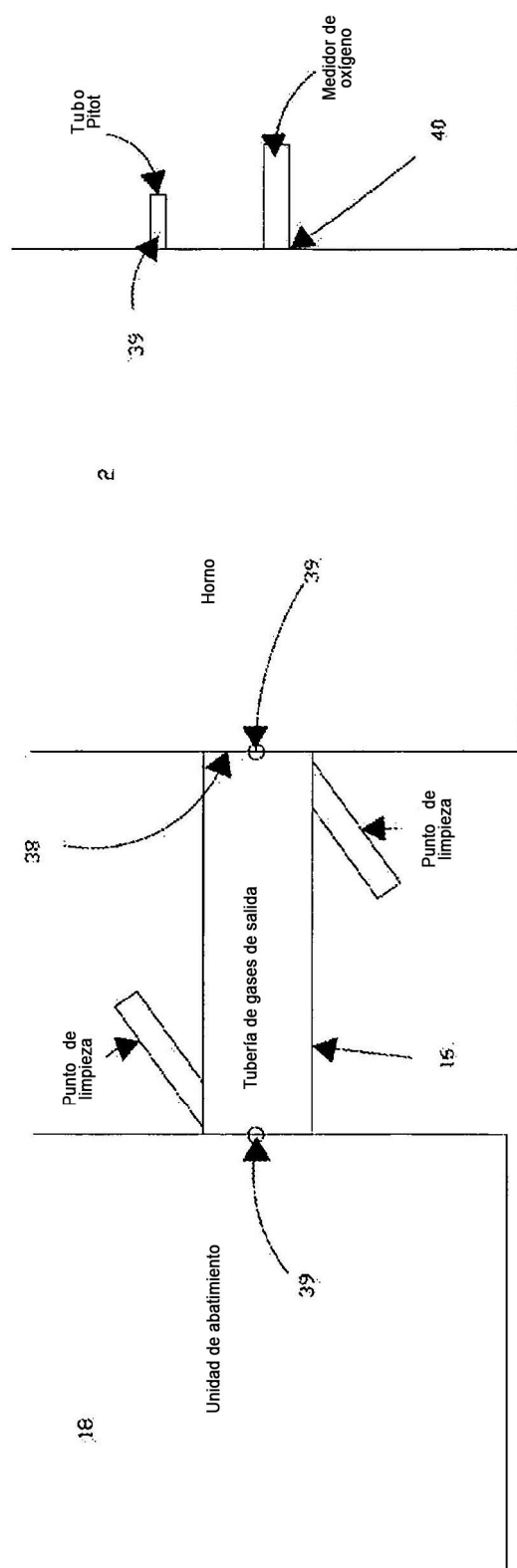


Fig. 2



30

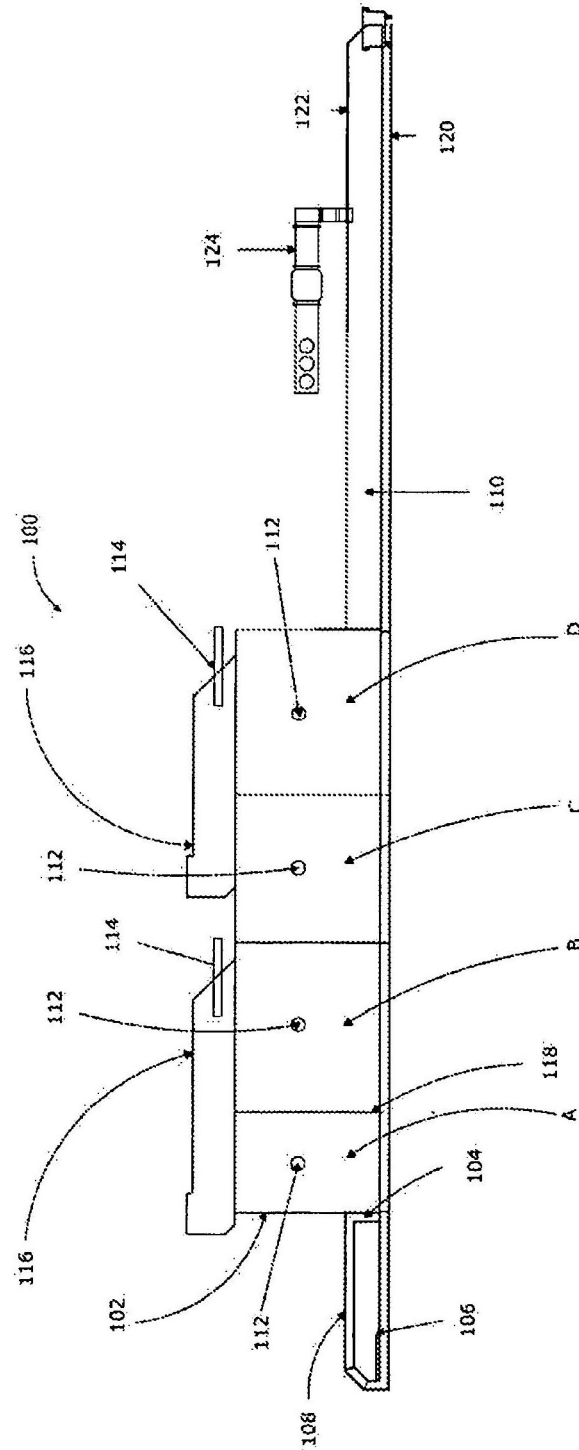


Fig. 4