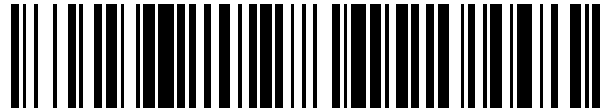


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 660**

51 Int. Cl.:

B05D 1/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2007 PCT/US2007/023058**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2008 WO08057376**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2007 E 07839892 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2150357**

54 Título: **Proceso multicapa para la producción de paneles estructurales cementosos reforzados con fibra altamente resistentes con contenido en fibra mejorado**

30 Prioridad:

01.11.2006 US 591793

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

31.07.2017

73 Titular/es:

**UNITED STATES GYPSUM COMPANY (100.0%)
550 WEST ADAMS STREET
CHICAGO, IL 60661-3676, US**

72 Inventor/es:

DUBEY, ASHISH

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 627 660 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso multicapa para la producción de paneles estructurales cementosos reforzados con fibra altamente resistentes con contenido en fibra mejorado

CAMPO TÉCNICO

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un proceso continuo y aparato relacionado para la producción de paneles estructurales mediante la utilización de una lechada de fraguado y, más en concreto, a un proceso para la fabricación de paneles cementosos reforzados, a los que se denomina en el presente documento paneles
 10 estructurales cementosos (PEC) (conocidos también como paneles estructurales de cemento), en el que se mezclan fibras separadas con una lechada de fraguado rápido para conseguir resistencia y dureza a la flexión. La invención también se refiere a la producción de un panel PEC según el presente proceso.

[0002] Los paneles cementosos se han utilizado en el sector de la construcción para formar las paredes interiores y exteriores de estructuras residenciales y/o comerciales. Las ventajas de dichos paneles incluyen la resistencia a la humedad en comparación con las placas a base de yeso estándar. Sin embargo, un
 15 inconveniente de dichos paneles convencionales consiste en que no tienen suficiente resistencia estructural en la medida en que dichos paneles pueden compararse con el contrachapado estructural o el tablero de partículas orientadas (OSB, por sus siglas en inglés), si no más resistentes que los últimos.

[0003] Normalmente, los presentes paneles cementosos del estado de la técnica incluyen al menos una capa de cemento o compuesto de yeso endurecido entre capas de un material reforzador o estabilizador. En algunos
 20 casos, el material reforzador o estabilizador es malla de fibra de vidrio continua o el equivalente, mientras que en otros casos, se utilizan fibras separadas cortas en el núcleo cementoso como material reforzador. En el caso anterior, la malla se aplica normalmente desde un rollo en forma de lámina sobre o entre capas de lechada de fraguado. Ejemplos de técnicas de producción utilizadas en paneles cementosos convencionales se proporcionan en las patentes estadounidenses con n.º 4,420,295; 4,504,335 y 6,176,920, cuyos contenidos se
 25 incorporan como referencia en el presente documento. Asimismo, se exponen generalmente otras composiciones de yeso-cemento en las patentes estadounidenses con n.º 5,685,903; 5,858,083 y 5,958,131, así como en los documentos GB 2 065 742 A, JP 2007 007876 A, EP 0 459 271 A2, US 2002/187296 A1, US 2005/0641641 A1, US 2006 147681 A1, US 2006/168906 A1 y US 2005/061237 A1.

[0004] El documento US 2005/064164 A1, por ejemplo, se refiere a un proceso para la fabricación de una placa cementosa reforzada con fibra, similar al proceso y a la placa cementosa según la presente invención. Sin
 30 embargo, se descubrió que la cantidad de fibras en la lechada no se controló o coordinó de forma adecuada con el proceso de incrustación para conseguir características de rendimiento adecuadas.

[0005] Un inconveniente general de los procesos convencionales de producción de paneles cementosos que utilizan la acumulación de múltiples capas de lechada y fibras separadas para obtener un grosor de panel
 35 deseado consiste en que las fibras separadas introducidas en la lechada en forma de alfombra o de cinta no se distribuyen de forma adecuada y uniforme en la lechada y, por lo tanto, las propiedades reforzadoras que se obtienen en esencia debido a la interacción entre las fibras y la matriz varían a través del grosor de la placa, en función del grosor de cada capa de placa y el número de otras variables. Cuando tiene lugar la penetración insuficiente de la lechada a través de la red de fibra, se obtiene una unión y una interacción pobre entre las fibras y la matriz, lo que conlleva el desarrollo de una baja resistencia del panel. Además, en casos extremos en los
 40 que se da una formación de capas diferente de lechada y fibras, una unión inadecuada y una distribución poco eficaz de las fibras provoca la utilización ineficaz de las fibras, lo que conlleva, finalmente, el desarrollo de una resistencia extremadamente baja del panel.

[0006] Otro inconveniente de los procesos convencionales de producción de paneles cementosos consiste en que los productos resultantes son demasiado costosos y, por lo tanto, no son competitivos con el tablero de
 45 partículas orientadas (OSB) o el contrachapado estructural/exterior.

[0007] Una causa del coste relativamente elevado de los paneles cementosos convencionales se debe al tiempo de inactividad de la cadena de producción provocado por el fraguado prematuro de la lechada, especialmente en
 50 partículas o grumos que perjudican el aspecto de la placa resultante y afectan al rendimiento del equipo de producción. Acumulaciones considerables de lechada fraguada de forma prematura sobre el equipo de producción requieren apagados de la cadena de producción, lo que incrementa el coste final de las placas.

[0008] En consecuencia, se necesita un proceso y/o un aparato relacionado para la producción de paneles cementosos reforzados con fibra, que da lugar a una placa con propiedades estructurales comparables al
 55 contrachapado estructural y OSB, lo que reduce el tiempo de inactividad de la cadena de producción debido a las partículas de lechada fraguadas de forma prematura. También se necesita un proceso y/o un aparato relacionado para la producción de dichos paneles estructurales cementosos, que utiliza de forma más eficaz los

componentes materiales para reducir los costes de producción en comparación con los procesos de producción convencionales.

5 **[0009]** Asimismo, la necesidad anteriormente citada de paneles estructurales cementosos, también denominados PEC, que están configurados para funcionar en el entorno de la construcción como el contrachapado y el OSB, significa que los paneles son clavables y pueden cortarse o trabajarse mediante la utilización de sierras convencionales y otras herramientas de carpintería convencionales. Asimismo, los paneles PEC deberían cumplir con los estándares del código de la construcción para la resistencia a la cizalladura, la capacidad de carga, la expansión inducida por agua y la resistencia a la combustión, lo que se mide con las pruebas reconocidas, tales como ASTM E72, ASTM 661, ASTM C 1185 y ASTM E136 o equivalentes, como se aplica a
10 láminas de contrachapado estructural.

EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

15 **[0010]** Las necesidades mencionadas anteriormente se cumplen o se superan con creces mediante la presente invención, que incluye un proceso multicapa para la producción de paneles estructurales cementosos (paneles PEC), según la reivindicación 1. Otros modos de realización son objeto de las reivindicaciones dependientes. Todos los modos de realización descritos en la presente solicitud que no se encuentran dentro del alcance de la protección de las reivindicaciones quedan excluidos de la presente invención.

20 **[0011]** Después de una entre una deposición inicial de fibras cortadas distribuidas libremente o una capa de lechada sobre una cinta en movimiento, las fibras se depositan sobre la capa de lechada. Un dispositivo de incrustación mezcla completamente las fibras recién depositadas en la lechada de modo que las fibras se distribuyan por la lechada, tras lo que se añaden capas adicionales de lechada; a continuación, fibras cortadas, seguido de más incrustación. El proceso se repite para cada capa del panel, como se desee. Al finalizar, la placa tiene un componente de fibra más uniformemente distribuido, lo que da lugar a paneles relativamente resistentes sin necesitar alfombras gruesas de fibras reforzadoras, como se expone en técnicas de producción de la técnica anterior para paneles cementosos. Además, el panel resultante se obtiene, de forma opcional, con una cantidad
25 incrementada de fibras por capa de lechada que en los paneles anteriores.

30 **[0012]** En un modo de realización preferido, se depositan múltiples capas de fibras sueltas cortadas individuales con respecto a cada capa de lechada depositada. La secuencia preferida consiste en que una capa de fibras sueltas se deposite, bien sobre la cinta en movimiento o lechada actual, seguido de una capa de lechada; a continuación, otra capa de fibras. Después, la combinación fibra/lechada/fibra se somete a incrustación para mezclar completamente las fibras en la lechada. Se ha descubierto que este procedimiento permite la incorporación y la distribución de una cantidad relativamente elevada de fibras de lechada a través de la lechada mediante la utilización de menos capas de lechada. En consecuencia, puede reducirse el equipo de producción de paneles y el tiempo de procesamiento, al tiempo que se obtiene un panel PEC con características de resistencia mejoradas.

35 **[0013]** Más en concreto, se proporciona un proceso para la producción de paneles estructurales cementosos hechos de al menos una capa de lechada cementosa reforzada con fibra, incluyendo el proceso para cada capa de este tipo el suministro de una cinta en movimiento; la deposición de una primera capa de fibras sueltas individuales sobre la cinta; la deposición de una capa de lechada de fraguado sobre la primera capa de fibras sueltas individuales depositada; la deposición de una segunda capa de fibras sueltas individuales sobre la capa de lechada de fraguado depositada; y la incrustación activa de ambas capas de fibras sueltas individuales en la
40 capa de lechada para distribuir las fibras a través de la lechada.

45 **[0014]** En otro modo de realización, un aparato para la producción de un panel estructural cementoso multicapa incluye una estructura de tipo cinta transportadora que soporta una cinta en movimiento; una primera estación de distribución de fibra suelta en relación operativa con la estructura y configurada para depositar fibras sueltas sobre la cinta en movimiento; una primera estación de suministro de lechada en relación operativa con la estructura y configurada para depositar una capa fina de lechada de fraguado sobre la cinta en movimiento de modo que se cubran las fibras. Una segunda estación de distribución de fibra suelta se proporciona en relación operativa con la estructura y está configurada para depositar fibras sueltas sobre la lechada. Un dispositivo de incrustación está en relación operativa con la estructura y está configurado para generar una acción de amasado
50 en la lechada para incrustar las fibras en la lechada.

[0015] En todavía otro modo de realización, se da a conocer un proceso para la fabricación de paneles cementosos con fibra incrustada, que comprende:

la utilización de una primera fórmula:

$$S_{f1,j}^p = \frac{4V_{f,j}t_l}{\pi(1+X_f)d_f}$$

para determinar una fracción de zona de superficie de fibra proyectada de una primera capa de fibra que se ha de depositar en cada capa de lechada de fraguado del panel resultante;
la utilización de una segunda fórmula:

$$S_{f2,l}^P = \frac{4X_f V_{f,l} t_l}{\pi(1+X_f)d_f}$$

- 5 para determinar una fracción de zona de superficie de fibra proyectada de una segunda capa de fibra que se ha de depositar en cada capa de lechada de fraguado del panel resultante;
el suministro de una fracción de volumen de lechada deseada V_f de un porcentaje de las fibras en la capa de lechada reforzada con fibra;
el ajuste de al menos uno del diámetro de la fibra d_f , y un grosor de capa de lechada reforzada con fibra
10 t_l en torno a 0,05 - 0,35 pulgadas (0,127 - 0,889 cm) y la distribución, además, de la fracción de volumen V_f de fibras en una proporción X_f del suministro de fibras mediante la comparación de las fibras en la segunda capa con las fibras en la primera capa de fibra de modo que tanto la fracción de zona de superficie de fibra $S_{f1,l}^P$ y la fracción de zona de superficie de fibra $S_{f2,l}^P$ para cada capa de fibra sea menor que 0,65;
- 15 la aportación de un suministro de fibras individuales sueltas según la fracción de zona de superficie de fibra calculada anteriormente $S_{f1,l}^P$; la aportación de una cinta en movimiento;
- la deposición de la primera capa de fibras individuales sueltas sobre la cinta;
la deposición de una capa de lechada de fraguado sobre la primera capa de fibras sueltas individuales;
la deposición de la segunda capa de fibras individuales sueltas sobre la capa de lechada de fraguado; y
20 la incrustación de las fibras individuales sueltas en la lechada de modo que las múltiples capas de fibras se distribuyan a través de cada capa de lechada en el panel.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0016]

- 25 La figura 1 es una vista en alzado esquemática de un aparato que es adecuado para la realización del presente proceso;
La figura 2 es una vista en perspectiva de una estación de suministro de lechada como las que se utilizan en el presente proceso;
La figura 3 es una vista en planta superior fragmentaria de un dispositivo de incrustación adecuado para su
30 utilización con el presente proceso;
La figura 4 es una sección vertical fragmentaria de un panel estructural cementoso producido según el presente procedimiento;
La figura 5 es una vista en alzado esquemática de un aparato alternativo utilizado para practicar un proceso alternativo al que se lleva a cabo en la figura 1;
35 La figura 6 es una vista en alzado esquemática de un aparato alternativo utilizado para practicar un proceso alternativo; y
La figura 7 es una vista esquemática de una lechada multicapa de muestra que pone en práctica el presente proceso.

MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

- 40 [0017] Con referencia ahora a la figura 1, se muestra de forma esquemática una cadena de producción de paneles estructurales indicada generalmente como 10. La cadena de producción 10 incluye una estructura de soporte o mesa de formación 12 que tiene una pluralidad de patas 13 u otros soportes. En la estructura de soporte 12 se incluye un transportador en movimiento 14, tal como una cinta transportadora continua de un material similar a la goma con una superficie lisa impermeable al agua. Sin embargo, se contemplan superficies
45 porosas. Como se conoce en la técnica, la estructura de soporte 12 puede estar hecha de al menos un segmento similar a una mesa, que puede incluir las patas designadas como 13. La estructura de soporte 12 también incluye un tambor motriz principal 16 en un extremo distal 18 de la estructura y un tambor de retorno 20 en un extremo proximal 22 de la estructura. Además, se proporciona preferiblemente al menos un dispositivo de seguimiento y/o de tensión de correa 24 para mantener una tensión y un posicionamiento deseados del transportador 14 sobre
50 los tambores 16, 20.

- [0018] Además, en el modo de realización preferido, puede proporcionarse una cinta 26 de papel de estraza, papel antiadhesivo y/u otras cintas de material de soporte diseñado para soportar una lechada antes del fraguado, como se conoce en la técnica, y colocarse las mismas sobre el transportador 14 para protegerlo y/o mantenerlo limpio. Sin embargo, también se contempla que los paneles producidos por la presente cadena 10 se
55 formen directamente sobre el transportador 14. En la situación anterior, se proporciona al menos una unidad de

lavado de correa 28. El transportador 14 se mueve a lo largo de la estructura de soporte 12 por medio de una combinación de motores, poleas, correas o cadenas que dirigen el tambor motriz principal 16, como se conoce en la técnica. Se contempla que la velocidad del transportador 14 pueda variar para ajustarse a la aplicación.

5 **[0019]** En la presente invención, la producción de un panel estructural cementoso se inicia mediante uno de deposición de una capa de fibras sueltas cortadas 30 o una capa de lechada sobre la cinta 26. Una ventaja de depositar las fibras 30 antes de la primera deposición de lechada consiste en que las fibras se incrustarán cerca de la superficie exterior del panel resultante. La presente cadena 10 contempla una variedad de dispositivos de deposición y corte de fibras; sin embargo, el sistema preferido emplea al menos un bastidor 31 que sostiene varias bobinas 32 de cuerda de fibra de vidrio, desde cada una de las cuales se suministra una cuerda de fibra 10 34 a una estación o aparato de corte, también denominados cortador 36.

15 **[0020]** El cortador 36 incluye un rodillo de cuchillas giratorio 38 desde el que se proyectan de forma radial cuchillas de extensión 40 que se extienden transversalmente a lo largo de la anchura del transportador 14, y que está dispuesto en relación cercana, de contacto y giratoria con un rodillo yunque 42. En el modo de realización preferido, el rodillo de cuchillas 38 y el rodillo yunque 42 están dispuestos en relación relativamente cercana de modo que el giro del rodillo de cuchillas 38 también gire el rodillo yunque 42. Sin embargo, también se contempla lo contrario. Asimismo, el rodillo yunque 42 está cubierto preferiblemente con un material de soporte resistente 20 de la longitud de la cadena de producción 10. A medida que se cortan las cuerdas de fibra 34, las fibras 30 caen sueltas sobre la cinta transportadora 26.

25 **[0021]** A continuación, una estación de suministro de lechada o un suministrador de lechada 44 recibe un suministro de lechada 46 desde una ubicación de mezcla distante 47, tal como una tolva, silo o similares. También se contempla que el proceso pueda comenzar con la deposición inicial de lechada sobre el transportador 14. Si bien se contempla una variedad de lechadas de fraguado, el presente proceso está diseñado especialmente para producir paneles estructurales cementosos. Como tal, la lechada se compone 30 preferiblemente de cantidades variables de cemento Portland, yeso, conglomerado, agua, aceleradores, plastificantes, agentes espumantes, rellenos y/u otros ingredientes conocidos en la técnica y descritos en las patentes indicadas anteriormente, que se han incorporado como referencia. Las cantidades relativas de estos ingredientes, incluida la eliminación de algunos de los anteriores o la adición de otros pueden variar para ajustarse a la aplicación.

35 **[0022]** Si bien se contemplan diversas configuraciones de suministradores de lechada 44 que depositan de manera uniforme una capa fina de lechada 46 sobre el transportador en movimiento 14, el suministrador de lechada preferido 44 incluye un rodillo dosificador 48 dispuesto transversalmente a la dirección del desplazamiento del transportador 14. Un rodillo de acompañamiento o de respaldo 50 está dispuesto en relación cercana, paralela y giratoria con respecto al rodillo dosificador 48 para formar una línea de contacto 52 entre los mismos. Un par de paredes laterales 54, preferiblemente de material antiadherente, tal como Teflon® o similares, evita que la lechada 46 vertida en la línea de contacto 52 se salga por los lados del suministrador 44.

40 **[0023]** Una característica importante de la presente invención consiste en que el suministrador 44 deposita una capa fina relativamente uniforme de la lechada 46 sobre el transportador en movimiento 14 o la cinta transportadora 26. El grosor adecuado de capa se sitúa entre aproximadamente 0,05 pulgadas y 0,20 pulgadas (0,127 - 0,5 cm). Sin embargo, con cuatro capas preferidas en el panel estructural preferido producido a través del presente proceso y un panel de construcción adecuado de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm), un grosor de capa de lechada especialmente preferido es aproximadamente 0,125 pulgadas (0,3175 cm).

45 **[0024]** Con referencia ahora a la figura 1 y 2, para conseguir un grosor de capa de lechada como se describe anteriormente, se proporcionan diversas características al suministrador de lechada 44. En primer lugar, para asegurar una disposición uniforme de la lechada 46 a lo largo de toda la cinta 26, se suministra la lechada al suministrador 44 a través de una manguera 56 localizada en un dispensador de fluidos propulsado, accionado mediante cable, que oscila lateralmente 58 del tipo conocido en la técnica. En consecuencia, la lechada que fluye 50 desde la manguera 56 se vierte en el suministrador 44 en un movimiento de oscilación lateral para rellenar un depósito 59 definido por los rodillos 48, 50 y las paredes laterales 54. La rotación del rodillo dosificador 48, en consecuencia, extrae una capa de la lechada 46 desde el depósito.

55 **[0025]** A continuación, un rodillo de control de grosor o de monitorización de grosor 60 está dispuesto ligeramente por encima y/o ligeramente aguas abajo de una línea central vertical del rodillo dosificador principal 48 para regular el grosor de la lechada 46 extraída desde el depósito del suministrador 57 sobre una superficie exterior 62 del rodillo dosificador principal 48. Otra característica relacionada del rodillo de control de grosor 60 es que permite manejar las lechadas con viscosidades diferentes y constantemente cambiantes. El rodillo dosificador principal 48 avanza en la misma dirección de desplazamiento 'T' que la dirección de

movimiento del transportador 14 y la cinta transportadora 26, y el rodillo dosificador principal 48, el rodillo de respaldo 50 y el rodillo de monitorización de grosor 60 avanzan de forma giratoria en la misma dirección, lo que minimiza las posibilidades de fraguado prematuro de lechada sobre las superficies exteriores en movimiento respectivas. A medida que la lechada 46 sobre la superficie exterior 62 avanza hacia la cinta transportadora 26, un cable de separación transversal 64 ubicado entre el rodillo dosificador principal 48 y la cinta transportadora 26 asegura que la lechada 46 se deposita completamente sobre la cinta transportadora y no retrocede hacia la línea de contacto 52 ni el depósito del suministrador 59. El cable de separación 64 también ayuda a mantener el rodillo dosificador principal 48 sin lechada de fraguado prematuro y mantiene una cortina relativamente uniforme de lechada.

10 **[0026]** Una segunda estación o aparato de cortado 66, preferiblemente idéntico al cortador 36, se dispone aguas abajo del suministrador 44 para depositar una segunda capa de fibras 68 sobre la lechada 46. En el modo de realización preferido, al aparato de cortado 66 se le suministran cuerdas 34 desde el mismo bastidor 31 que alimenta al cortador 36. Sin embargo, se contempla que podrían suministrarse bastidores por separado 31 a cada cortador individual, en función de la aplicación.

15 **[0027]** Con referencia ahora a las figuras 1 y 3, a continuación, un dispositivo de incrustación, generalmente nombrado 70, se dispone en relación operativa con la lechada 46 y el transportador en movimiento 14 de la cadena de producción 10 para incrustar las fibras 68 en la lechada 46. Si bien se contempla una variedad de dispositivos de incrustación, incluidos, pero sin carácter limitativo, vibradores, rodillos de pata de cabra y similares, en el modo de realización preferido, el dispositivo de incrustación 70 incluye al menos un par de barras generalmente paralelas 72 montadas de forma transversal a la dirección de desplazamiento 'T' de la cinta transportadora 26 sobre la estructura 12. Cada barra 72 se proporciona con una pluralidad de discos de diámetro relativamente grande 74 que están separados axialmente entre sí en la barra por medio de discos de diámetro pequeño 76.

20 **[0028]** Durante la producción de paneles PEC, las barras 72 y los discos 74, 76 giran conjuntamente alrededor del eje longitudinal de la barra. Como se conoce en la técnica, bien una, bien ambas barras 72 pueden accionarse, y si solamente se acciona una, la otra puede accionarse mediante correas, cadenas, transmisión por engranaje u otras tecnologías de transmisión de fuerza conocidas para mantener una dirección y velocidad correspondientes al tambor motriz. Los discos respectivos 74, 76 de las barras adyacentes, preferiblemente paralelas, 72 se engranan entre sí para crear una acción de "amasado" o de "masaje" en la lechada, lo que incrusta las fibras 68 previamente depositadas sobre la misma. Además, la relación giratoria, engranada y cercana de los discos 72, 74 evita la acumulación de lechada 46 en los discos y, en efecto, crea una acción "autolimpiadora" que reduce considerablemente el tiempo de inactividad de la cadena de producción debido al fraguado prematuro de los grumos de lechada.

25 **[0029]** La relación engranada de los discos 74, 76 en las barras 72 incluye una disposición adyacente cercana de las periferias opuestas de los discos separadores de diámetro pequeño 76 y los discos principales de diámetro relativamente grande 74, lo que también facilita la acción autolimpiadora. A medida que los discos 74, 76 giran en relación entre sí en proximidad inmediata (pero preferiblemente en la misma dirección), es difícil que las partículas de lechada queden atrapadas en el aparato y fragüen prematuramente. Por medio del suministro de dos conjuntos de discos 74, que están lateralmente inclinados en relación entre sí, la lechada 46 se somete a múltiples actos de alteración, con la creación de una acción de "amasado" que incrusta de forma adicional las fibras 68 en la lechada 46.

30 **[0030]** Una vez se han incrustado las fibras 68 o, dicho de otro modo, a medida que la cinta transportadora en movimiento 26 pase por el dispositivo de incrustación 70, se completa una primera capa 77 del panel PEC. En el modo de realización preferido, la altura o grosor de la primera capa 77 se encuentra en el rango aproximado de 0,05-0,20 pulgadas (0,127-0,5 cm). Se ha demostrado que este rango proporciona la fuerza y rigidez deseadas cuando se combina con capas similares en un panel PEC. Sin embargo, se contemplan otros grosores en función de la aplicación.

35 **[0031]** Para la construcción de un panel estructural cementoso de un grosor deseado, se necesitan capas adicionales. A tal efecto, se proporciona un segundo suministrador de lechada 78 en relación operativa con el transportador en movimiento 14, que es sustancialmente idéntico al suministrador 44, y se dispone para la deposición de una capa adicional 80 de la lechada 46 sobre la capa actual 77.

40 **[0032]** A continuación, se proporciona un cortador adicional 82 en relación operativa con la estructura 12, sustancialmente idéntico a los cortadores 36 y 66, con el fin de depositar una tercera capa de fibras 84 suministradas desde un bastidor (no mostrado) construido y dispuesto en relación con la estructura 12 de forma similar al bastidor 31. Las fibras 84 se depositan sobre la capa de lechada 80 y se incrustan mediante la utilización de un segundo dispositivo de incrustación 86. De forma similar a la construcción y disposición del dispositivo de incrustación 70, el segundo dispositivo de incrustación 86 se monta ligeramente superior en

relación con la cinta transportadora en movimiento 14 de manera que no se altere la primera capa 77. De este modo, se crea la segunda capa 80 de lechada y fibras incrustadas.

5 **[0033]** Con referencia ahora a la figura 1 y 4, con cada capa sucesiva de lechada de fraguado y fibras, se proporciona una estación de suministro de lechada adicional 44, 78 seguido de un cortador de fibras 36, 66, 82 y un dispositivo de incrustación 70, 86, en la cadena de producción 10. En el modo de realización preferido, se proporcionan cuatro capas totales 77, 80, 88, 90 para formar el panel PEC 92. Sobre la disposición de las cuatro capas de lechada de fraguado con fibras incrustadas descrita anteriormente, se proporciona preferiblemente un dispositivo de formación 94 (figura 1) a la estructura 12 para dar forma a una superficie superior 96 del panel 92. Dichos dispositivos de formación 94, se conocen en la técnica de la producción de lechada/tabla de fraguado y son normalmente placas de resorte o placas vibratorias que adaptan la altura y la forma del panel multicapa para ajustarse a las características dimensionales deseadas. Una característica importante de la presente invención es que el panel 92 consiste en múltiples capas 77, 80, 88, 90 que, tras fraguar, forman una masa integral reforzada con fibra. Siempre y cuando la presencia y la ubicación de las fibras en cada capa esté controlada y mantenida en diversos parámetros deseados como se expone y se describe a continuación, será prácticamente imposible deslaminar el panel 92 producido por medio del presente proceso.

10 **[0034]** En este momento, las capas de lechada han empezado a fraguar y los paneles respectivos 92 se separan entre sí mediante un dispositivo de corte 98, que es un cortador con chorro de agua en el modo de realización preferido. Otros dispositivos de corte, incluidas las cuchillas en movimiento, se consideran adecuados para esta operación, siempre y cuando puedan crear bordes adecuadamente afilados en la presente composición de panel. El dispositivo de corte 98 se dispone en relación con la cadena 10 y la estructura 12 de modo que los paneles se produzcan con una longitud deseada, que puede ser diferente de la representación mostrada en la figura 1. Puesto que la velocidad de la cinta transportadora 14 es relativamente lenta, el dispositivo de corte 98 puede montarse para cortar perpendicularmente a la dirección de desplazamiento de la cinta 14. Con velocidades de producción más rápidas, dichos dispositivos cortadores se suelen montar en la cadena de producción 10 en un ángulo en la dirección del desplazamiento de la cinta. Tras el corte, los paneles separados 92 se apilan para manejarse, empaquetarse, almacenarse y/o transportarse más tarde, como se conoce en la técnica.

20 **[0035]** Con referencia ahora a las figuras 4 y 5, un modo de realización alternativo a la cadena de producción 10 se indica generalmente como 100. La cadena 100 comparte muchos componentes con la cadena 10 y estos componentes compartidos se indican con números de referencia idénticos. La diferencia principal entre la cadena 100 y la cadena 10 consiste en que en la cadena 10, después de la creación de los paneles PEC 92, una parte inferior 102 o cara inferior del panel será más lisa que la parte superior o cara superior 96, incluso después de pasar por el dispositivos de formación 94. En algunos casos, en función de la aplicación del panel 92, puede ser preferible tener una cara lisa y una cara relativamente rugosa. Sin embargo, en otras aplicaciones, puede ser deseable tener una tabla en la que ambas caras 96, 102 sean lisas. Puesto que la textura lisa se genera por el contacto de la lechada con el transportador liso 14 o la cinta transportadora 26, para obtener un panel PEC con ambas caras o lados lisos, tanto la cara superior como la inferior 96, 102 necesitan formarse contra el transportador 14 o la cinta de liberación 26.

30 **[0036]** A tal efecto, la cadena de producción 100 incluye suficientes estaciones de corte de fibra 36, 66, 82, estaciones de suministro de lechada 44, 78 y dispositivos de incrustación 70, 86 para producir al menos cuatro capas 77, 80, 88 y 90. Pueden crearse capas adicionales mediante la repetición de estaciones como se describe anteriormente en relación con la cadena de producción 10. Sin embargo, en la cadena de producción 100, en la producción de la última capa del panel PEC, se proporciona una plataforma superior 106 que tiene una cinta de rotación reversa 108 que da vueltas alrededor de los rodillos principales 110, 112 (uno de los cuales se acciona) que deposita una capa de lechada y fibras 114 con una superficie exterior lisa sobre la lechada multicapa en movimiento 46.

45 **[0037]** Más en concreto, la plataforma superior 106 incluye una estación de deposición de fibras superior 116 similar a la estación de deposición de fibras 36, una estación de suministro de lechada superior 118 similar a la estación de suministro 44, una segunda estación de deposición de fibras superior 120 similar a la estación de corte 66 y un dispositivo de incrustación 122 similar al dispositivo de incrustación 70 para depositar la capa de cobertura 114 en posición invertida sobre la lechada en movimiento 46. En consecuencia, el panel PEC resultante 124 tiene la superficie superior e inferior lisa 96, 102.

50 **[0038]** Otra característica de la presente invención consiste en que el panel PEC resultante 92, 124 se construye de modo que las fibras 30, 68, 84 se distribuyan de manera uniforme a través del panel. Se ha demostrado que esto permite la producción de paneles relativamente más fuertes con una utilización relativamente más eficaz y menor de fibras. La fracción de volumen de fibras en relación con el volumen de lechada en cada capa preferiblemente constituye aproximadamente en el rango de 1,5 % a 3 % en volumen de las capas de lechada 77, 80, 88, 90, 114.

5 **[0039]** Con referencia ahora a las figuras 6 y 7, se ha demostrado en el suministro de paneles producidos mediante la utilización del aparato de las figuras 1-5 que en algunos casos el número de fibras por capa de lechada se limita excesivamente debido a una dificultad percibida en la incrustación adecuada de suficientes números de fibras para producir un panel PEC satisfactoriamente fuerte. Puesto que la incorporación de una fracción de volumen superior de fibras sueltas distribuidas a lo largo de la lechada es un factor importante en la obtención de la fuerza de panel deseada, se desea una eficacia mejorada en la incorporación de dichas fibras. Se cree que el sistema mostrado en las figuras 1-5 en algunos casos requiere números excesivos de capas de lechada para obtener un panel PEC que tenga suficiente fracción de volumen de fibra.

10 **[0040]** En consecuencia, en la figura 6 se ilustra una cadena o sistema de producción de paneles PEC alternativo y se muestra generalmente como 130 para producir paneles PEC reforzados con fibra de alto rendimiento que incorporan un volumen relativamente alto de fibras por capa de lechada. En muchos casos, se obtienen niveles aumentados de fibras por panel mediante la utilización de este sistema. Si bien el sistema de las figuras 1-5 expone la deposición de una capa de fibras distinta única en cada capa de lechada distinta consiguiente depositada después de la capa inicial, la cadena de producción 130 incluye un método de acumulación de múltiples capas de fibra reforzadoras distintas en cada capa de lechada distinta para obtener el grosor de panel deseado. Más preferiblemente, el sistema expuesto incrusta al menos dos capas distintas de fibras reforzadoras, en una operación única, en una capa de lechada distinta individual. Las fibras reforzadoras distintas se incrustan en la capa de lechada distinta mediante la utilización de un dispositivo de incrustación de fibra adecuado.

20 **[0041]** Más en concreto, en la figura 6 los componentes utilizados en el sistema 130 y compartidos con el sistema 10 de las figuras 1-5 se indican con números de referencia idénticos, y la descripción anterior de estos componentes se considera aplicable aquí. Asimismo, se contempla que el aparato descrito en relación con la figura 6 se combine con el de las figuras 1-5 de un modo actualizado; y también se contempla que el sistema 130 de la figura 6 se suministre con la plataforma superior 106 de la figura 5.

25 **[0042]** En el sistema alternativo 130, la producción de paneles PEC se inicia mediante la deposición de una primera capa de fibras sueltas cortadas 30 sobre la cinta 26. A continuación, la estación de suministro de lechada o el suministrador de lechada 44 recibe un suministro de lechada 46 desde la ubicación de mezcla distante 47, tal como una tolva, silo o similares. Se contempla que la lechada 46 en este modo de realización sea la misma que la utilizada en la cadena de producción 10 de las figuras 1-5.

30 **[0043]** Además, el suministrador de lechada 44 es básicamente el mismo, incluido el rodillo dosificador principal, 48 y el rodillo de respaldo 50 para formar la línea de contacto 52 y tener las paredes laterales 54. Los grosores de capa adecuados se sitúan entre aproximadamente 0,05 pulgadas y 0,35 pulgadas (0,127 - 0,889 cm). Por ejemplo, para fabricar un panel estructural nominal de $\frac{3}{4}$ " (10,889cm) de grosor, se prefieren cuatro capas de lechada con un grosor de capa de lechada especialmente preferido de menos de aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm) en el panel estructural preferido producido mediante el presente proceso.

40 **[0044]** Con referencia ahora a las figuras 2 y 6, la lechada 46 se suministra al suministrador 44 a través de la manguera 56 ubicada en el dispensador de fluidos propulsado, accionado mediante cable, que oscila lateralmente 58. En consecuencia, la lechada que fluye desde la manguera 56 se vierte en el suministrador 44 en un movimiento de oscilación lateral para rellenar el depósito o caja formadora 59 definido por los rodillos 48, 50 y las paredes laterales 54. La rotación del rodillo dosificador 48, en consecuencia, extrae una capa de la lechada 46 desde el depósito.

45 **[0045]** El sistema 130 se suministra preferiblemente con una puerta vibratoria 132 que dosifica la lechada sobre el rodillo de deposición o dosificador 48. Mediante la vibración, la puerta 132 evita la acumulación considerable en las esquinas de la caja formadora 59 y proporciona una capa de lechada más uniforme y gruesa que la que se proporciona sin vibración. Incluso con la adición de la puerta vibratoria 132, el rodillo dosificador principal 48 y el rodillo de respaldo 50 se accionan de forma rotatoria en la misma dirección de desplazamiento 'T' que la dirección de movimiento del transportador 14 y la cinta transportadora 26, lo que minimiza las posibilidades de fraguado prematuro de lechada sobre las superficies exteriores en movimiento respectivas.

50 **[0046]** A medida que la lechada 46 sobre la superficie exterior 62 del rodillo dosificador principal 48 se desplaza hacia la cinta transportadora 26, se proporciona una cuchilla limpiadora desviada por un resorte 134 que separa la lechada del rodillo dosificador principal 48 y deposita la lechada sobre la cinta transportadora 26. Una mejora sobre el cable de separación 64, la cuchilla limpiadora 134 proporciona a la lechada 46 una vía directa hacia abajo a dentro de aproximadamente 1,5 pulgadas (3,81 cm) de la cinta transportadora 26, lo que permite que una cortina de lechada continua se deposite de manera continua sobre la cinta o cadena de formación, lo que resulta importante para la producción de paneles homogéneos.

55 **[0047]** Una segunda estación o aparato de cortado 66, preferiblemente idéntico al cortador 36, se dispone aguas abajo del suministrador 44 para depositar una segunda capa de fibras 68 sobre la lechada 46. En el modo de realización preferido, al aparato de cortado 66 se le suministran cuerdas 34 desde el mismo bastidor 31 que

alimenta al cortador 36. Sin embargo, se contempla que podrían suministrarse bastidores por separado 31 a cada cortador individual, en función de la aplicación.

5 **[0048]** Con referencia de nuevo a la figura 6, a continuación, un dispositivo de incrustación, generalmente nombrado 136, se dispone en relación operativa con la lechada 46 y el transportador en movimiento 14 de la
 10 cadena de producción 130 para incrustar la primera y la segunda capa de fibras 30, 68 en la lechada 46. Si bien se contempla una variedad de dispositivos de incrustación, incluyendo, pero sin carácter limitativo, vibradores, rodillos de pata de cabra y similares, en el modo de realización preferido, el dispositivo de incrustación 136 es similar al dispositivo de incrustación 70 con la excepción de que la superposición de las barras adyacentes 138 se ha disminuido al rango de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm). Además, el número de discos 140 se ha
 15 reducido y los discos son sustancialmente más gruesos que los mostrados en la figura 3. Asimismo, hay un espaciado o espacio libre más ajustado entre los discos adyacentes que se solapan 140 de las barras adyacentes 138, del orden de 0,010 a 0,018 pulgadas (0,025-0,045 cm), para evitar que las fibras se acumulen entre los discos adyacentes. De lo contrario, el dispositivo de incrustación 136 proporciona el mismo tipo de acción amasadora que el dispositivo 70, con el objetivo de incrustar o mezclar completamente las fibras 30, 68 en la lechada 46.

20 **[0049]** Para mejorar todavía más la incrustación de las fibras 30, 68 en la lechada 46, se prefiere que en cada dispositivo de incrustación 136 se proporcione a la estructura 12 al menos un vibrador 141 en proximidad operativa con la cinta transportadora 14 o la cinta de papel 26 para hacer vibrar la lechada 46. Se ha demostrado que dicha vibración distribuye de manera más uniforme las fibras cortadas 30, 68 a través de la lechada 46. Los dispositivos vibradores convencionales se consideran adecuados para esta aplicación.

25 **[0050]** Como se observa en la figura 6, para implementar el presente sistema 130 de múltiples capas de fibras 30, 68 para cada capa de lechada 46, se proporcionan estaciones de corte adicionales 142 entre el dispositivo de incrustación 136 y las cajas de suministro posteriores 78, de manera que se depositen fibras 30, 68 para cada capa de lechada 46 antes y después de la deposición de la lechada. Se ha demostrado que esta mejora permite la introducción de una cantidad de fibras considerablemente mayor en la lechada y, en consecuencia, aumenta la fuerza del panel PEC resultante. En el modo de realización preferido, si bien se muestran solo tres, se proporcionan cuatro capas totales de lechada y fibra combinadas para formar el panel PEC 92.

30 **[0051]** Tras la disposición de las cuatro capas de lechada de fraguado con fibra incrustada como se describe anteriormente, se proporciona preferiblemente un dispositivo de formación, tal como una carcasa vibratoria 144, a la estructura 12 para dar forma a una superficie superior 96 del panel 92. Mediante la aplicación de la vibración a la lechada, la carcasa 144 facilita la distribución de las fibras 30, 68 a través del panel 92, y proporciona una superficie superior más uniforme 96. La carcasa 144 incluye un soporte de montaje 146, una lámina flexible 148 asegurada al soporte de montaje, un miembro de endurecimiento que se extiende la anchura de la lámina (no mostrado) y un generador de vibración 150 preferiblemente ubicado en el miembro de endurecimiento para hacer
 35 que la lámina vibre. Se contemplan otros dispositivos de formación, como se describe a continuación y se conoce en la técnica.

40 **[0052]** Una característica importante de la presente invención es que el panel 92 consiste en múltiples capas 77, 80, 88, 90 que, tras fraguar, forman una masa integral reforzada con fibra. Siempre y cuando la presencia y la ubicación de las fibras en cada capa esté controlada y mantenida en diversos parámetros deseados como se expone y se describe a continuación, será prácticamente imposible deslaminar el panel 92 producido por medio del presente proceso.

45 **[0053]** La utilización de dos capas distintas de fibras reforzadoras con cada capa de lechada distinta individual proporciona los siguiente beneficios. En primer lugar, la división de la cantidad total de fibras que se han de incorporar a la capa de lechada en dos o más capas de fibra distintas reduce la cantidad respectiva de fibras en cada capa de fibra distinta. La reducción de la cantidad de fibras en la capa de fibra distinta individual mejora la eficacia de incrustación de las fibras en la capa de lechada. A su vez, la eficacia mejorada de incrustación de fibra da lugar a un enlace interfacial e interacción mecánica superiores entre las fibras y la matriz cementosa.

50 **[0054]** A continuación, puede incorporarse una cantidad mayor de fibras reforzadoras a cada capa de lechada mediante la utilización de múltiples capas distintas de fibras reforzadoras. Esto se debe al descubrimiento de que la facilidad de incrustación de las fibras en la capa de lechada se ha demostrado que depende de la zona de superficie total de las fibras en la capa de fibra distinta. La incrustación de las fibras en la capa de lechada se hace mucho más difícil a medida que aumenta la cantidad de fibras en la capa de fibra distinta, lo que provoca un incremento en la zona de superficie de las fibras que se han de incrustar en la capa de lechada. Se ha demostrado que cuando la zona de superficie total de las fibras en la capa de fibra distinta alcanza un valor crítico, la incrustación de las fibras en las capas de lechada es casi imposible. Este hecho impone un límite superior en la cantidad de fibras que pueden incorporarse con éxito en la capa distinta de lechada. Para una cantidad determinada total de fibras que se han de incorporar a la capa de lechada distinta, la utilización de múltiples capas de fibra distintas reduce la zona de superficie total de las fibras en cada capa de fibra distinta.
 55

Esta reducción en la zona de superficie de fibra (provocado por la utilización de múltiples capas de fibra distintas), a su vez, proporciona una oportunidad para incrementar la cantidad total de fibras que pueden incrustarse con éxito en la capa de lechada distinta.

5 **[0055]** Además, la utilización de múltiples capas de fibra distintas permite una flexibilidad enorme con respecto a la distribución de fibras a través del grosor del panel. La cantidad de fibras en las capas de fibra distintas individuales puede variarse para conseguir objetivos deseados. La creación resultante de una construcción de "sándwich" se facilita enormemente mediante la presencia de una cantidad más grande de capas de fibra distintas. Se prefieren, concretamente, configuraciones de panel con capas de fibra que tengan una cantidad de fibras superior cerca de los revestimientos del panel y una cantidad inferior de fibras en las capas de fibra cerca
10 del núcleo del panel tanto en términos de resistencia del producto como de optimización de costes.

[0056] En términos cuantitativos, se ha investigado y establecido como parte del presente sistema 130 tanto la influencia del número de capas de fibra y de lechada, como la fracción de volumen de fibras en el panel y el grosor de cada capa de lechada, así como el diámetro de la hebra de fibra en la eficacia de incrustación de la fibra. A continuación, se presenta y se desarrolla un tratamiento matemático para el concepto de fracción de zona de superficie de fibra proyectada para el caso que incluye dos capas de fibra distintas y una capa de lechada distinta. Se ha demostrado que es prácticamente imposible incrustar fibras en la capa de lechada si la fracción de zona de superficie de fibra proyectada de la capa de fibra distinta sobrepasa un valor de 1,0. Aunque las fibras pueden incrustarse cuando la fracción de zona de superficie de fibra proyectada se encuentra por debajo de 1,0, los mejores resultados se obtienen cuando la fracción de zona de superficie de fibra proyectada es inferior a 0,65. Cuando la fracción de zona de superficie de fibra proyectada oscila entre 0,65 y 1,00, la eficacia y facilidad de incrustación de fibra varía, siendo la mejor incrustación de fibra a 0,65 y la peor a 1,00. Otro modo de considerar esta fracción es que aproximadamente un 65 % de una superficie de la lechada se cubra de fibras.

Supongamos que:

25 V_t = Volumen total de una capa de fibra-lechada básica
 $V_{f,l}$ = Volumen/capa de fibra total
 V_{f1} = Volumen de fibra en la capa de fibra distinta 1 de una capa de fibra-lechada básica
 V_{f2} = Volumen de fibra en la capa de fibra distinta 2 de una capa de fibra-lechada básica
 $V_{s,l}$ = Volumen de lechada en una capa de fibra-lechada básica
30 $V_{f,l}$ = Fracción de volumen total de fibras en una capa de fibra-lechada básica
 d_f = Diámetro de hebra de fibra individual
 l_f = Longitud de hebra de fibra individual
 t_l = Grosor total de capa individual incluyendo lechada y fibras
 $t_{s,l}$ = Grosor de capa de lechada en una capa de fibra-lechada básica
35 X_f = Ratio de volumen de fibra de la capa 2 en relación con el volumen de fibra de la capa 1 de una capa de fibra-lechada básica
 $n_{f,l}, n_{f1,l}, n_{f2,l}$ = Número total de fibras en una capa de fibra

 $S_{f,1}^P, S_{f1,l}^P, S_{f2,l}^P$ = Zona de superficie proyectada total de fibras contenidas en una capa de fibra
40 $S_{f,1}^P, S_{f1,l}^P, S_{f2,l}^P$ = Fracción de zona de superficie de fibra proyectada para una capa de fibra

[0057] Para determinar la fracción de zona de superficie de fibra proyectada para una capa de fibra en una disposición de un sándwich de capa de fibra/capa de lechada/capa de fibra compuesto por una capa de lechada
45 distinta y dos capas de fibra distintas, se desarrolla la siguiente relación:

Supongamos que:

El volumen de la capa de lechada es igual a $V_{s,l}$
El volumen de las fibras en la capa 1 es igual a V_{f1}
El volumen de las fibras en la capa 2 es igual a V_{f2}
50 La fracción de volumen total de fibras en la capa de fibra-lechada básica es igual a $V_{f,l}$
El grosor total de la capa de fibra-lechada básica es igual a t_l . El grosor de la capa de lechada es igual a $t_{s,l}$

Supongamos que:

El volumen total de fibras (esto es, las fibras en la capa 1 y la capa 2) es igual a $V_{f,l}$:

55
$$V_{f,l} = V_{f1} + V_{f2} \quad (1)$$

y,

$$\frac{v_{f2}}{v_{f1}} = X_f \quad (2)$$

Supongamos que:

El volumen total de la capa de fibra-lechada básica, $v_t =$

Volumen total de capa de lechada + Volumen total de las dos capas de fibra =

$$v_{s,l} + v_{f,l} = v_{s,l} + v_{f1} + v_{f2} \quad (3)$$

[0058] Mediante la combinación de (1) y (2):

$$v_{f1} = \frac{v_{f,l}}{(1 + X_f)} \quad (4)$$

[0059] El volumen de fibra total de la capa de fibra-lechada básica en términos de la fracción de volumen de fibra total puede escribirse como:

$$v_{f,l} = v_t * V_{f,l} \quad (5)$$

[0060] En consecuencia, el volumen de fibras en la capa 1 puede escribirse como:

$$v_{f1} = \frac{v_t V_{f,l}}{(1 + X_f)} \quad (6)$$

[0061] De forma similar, el volumen de fibras en la capa 2 puede escribirse como:

$$v_{f2} = \frac{X_f v_t V_{f,l}}{(1 + X_f)} \quad (7)$$

[0062] Si suponemos que las fibras tienen forma cilíndrica, el número total de fibras en la capa 1, $n_{f1,l}$ puede derivarse de la ecuación 6, como sigue:

$$n_{f1,l} = \frac{4v_t V_{f,l}}{\pi(1 + X_f)d_f^2 l_f} \quad (8)$$

donde, d_f es el diámetro de hebra de fibra y l_f es la longitud de hebra de fibra

[0063] De forma similar, el número total de fibras en la capa 2, $n_{f2,l}$ puede derivarse de la ecuación 7, como sigue:

$$n_{f2,l} = \frac{4X_f v_t V_{f,l}}{\pi(1 + X_f)d_f^2 l_f} \quad (9)$$

[0064] La zona de superficie proyectada de una fibra cilíndrica es igual al producto de su longitud y diámetro. En consecuencia, la zona de superficie proyectada total de todas las fibras en la capa 1 $S_{f1,l}^P$ puede derivarse como:

$$S_{f1,l}^P = n_{f1,l} * d_f * l_f = \frac{4v_t V_{f,l}}{\pi(1 + X_f)d_f} \quad (10)$$

[0065] De forma similar, la zona de superficie proyectada total de fibras en la capa 2 $S_{f2,l}^P$ puede derivarse como:

$$S_{f2,l}^P = n_{f2,l} * d_f * l_f = \frac{4X_f v_t V_{f,l}}{\pi(1 + X_f)d_f} \quad (11)$$

[0066] La zona de superficie proyectada de la capa de lechada $S_{s,l}^P$ puede escribirse como:

$$S_{s,l}^P = \frac{V_{s,l}}{t_{s,l}} = \frac{V_l}{t_l} \quad (12)$$

[0067] La fracción de zona de superficie de fibra proyectada de la capa de fibra 1 $S_{f1,l}^P$ se define como sigue:

$$S_{f1,l}^P = \frac{\text{Zona de superficie proyectada de todas las fibras en la capa 1, } S_{f1,l}^P}{\text{Zona de superficie proyectada de la capa de lechada, } S_{s,l}^P} \quad (13)$$

5 **[0068]** Mediante la combinación de las ecuaciones 10 y 12, la fracción de zona de superficie de fibra proyectada de la capa de fibra 1 $S_{f1,l}^P$ puede derivarse como:

$$S_{f1,l}^P = \frac{4V_{f,l}t_l}{\pi(1+X_f)d_f} \quad (14)$$

[0069] De forma similar, mediante la combinación de las ecuaciones 11 y 12, la fracción de zona de superficie de fibra proyectada de la capa de fibra 2 $S_{f2,l}^P$ puede derivarse como:

$$S_{f2,l}^P = \frac{4X_fV_{f,l}t_l}{\pi(1+X_f)d_f} \quad (15)$$

10 **[0070]** Las ecuaciones 14 y 15 muestran la dependencia de la fracción de zona de superficie de fibra proyectada de parámetro $S_{f1,l}^P$ y $S_{f2,l}^P$ en otras varias variables además de la variable de fracción de volumen de fibra total, $V_{f,l}$. Estas variables son el diámetro de la hebra de fibra, el grosor de capa de lechada distinta y la cantidad (proporción) de fibras en las capas de fibra distintas individuales.

15 **[0071]** Observaciones experimentales confirman que la eficacia de incrustación de una capa de red de fibra extendida sobre una capa de lechada cementosa es una función de la "fracción de zona de superficie de fibra proyectada" de parámetro. Se ha descubierto que cuanto más pequeña sea la fracción de zona de superficie de fibra proyectada, más fácil es la incrustación de la capa de fibra en la capa de lechada. La razón para una buena eficacia de incrustación de fibra puede explicarse por el hecho de que la extensión de zona abierta o porosidad en una capa de red de fibra aumenta con disminuciones en la fracción de zona de superficie de fibra proyectada.
 20 Con más zona abierta disponible, la penetración de lechada a través de la capa de red de fibra aumenta, lo que se traduce en una eficacia de incrustación de fibra mejorada.

[0072] En consecuencia, para conseguir una buena eficacia de incrustación de fibra, la función objetivo es el mantenimiento de la fracción de zona de superficie de fibra por debajo de un valor crítico determinado. Cabe destacar que mediante la variación de una o más variables que aparecen en la ecuación 15, la fracción de zona de superficie de fibra proyectada puede adaptarse para conseguir una buena eficacia de incrustación de fibra.
 25

[0073] Se identifican distintas variables que afectan a la magnitud de la fracción de zona de superficie de fibra proyectada y se han propuesto enfoques para adaptar la magnitud de la "fracción de zona de superficie de fibra proyectada" para conseguir una buena eficacia de incrustación de fibra. Estos enfoques conllevan la variación de una o más de las siguientes variables para mantener la fracción de zona de superficie de fibra proyectada por debajo de un valor umbral crítico: número de capas de fibra y de lechada distintas, grosor de capas de lechada distintas y diámetro de hebra de fibra.
 30

[0074] En base a este trabajo básico, se ha descubierto que las magnitudes preferidas de la fracción de zona de superficie de fibra proyectada $S_{f1,l}^P$ son como sigue:

Fracción de zona de superficie de fibra proyectada preferida, $S_{f1,l}^P$ <0,65

Fracción de zona de superficie de fibra proyectada más preferida, $S_{f1,l}^P$ <0,45

[0075] Para una fracción de volumen de fibra de panel de diseño, V_f , por ejemplo un porcentaje de contenido de volumen de fibra en cada capa de lechada de 1-5 %, puede hacerse posible que se consigan las magnitudes preferidas mencionadas anteriormente de fracción de zona de superficie de fibra proyectada mediante la adaptación de una o más de las variables siguientes: número total de capas de fibra distintas, grosor de capas de lechada distintas y diámetro de hebra de fibra. En concreto, los rangos deseables para estas variables que conducen a las magnitudes preferidas de fracción de zona de superficie de fibra proyectada son como sigue:

Grosor de capas de lechada distintas, $t_{s,l}$

Grosor preferido de capas de lechada distintas $t_{s,l}$ (0,889 cm)	≥ 0,35 pulgadas
Grosor más preferido de capas de lechada distintas $t_{s,l}$ (0,635 cm)	≥ 0,25 pulgadas
Grosor todavía más preferido de capas de lechada distintas $t_{s,l}$ (0,381 cm)	≥ 0,15 pulgadas

Diámetro de hebra de fibra, d_f

Diámetro de hebra de fibra preferido, d_f	≤ 30 tex
Diámetro de hebra de fibra todavía más preferido, d_f	≤ 70 tex

Ejemplos

10 **[0076]** Con referencia ahora a la figura 4, se muestra un fragmento del panel 92 producido según el presente proceso y mediante la utilización del presente sistema que tiene cuatro capas de lechada; 77, 80, 88 y 90. Este panel debería considerarse como un ejemplo solamente, por el hecho de que un panel 92 producido mediante el presente sistema puede tener una o más capas. Mediante la utilización de las relaciones matemáticas anteriores, las capas de lechada 77, 80, 88 y 90 pueden tener distintas fracciones de volumen de fibra. Por ejemplo, las
 15 capas de cara o de revestimiento 77 y 90 tienen una fracción de volumen de fibra designada V_f de un 5 %, mientras que las capas interiores 80, 88 tienen una designada V_f de un 2 %. Esto proporciona un panel con resistencia exterior mejorada y un núcleo interior con relativamente menos resistencia, lo que puede ser deseable en diversas aplicaciones o para conservar las fibras por motivos de coste. Se contempla que la fracción de volumen de fibra V_f pueda variar entre las capas 77, 80, 88 y 90 para ajustarse a la aplicación, como puede
 20 hacer el número de capas.

[0077] Además, pueden conseguirse modificaciones del contenido de fibra en cada capa de lechada. Por ejemplo, con una fracción de volumen de fibra V_f de un 5 %, por ejemplo, la capa de fibra 1, de forma opcional, tiene una fracción de volumen de lechada designada de un 3 % y la capa de fibra 2 tiene, de forma opcional, una fracción de volumen de fibra designada de un 2 %. En consecuencia, X_f será 3/2.

25 **[0078]** Los paneles se fabricaron mediante la utilización del sistema de la figura 6 y mediante la utilización de la fórmula de fracción de zona de superficie de fibra proyectada descrita anteriormente. El grosor de panel oscilaba entre 0,5 y 0,82 pulgadas (1,27-2,08 cm). Los grosores de capa de lechada individual oscilaban entre 0,125 y 0,205 pulgadas (0,3175-0,5207cm). La fracción de volumen de fibra total V_f oscilaba entre 2,75 y 4,05 %. En el Panel 1, como se describe anteriormente en relación con la figura 4, las capas de fibra exteriores 1 y 8 tenían una fracción de volumen relativamente superior (%) como una función del volumen del panel total 0,75 % contra 0,43 % para las capas interiores, y la fracción de zona de superficie de fibra proyectada oscilaba entre 0,63 en las capas exteriores 1 y 8 y 0,36 en las capas interiores 2 a 7. En cambio, el panel 4 tenía la misma fracción de volumen % de 0,50 para todas las capas de fibra y una fracción de zona de superficie de fibra proyectada constante similar de 0,42 para todas las capas de fibra. Se descubrió que todos los paneles de prueba tenían
 30 incrustación de fibra excelente. De forma interesante, el panel 1, solo tenía una resistencia a la flexión ligeramente inferior que el panel 4, respectivamente 3401/3634 psi.

[0079] En el presente sistema 130, mediante el incremento del número de capas de fibra, cada una con su propia fracción de zona de superficie de fibra, pueden añadirse más fibras a cada capa de lechada sin requerirse tantas capas de lechada. Mediante la utilización del proceso anterior, el panel 92 puede tener el mismo grosor que los paneles anteriores, con el mismo número de fibras del mismo diámetro, con un número menor de capas de lechada. En consecuencia, el panel resultante 92 tiene capas de resistencia mejorada pero su producción es más barata, debido a una cadena de producción más corta mediante la utilización de menos energía y bienes de equipo.
 40

[0080] Si bien se ha mostrado y descrito un modo de realización concreto del proceso multicapa para producir paneles estructurales de cemento reforzados con fibra altamente resistentes con contenido en fibra mejorado, los expertos en la materia observarán que pueden realizarse cambios y modificaciones al mismo sin desviarse de la invención en sus aspectos más amplios y como se establece en las reivindicaciones siguientes.
 45

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la fabricación de paneles cementosos reforzados con fibra, que comprende:

la utilización de una primera fórmula:

$$S_{f1,i}^P = \frac{4V_f d_f t_i}{\pi(1+X_f)d_f}$$

5 para determinar una fracción de zona de superficie de fibra proyectada de una primera capa de fibra (30, 70) que se ha de depositar en cada capa de lechada de fraguado (46, 80) del panel resultante; la utilización de una segunda fórmula:

$$S_{f2,i}^P = \frac{4X_f V_f d_f t_i}{\pi(1+X_f)d_f}$$

10 para determinar una fracción de zona de superficie de fibra proyectada de una segunda capa de fibra (68, 84) que se ha de depositar en cada capa de lechada de fraguado (46, 80) del panel resultante; el suministro de una fracción de volumen de lechada deseada V_f de un porcentaje de las fibras en la capa de lechada reforzada con fibra; el ajuste de al menos uno del diámetro de fibra d_f y un grosor de capa de lechada reforzada con fibra t_i en torno a 1,27 hasta 8,89 mm (0,05 - 0,35 pulgadas) y la distribución, además, de la fracción de volumen V_f de fibras en una proporción X_f del suministro de fibras mediante la comparación de las fibras en la segunda capa con las fibras en la primera capa de fibra de modo que tanto la fracción de zona de superficie de fibra $S_{f1,i}^P$ y la fracción de zona de superficie de fibra $S_{f2,i}^P$ para cada capa de fibra sea menor que 0,65;

20 la aportación de un suministro de fibras individuales sueltas según la fracción de zona de superficie de fibra calculada anteriormente $S_{f1,i}^P$; que también comprende:

- (a) el suministro de una cinta en movimiento (14, 26);
- (b) la deposición de la primera capa de fibras individuales sueltas (30, 70) sobre la cinta (14, 26);
- (c) la deposición de una capa de lechada de fraguado (46, 80) sobre la primera capa de fibras sueltas individuales (30, 70);
- 25 (d) la deposición de la segunda capa de fibras individuales sueltas (68, 84) sobre la capa de lechada de fraguado; y
- (e) la incrustación de dichas fibras individuales sueltas en dicha lechada de modo que dichas múltiples capas de fibras se distribuyan a través de cada dicha capa de lechada en dicho panel.

30 2. El proceso de la reivindicación 1, que también incluye la repetición de dicho proceso para cada capa de lechada adicional utilizado en la formación de un panel cementoso reforzado con fibra de múltiples capas, donde dicha primera deposición de fibras se realizará sobre una capa de lechada previamente depositada.

3. El proceso de la reivindicación 1 o 2, donde la fracción de volumen de lechada V_f es al menos 1,0 % en volumen de las fibras en cada capa de lechada o dicha fracción de zona de superficie de fibra proyectada es más preferiblemente inferior a 0,45.

35 4. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que también incluye la repetición de dicho proceso para aplicar una segunda capa de lechada sobre dicha capa depositada y donde dicha etapa (b) se consigue mediante la deposición de dicha primera capa de fibras sueltas individuales sobre dicha capa depositada de lechada que tiene fibras incrustadas.

40 5. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que también incluye la repetición de dicho proceso para crear un panel de cemento estructural que tiene múltiples capas de lechada distintas, de modo que cada capa de lechada distinta se proporciona con al menos dos capas de fibras individuales sueltas distintas.

6. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que también incluye la vibración de la lechada y de las fibras junto con dicha incrustación activa de la etapa (e).

45 7. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que también incluye la producción de la última de las capas con una plataforma superior (106) y una cinta giratoria inversa (108) que deposita una capa de lechada y fibras con una superficie exterior lisa sobre la lechada multicapa en movimiento.

8. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que también incluye la repetición de dicho proceso para proporcionar múltiples capas de lechada, cada una con una fracción de volumen designada de fibras en volumen, y la preparación de un panel reforzado con fibra con un par de capas exteriores y al menos una capa

interior, teniendo dichas capas exteriores una fracción de volumen superior de fibras a la de dicha al menos una capa interior.

- 5 **9.** El proceso de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la proporción de fibras respectiva en las capas de lechada producidas por las etapas (b) hasta (e) se representa mediante una fracción de zona de superficie de fibra proyectada preferiblemente inferior a 0,65 y más preferiblemente inferior a 0,45.

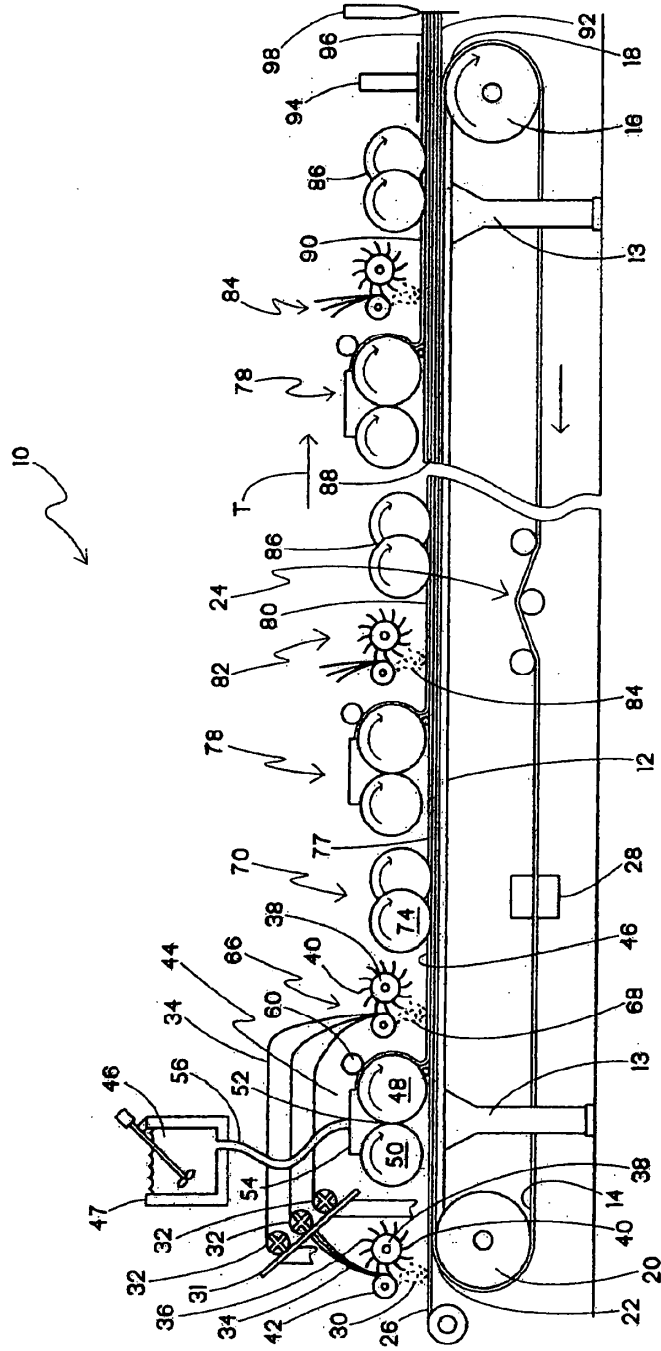
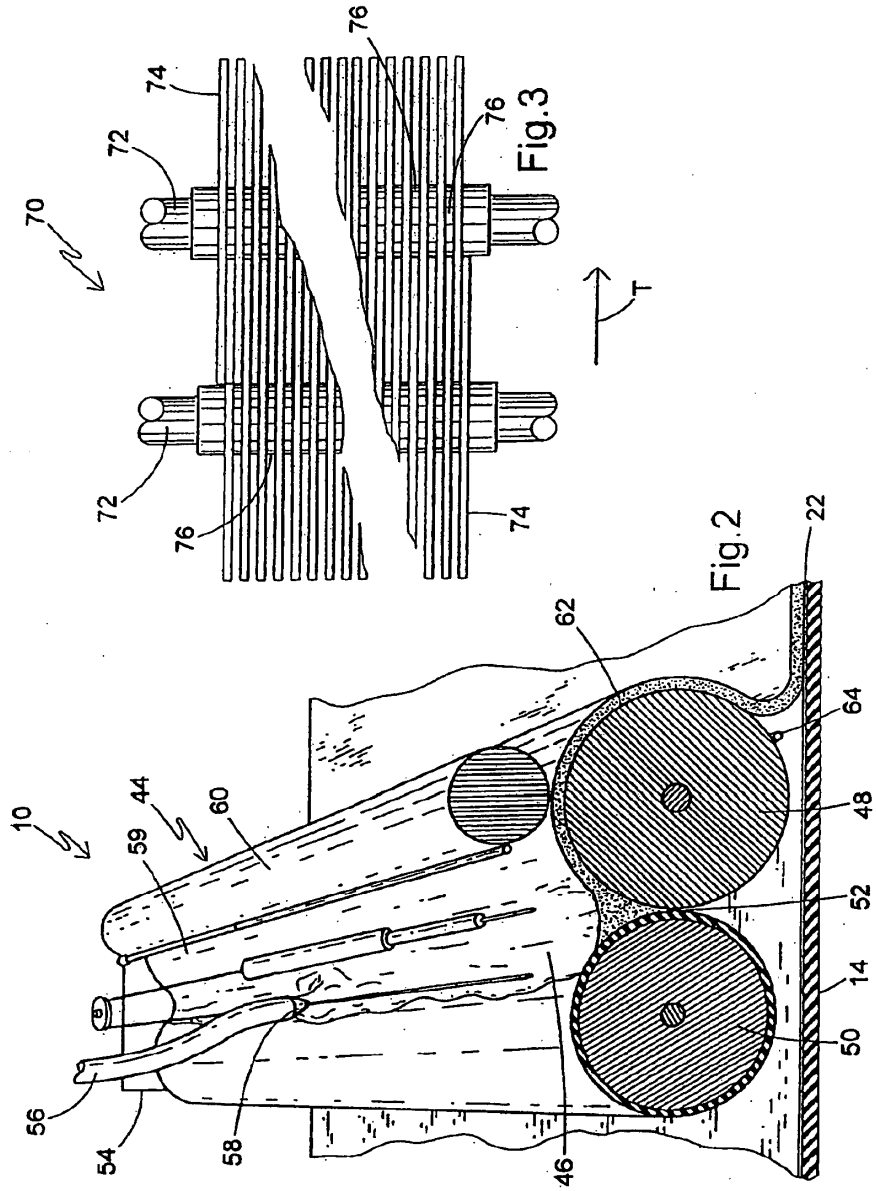
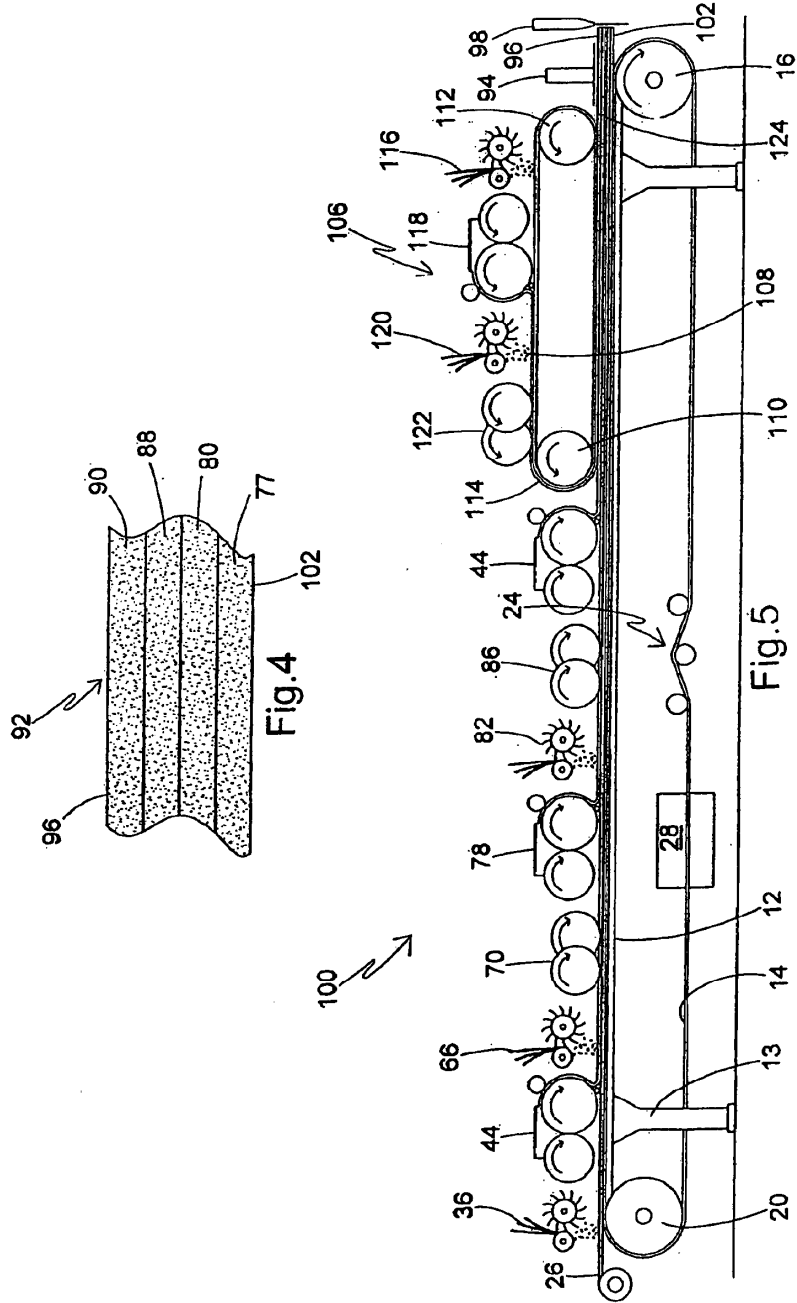


Fig.1





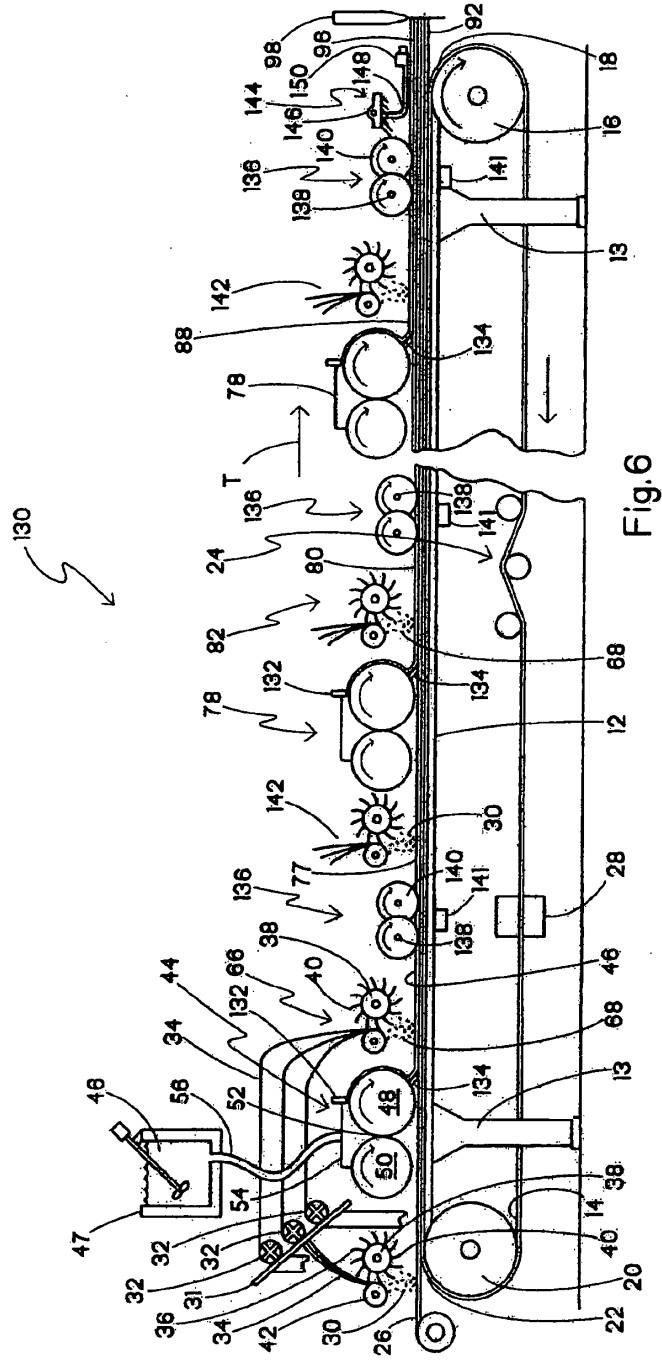


Fig.6