

MÉTODO Y GOFRADORA CON RODILLO DE PRESIÓN CON CONTROL DE TEMPERATURA

DATOS DE SOLICITUD RELACIONADA

[0001] La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud provisional estadounidense n. ° de acta 63/611265, presentada el 18 de diciembre de 2023, cuya divulgación se incorpora a la presente mediante esta referencia.

ANTECEDENTES

[0002] En la fabricación de productos de capas celulósicas, como rollos de papel higiénico, rollos de papel de cocina, pañuelos de papel, servilletas y artículos similares, es habitual procesar una capa de material en banda mediante gofrado, es decir, pasando la capa por una estación de la zona de gofrado formada por un par de rodillos de gofrado o por un par compuesto por un rodillo de gofrado y un rodillo de presión recubierto de caucho. Un rodillo con un núcleo metálico (normalmente de acero) recubierto de caucho puede denominarse, en general, rodillo de presión no metálico. El rodillo de gofrado, generalmente de acero, tiene un patrón de protuberancias que deforman la cubierta elástica del rodillo de presión. El rodillo de gofrado generalmente está grabado para formar las protuberancias. La presión ejercida entre el rodillo de gofrado y el rodillo de presión provoca una deformación permanente de la capa de material celulósico que pasa por la zona de gofrado que se forma entre el rodillo de gofrado y el rodillo de presión, formando así relieves en la capa. Se pueden unir dos o más capas de banda, de las cuales al menos una, algunas o todas están gofradas en una o varias estaciones de gofrado, para formar un material de banda multicapa. El material de la banda se puede enrollar para formar rollos de papel higiénico o toallas de cocina, o se puede cortar y doblar para formar pañuelos, servilletas o similares. Cada capa puede, a su vez, constar de una o más capas de celulosa u otro material.

[0003] El patrón de gofrado tiene fines decorativos y funcionales. Desde un punto de vista funcional, el gofrado sirve para crear áreas limitadas a las que se aplica agua o adhesivo para unir entre sí las múltiples capas que forman el material de la banda. El gofrado también se utiliza para aumentar el grosor total del material de la

banda para obtener máximo volumen de banda (volumen unitario por unidad de masa), aumentar su suavidad y capacidad de absorción y para otras funciones conocidas en el campo.

[0004] Un dispositivo de gofrado y laminado se define generalmente como un dispositivo que realiza un proceso de gofrado en al menos una capa y una o más capas mediante laminado, posiblemente utilizando un agente aglutinante, como agua o un adhesivo, aplicado a al menos una de las capas, preferiblemente, el agente aglutinante se aplica a las superficies salientes de al menos algunas de las protuberancias de gofrado formadas en una o más capas. El documento US 3556907 divulga un dispositivo de estampado-laminación que en muchos aspectos todavía es representativo del estado actual de la técnica. El documento US 5294475 divulga el paso tangencial de cada capa entre su respectivo rodillo de gofrado y su rodillo de presión (ni el rodillo de gofrado ni el rodillo de presión están recubiertos por ninguna banda, y solo entran en contacto con la banda en la zona de gofrado). El documento US 7584698 divulga un dispositivo de gofrado y laminado que representa el estado actual de la técnica, cuya mejora con respecto al dispositivo que se muestra en el documento US 3556907 consiste en que la fuente de adhesivo abierta y los rodillos de transferencia se sustituyen por un conjunto de distribución de adhesivo compuesto por una cámara de adhesivo cerrada, un rodillo de huecograbado y un rodillo aplicador.

[0005] La técnica de gofrado en caliente, es decir, el gofrado mediante el calentamiento del rodillo de gofrado y la capa de material de la banda que lo rodea, se conoce desde hace mucho tiempo, y se han propuesto varias teorías para explicar sus beneficios. El gofrado con humedad, es decir, la adición de humedad a la banda en forma de agua o vapor, se conoce desde hace al menos tanto tiempo como el gofrado en caliente. Los efectos positivos del calor y la humedad se manifiestan de diversas maneras. Se sabe que, para algunos tipos de papel, es ventajoso utilizar los rollos originales lo antes posible después de su producción. También se sabe que, para algunos tipos de papel, es ventajoso utilizar los rollos originales en el orden en que fueron producidos. Además, se sabe que, para

algunos tipos de papel, resulta ventajoso ubicar la línea de conversión en un entorno climatizado.

[0006]El estado de la técnica anterior propone diversas teorías para explicar los beneficios del gofrado en caliente y del gofrado con humedad.

[0007]El documento US 1946838 divulga que "el papel que se va a gofrar debe estar convenientemente húmedo para que el gofrado se realice mejor".

[0008]El documento US 2890540 divulga que "se ha descubierto que si el papel que se va a gofrar está excepcionalmente seco, ninguna cantidad de calor o presión podría imprimir satisfactoriamente el patrón de la presente invención en la banda de papel. Además, si el papel está demasiado húmedo, el patrón, aunque impreso en la superficie, pronto se perderá porque el papel se enderezará después de pasar por los rodillos de gofrado y el contraste de reflectancia será leve".

[0009]El documento US 4994144 divulga que "se ha descubierto que el volumen de las bandas de tejido crepé se puede aumentar simplemente sometiendo la banda crepé a vapor mientras está bajo tensión. El vaporizado puede utilizarse para aumentar el volumen con o sin gofrado".

[0010]El documento US 5294475 divulga que "en general, a medida que aumenta el calibre debido a un mayor gofrado, disminuye la resistencia a la tracción de la estructura fibrosa celulósica 20. Sin embargo, este fenómeno puede mitigarse calentando los rodillos de patrones 28, como bien se sabe en la técnica".

[0011]El documento US 6913673 divulga que "el calor y la presión aplicados a la lámina en la zona de gofrado calentada 60 son suficientes para provocar que las fibras dentro de la banda comiencen a plastificarse. Particularmente en aquellas áreas sometidas a mayor presión, donde se ubican los elementos del patrón en el rodillo de patrón 62, también conocidas como áreas de unión de fibras, las fibras de la banda pueden ablandarse y comenzar a deformarse unas alrededor de otras. A medida que la lámina base se enfría después de salir de la zona de gofrado caliente 60, las fibras en las áreas de unión de fibras pueden unirse y fusionarse, lo que da como resultado un relieve bien definido en las áreas de unión de fibras de la lámina. Además, no solo se logra una definición precisa del relieve durante la producción, sino que también se incrementa la retención del patrón de gofrado

debido a la unión y fusión entre las fibras. Aunque se desconoce, los inventores creen que las ligninas presentes en la pulpa se ven particularmente afectadas por el calor y la presión dentro de la zona de gofrado calentada 60. Se cree que, durante el proceso, las ligninas de la pulpa comienzan a fundirse o a vitrificarse, adquiriendo una condición más amorfa y vítrea. Por lo tanto, el proceso de gofrado en caliente puede conferir al producto final de papel un aspecto mejorado, similar al del papel cristal”.

[0012]El documento US 8158047 divulga que “se ha descubierto que la combinación de la aplicación de agua en forma de vapor y el uso de un rodillo grabado calentado proporciona un patrón impreso ventajoso sobre la lámina multicapa 100 que se muestra en la Figura 50”.

[0013]El documento US 8858213 divulga que “se cree que la aplicación de vapor a un material de celulosa provoca un aumento tanto del contenido de humedad como de la temperatura efectiva del material de banda tratado. Esto provoca que el material de la banda de celulosa se desplace desde la región indicada en el gráfico como elástica (es decir, donde la fibra tiende a presentar un comportamiento típico de tipo elástico) a la región donde el sustrato de celulosa es capaz de sufrir deformación plástica”.

[0014]El documento US 11090900 divulga que “se cree que la humedad añadida a la capa de estructura fibrosa 82 antes del gofrado provoca una disminución del módulo de la capa de estructura fibrosa 82 y/o de los filamentos de la capa de estructura fibrosa 82. La disminución del módulo de la estructura fibrosa de la capa 82 y/o sus filamentos aumenta la flexibilidad de la estructura fibrosa de la capa 82 y/o sus filamentos, lo que hace que la estructura fibrosa de la capa 82 y/o sus filamentos sean más fácilmente deformables durante la operación de gofrado” y “el rodillo de gofrado calentado 98 puede funcionar para eliminar la humedad presente en la estructura fibrosa multicapa 86 cuando entra en la zona de gofrado y resulta en un aumento del módulo de la estructura fibrosa multicapa 86 y/o sus filamentos”.

[0015]El documento US 11628645 divulga que “en particular, la capa de papel húmeda que acaba de ser gofrada permanece en contacto con el elemento calefactor, como el propio cilindro de microgofrado, durante un tiempo

suficientemente prolongado como para permitir el secado de la capa, pero sin reducir la velocidad de procesamiento del papel. De hecho, el tiempo durante el cual la capa de papel húmedo permanece en contacto con el elemento calefactor depende del tamaño de la envoltura de papel alrededor del cilindro de microgofrado que se calienta. Cuanto mayor sea la extensión de dicha envoltura, mayor será la velocidad de procesamiento que se puede garantizar, manteniendo al mismo tiempo la eficiencia del proceso de secado de la capa de papel húmedo recién gofrada”.

[0016]El documento US 20240116286A1 divulga la aplicación de métodos conocidos de calentamiento interno de rodillos de gofrado de acero para calentar internamente los rodillos de presión.

[0017]Un denominador común en la técnica anterior mencionada anteriormente es que, cuando se calienta un rodillo, se calienta internamente, y el rodillo que se calienta suele ser el rodillo de gofrado de grabado en acero. Los rodillos de gofrado de acero se han calentado con aceite caliente, agua caliente, resistencia eléctrica, calor radiante, inducción electromagnética interna e inducción electromagnética externa. Una desventaja de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales es la seguridad del operario, dadas las altas temperaturas de rodillos de gofrado calentados. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales puede ser el tiempo de producción si los operarios deben esperar a que los rodillos de gofrado se enfríen antes de acceder a la máquina, y/o esperar a que los rodillos de gofrado se calienten antes de comenzar la producción, y/o esperar a que los rodillos de gofrado se enfríen antes de cambiarlos por otros rodillos de gofrado con un patrón de gofrado diferente. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales se refiere a las aplicaciones en las que se aplica pegamento a la banda calentada, ya que los rodillos de gofrado de acero calentados pueden calentar de forma adversa el adhesivo y/o crear variaciones dimensionales térmicas que modifican la distancia entre el rodillo aplicador y el rodillo de gofrado. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales es el elevado consumo de energía necesario para calentar el rodillo de gofrado y enfriar el espacio o la habitación

donde se encuentra el rodillo de gofrado. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales puede ser su costo, especialmente en los casos en que los rodillos de gofrado se calientan internamente. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales es la dificultad y los riesgos de seguridad que implica cambiar los rodillos de gofrado de acero calentados por un patrón de gofrado diferente. En el caso de los rodillos de gofrado calentados internamente, es necesario desconectar y volver a conectar el sistema de calentamiento para cambiar los rodillos de gofrado. En el caso de los rodillos de gofrado calentados externamente, puede ser necesario apartar el sistema de calentamiento para cambiar los rodillos de gofrado. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados de la técnica anterior puede consistir en efectos adversos en la sincronización de patrones, cuando se disponen dos rodillos de gofrado con patrones alineados entre sí y uno de ellos, o ambos, se calientan. Además, un inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales es la necesidad de mitigar los efectos adversos del calor sobre las cubiertas de los rodillos de presión cuando la máquina se detiene, y la banda y la convección ya no eliminan el calor de los rodillos de presión. Otro inconveniente de los rodillos de gofrado de acero calentados convencionales es la necesidad de proporcionar cojinetes con refrigeración activa para dichos rodillos de gofrado.

[0018] En las referencias de patentes mencionadas anteriormente no se muestra el control de la temperatura de la superficie del rodillo de presión ni el calentamiento directo de la superficie exterior del rodillo de presión. El documento US 6913673 mencionado anteriormente desaconseja calentar el rodillo de soporte (es decir, el rodillo de presión) cuando se trata de un rodillo de soporte recubierto de caucho: “en una forma de realización alternativa en donde el rodillo de soporte no es un rodillo de soporte recubierto de caucho, se puede calentar el rodillo de soporte 64 en lugar del rodillo de patrón 62. En otra posible forma de realización en donde el rodillo de soporte no sea un rodillo de soporte recubierto de caucho, tanto el rodillo de patrón 62 como el rodillo de soporte 64 podrían calentarse a la misma temperatura o a temperaturas diferentes de forma simultánea o alternativa”. El documento WO2023280722A1 define los rodillos funcionales como rodillos de

presión, rodillos de unión, rodillos cliché u otros rodillos que aplican un producto a la banda, pero que no se calientan directamente mediante su propio dispositivo de calentamiento.

[0019] El diseño estándar del solicitante para muchos modelos de gofradoras y laminadoras de gofradoras que datan de hace más de veinticinco años consiste en dotar a los rodillos de presión con un medio de refrigeración (posiblemente para compensar el calentamiento de los rodillos de gofrado) mediante la perforación y el roscado de los muñones de los rodillos de presión. En pocas ocasiones, a lo largo de ese período de más de veinticinco años, el solicitante también ha proporcionado unidades de control de temperatura que comprenden enfriadores para enfriar los rodillos de presión de dichas gofradoras mediante la circulación de agua de refrigeración a través del interior de los rodillos de presión. Sin embargo, hasta el momento, el solicitante no ha calentado directamente un rodillo de presión no metálico ni ha controlado su temperatura para mejorar el proceso de gofrado. En cambio, el solicitante ha utilizado técnicas convencionales de calentamiento de un rodillo de gofrado de acero para controlar el proceso de gofrado y ha experimentado uno o más de los inconvenientes mencionados anteriormente. Estos inconvenientes de la técnica anterior se abordan en la descripción que sigue a continuación.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0020] La Figura 1 muestra una línea de procesamiento ejemplar con una gofradora de rodillos de acero y no metálicos de dos estaciones.

[0021] La Figura 2 muestra una línea de procesamiento ejemplar con una gofradora de rodillos de acero y no metálicos de una estación.

[0022] La Figura 3 muestra una vista lateral de un ejemplo de máquina gofradora-laminadora.

[0023] Las Figuras 4A-4D son esquemas de configuraciones de ejemplo y trayectos de la banda para gofradoras-laminadoras para diferentes tipos de papel y productos.

[0024] La Figura 5 es una vista isométrica de los sensores de temperatura que se utilizan para detectar la temperatura superficial de un rodillo de presión.

[0025] La Figura 6 muestra una vista lateral de un ejemplo de gofradora-laminadora (por ejemplo, la gofradora-laminadora de la Figura 3) con calentadores para calentar las superficies de los rodillos de presión.

[0026] Las Figuras 7A y 7B son vistas isométricas de una unidad de control de temperatura y un sistema para enfriar el interior de un rodillo de presión.

[0027] La Figura 8 es una vista isométrica de un sistema de carga de rodillos de presión para una gofradora o una gofradora-laminadora.

[0028] La Figura 9 es una vista detallada de un sistema de actuadores para el sistema de carga de rodillos de presión de la Figura 8.

[0029] La Figura 10 es una vista en sección transversal de un actuador para el sistema de carga del rodillo de presión de la Figura 8.

[0030] La Figura 11 es una vista lateral del sistema de carga de rodillos de presión de la Figura 8.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0031] Las Figuras 1 y 2 muestran las líneas de procesamiento 10,12 con las máquinas de gofrado 14,16 para gofrar un material de banda celulósica. Las máquinas de gofrado 14,16 pueden comprender una o más estaciones de gofrado que comprenden un rodillo de gofrado y un rodillo de presión. La Figura 1 muestra un ejemplo de una máquina de gofrado 14 con dos estaciones 18, cada una compuesta por un rodillo de presión no metálico 20 y un rodillo de gofrado de acero 22, y la Figura 2 muestra un ejemplo de una máquina de gofrado 16 con una estación 24 compuesta por un rodillo de presión no metálico 26 y un rodillo de gofrado de acero 28. La Figura 3 muestra otra forma de realización de una máquina de gofrado 30 con dos estaciones 32, cada una de las cuales comprende un rodillo de presión no metálico 34 y un rodillo de gofrado de acero 36. En la Figura 3, la máquina de gofrado 30 comprende una máquina de gofrado y laminado. Además de las dos estaciones de gofrado 32, que constan de un rodillo de gofrado de acero 36 y un rodillo de presión no metálico 34, la máquina posee otros componentes,

como un rodillo de unión 38 y elementos de manipulación de la banda, como un rodillo extensor 40, un rodillo accionado 42 y un rodillo con celda de carga 44. Una o más bandas (capas) 46 de producto celulósico pueden ser gofradas en cada estación de gofrado 32, lo que da como gofrados en la banda. Se puede aplicar un agente aglutinante, por ejemplo, agua o un adhesivo, a la parte superior de los gofrados de las bandas 46 que pasan por una de las estaciones de gofrado 32 antes de combinar las bandas. Un aplicador 48 puede aplicar el agente aglutinante a la banda o bandas dirigida(s) a través de la estación de gofrado superior como se muestra en la Figura 3; alternatively, el aplicador puede aplicar el agente aglutinante a la banda o bandas dirigida(s) a través de la estación de gofrado inferior. El adhesivo puede incluir un componente que se activa con el calor. Se puede aplicar presión a la banda combinada, por ejemplo, con el rodillo de unión 38.

[0032] Las Figuras 4A-4D muestran ejemplos de configuraciones y trayectos de una banda 46 para gofradoras-laminadoras para distintos tipos de papel y productos. En consecuencia, las configuraciones y trayectos de banda de las Figuras 4A-4D se pueden combinar entre sí para obtener otras configuraciones y trayectos de banda. La Figura 4A es una gofradora-laminadora 50 con dos estaciones 52 que tienen un rodillo de presión no metálico 54 y un rodillo de gofrado de acero 56. La Figura 4B es similar a la Figura 4A, con la adición de los elementos de manipulación de banda 40,42,44 que están configurados para no proporcionar ningún ángulo de envoltura de banda en el rodillo de gofrado 56 o en el rodillo de presión 54; en otras palabras, los elementos de manipulación de banda están configurados para permitir el paso tangencial de cada capa 46 entre su respectivo rodillo de gofrado 56 y el rodillo de presión 54, con la banda entrando en contacto con los rodillos 54,56 solo en la zona de gofrado. La Figura 4C proporciona dos capas independientes 46 dirigidas a la estación de gofrado superior. La Figura 4D muestra una máquina en la que una capa inferior no gofrada se lamina a una capa superior. La Figura 4B también proporciona el proceso de la banda de la Figura 4D mediante la apertura de la zona de gofrado inferior (es decir, la descarga del rodillo de presión) y el funcionamiento del rodillo de gofrado inferior como un rodillo guía impulsado.

[0033] Cuando solo se proporciona una estación de gofrado, se puede calentar la superficie exterior del rodillo de presión en esa estación de gofrado. Cuando se proporcionan dos estaciones de gofrado, se puede calentar la superficie exterior del rodillo de presión únicamente en la estación superior, se puede calentar la superficie exterior del rodillo de presión únicamente en la estación inferior, o se puede calentar la superficie exterior del rodillo de presión tanto en la estación superior como en la inferior. Cuando se proporciona una estación de gofrado y un medio de calentamiento, se puede utilizar tanto el gofrado como el gofrado con calentamiento, o no, dependiendo de las necesidades del proceso. Asimismo, en algunas implementaciones, puede resultar beneficioso enfriar la superficie de uno de los rodillos y calentar el interior del rodillo, por ejemplo, el rodillo de unión.

[0034] En los ejemplos de las máquinas de las Figuras 1 a 3, el rodillo de presión 20,26,34 puede comprender un cuerpo de rodillo cilíndrico con un muñón en cada extremo. El rodillo de presión 20,26,34 puede ser de construcción de rodillo convencional. El rodillo de presión 20,26,34 puede construirse para una deflexión lineal, por ejemplo, como se describe en la patente europea EP 2974857. El rodillo de presión 20,26,34 también puede proporcionarse con una cubierta que comprende uno o más materiales no metálicos como cauchos, termoplásticos, termoestables, elastómeros termoplásticos y siliconas. La cubierta del rodillo de presión 20,26,34 puede especificarse por material y dureza. Algunos ejemplos de materiales para la cubierta del rodillo de presión son el nitrilo, el uretano, la silicona y el Hypalon. La cubierta del rodillo de presión 20,26,34 puede estar identificada con una marca comercial del proveedor de la cubierta. Los ejemplos de proveedores de cubiertas son Rotadyne, Trelleborg, Clarke Roller, Valley Roller y Hannecard. La dureza del material de la cubierta del rodillo de presión puede tener una dureza Shore de aproximadamente 45 y 90 en la escala de durómetro Shore A (según se establece en las pruebas de dureza Shore A realizadas de acuerdo con la norma ASTM D2240). La dureza del material de la cubierta del rodillo de presión puede ser de 55 Shore A, 60 Shore A o 65 Shore A. La cubierta del rodillo de presión puede estar compuesta de un solo material. La cubierta del rodillo de presión puede estar compuesta por más de un material para obtener

una cubierta de doble dureza; por ejemplo, un material base (material interior) con una dureza Shore de 90 Shore A y un material exterior con una dureza Shore de 50 Shore A, 55 Shore A, 60 Shore A, 65 Shore A u otra dureza.

[0035] Con el objetivo de identificar las condiciones óptimas para maximizar el volumen, los inventores emprendieron una investigación para investigar los efectos de las diferentes temperaturas y niveles de humedad en la creación y retención del volumen durante el proceso de gofrado. Se estudiaron diferentes tipos de papel higiénico crepé seco, tanto de fibra reciclada como virgen. Un experimento de cribado demostró que tanto el calor como la humedad tuvieron un efecto significativo en la generación de volumen y la resistencia a la tracción. Los resultados fueron compatibles con el efecto plastificante de la humedad sobre la lámina, lo cual era de esperar, mientras que la adición de calor mostró el resultado opuesto, lo cual fue sorprendente. Un estudio adicional realizado para eliminar los efectos de secado del calor, que tenía un efecto enmascarador tanto sobre la humedad como sobre el calor, demostró que el calibre, la fuerza de tracción en la rotura y la elongación en la rotura están correlacionados positivamente con el aumento del contenido de humedad de la lámina durante el gofrado, lo que coincide con los efectos previstos de la humedad en las propiedades del papel; y que el calibre, la fuerza de tracción en la rotura y la elongación en la rotura están todos correlacionados negativamente con el aumento de la temperatura de la lámina durante el gofrado, lo que fue nuevamente sorprendente dado el conocido impacto positivo de los rodillos de gofrado calentados, como se indica en la técnica anterior.

[0036] Sin querer estar sujetos a ninguna teoría, se cree que al calentar la superficie del rodillo de presión 20,26,34, las propiedades de la cubierta del rodillo de presión pueden alterarse ventajosamente. Sin querer estar sujetos a ninguna teoría, se cree que, al calentar la superficie del rodillo de presión 20,26,34 desde fuera (o exterior del) rodillo de presión, la cubierta del rodillo de presión puede tener una capa calentada muy delgada con una dureza menor que el resto del material de la cubierta. Se cree que puede ser conveniente que la cubierta del rodillo de presión tenga una capa interior que proporcione un soporte firme y una capa exterior más suave que se adapte a los elementos de gofrado sin una tensión

excesiva en la cubierta, y que la tensión se recupere para cuando una sección determinada de la cubierta vuelva a entrar en la zona de gofrado tras la siguiente rotación completa del rodillo.

[0037] Si bien puede ser posible lograr los efectos mencionados con una cubierta de doble dureza del rodillo de presión, existen varias razones por las que puede ser ventajoso calentar el rodillo de presión 20,26,34 en lugar de simplemente utilizar un rodillo de presión con una cubierta de doble dureza. En la medida en que resulte beneficioso para el rodillo de presión tener una capa exterior blanda y muy fina, por ejemplo, del orden de 1 mm a 2 mm, puede resultar difícil fabricar una cubierta de doble dureza para un rodillo de presión con una capa exterior de ese grosor deseado. Calentar la superficie de la cubierta del rodillo de presión tiene la ventaja de que permite que el rodillo de presión alcance rápidamente la temperatura de funcionamiento durante la puesta en marcha inicial. Además, en la medida en que resulte beneficioso formar un gradiente a través de una sección transversal de la cubierta (un gradiente en propiedades como la temperatura, la dureza, etc.), un rodillo de presión con una cubierta de doble dureza puede presentar un cambio brusco en las propiedades en lugar del gradiente en las propiedades de la cubierta que podría resultar del calentamiento de la superficie del rodillo de presión (y, opcionalmente, como se analizará con más detalle más adelante, del enfriamiento del interior del rodillo de presión).

[0038] Al analizar las ventajas de un rodillo de presión 20,26,34 con control de la temperatura interior y exterior, se puede emplear un control de circuito cerrado de la temperatura interior, la temperatura exterior o ambas. Un rodillo de presión 20,26,34 con control de temperatura puede lograr un rendimiento más constante y permitir un desarrollo más efectivo del gradiente de temperatura en la cubierta no metálica durante el funcionamiento. Mediante el control del gradiente en la cubierta no metálica del rodillo de presión 20,26,34, las propiedades de gofrado efectivas de la cubierta pueden manipularse intencionalmente dentro de las limitaciones del material para lograr el rendimiento deseado para diversas condiciones de funcionamiento y propiedades del producto.

[0039] Para lograr un control de bucle cerrado para formar un gradiente de propiedades de la cubierta, se puede controlar la temperatura interna del cuerpo del rodillo de presión 20,26,34. Un método de control puede incluir un sistema de control de temperatura de líquido circulante donde los parámetros operativos del sistema, incluidos, entre otros, la capacidad calorífica específica del fluido, el caudal del fluido y la temperatura del fluido de suministro y la temperatura del fluido de retorno, pueden utilizarse para aproximar la temperatura interna del cuerpo del rodillo de presión 20,26,34. Es probable que sea ventajoso medir indirectamente la temperatura interna del cuerpo del rodillo de presión 20,26,34 con un sistema de este tipo para mantener un diseño de sistema simple y eliminar la necesidad de sensores internos y medios para recopilar señales y suministrar energía a esos sensores. Además, o como alternativa, se puede controlar la temperatura exterior de la superficie de la cubierta del rodillo de presión 20,26,34. Un método de monitoreo de este tipo puede comprender un dispositivo de detección de temperatura sin contacto, como la cámara termográfica Flir AX8 Ethernet/IP, para controlar la salida de un dispositivo de calentamiento externo. Luego se puede utilizar un modelo empírico o analítico de balance energético para el sistema a efectos de relacionar la diferencia de temperatura y los parámetros de funcionamiento con las características de gradiente deseadas de la cubierta del rodillo de presión.

[0040] La Figura 5 muestra una implementación de ejemplo de sensores de temperatura 60 para detectar la temperatura superficial del rodillo de presión 34 de la gofradora-laminadora de la Figura 3. Se pueden utilizar implementaciones similares para el rodillo de unión y otros rodillos de proceso. Las cámaras termográficas Flir AX8 Ethernet/IP son un ejemplo de sensor de temperatura con una exactitud y granularidad satisfactorias. En una forma de realización alternativa, la temperatura superficial (y las fuerzas de presión) del rodillo de presión 20,26,34 se pueden medir con tecnología integrada en la cubierta del rodillo, como es común en las calandras de las máquinas de papel.

[0041] Las temperaturas superficiales de los rodillos de presión, el rodillo de unión y otros rodillos de proceso pueden correlacionarse con los rangos de especificación

de procesamiento de los materiales de los rodillos para evitar daños en los rodillos, por ejemplo, reduciendo la velocidad de la máquina o deteniéndola. Cabe señalar que las temperaturas umbral que indican sobrecalentamiento pueden variar según las especificaciones de la cubierta del rodillo. Puede resultar beneficioso aplicar una metodología de clasificación a las imágenes capturadas por la cámara termográfica para identificar regiones anómalas en el gradiente de temperatura en la superficie del rodillo. Las regiones anómalas podrían indicar condiciones de carga desigual, presión incorrecta, deformación del rodillo, fallo inminente (como la deslaminación de la cubierta del cuerpo del rodillo) o áreas que podrían provocar fallos o defectos en el proceso causados por la contaminación del rodillo de presión o del rodillo de gofrado.

[0042] Los datos indicativos de la temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión 20,26,34 pueden combinarse con otros parámetros operativos de la estación de gofrado para predecir el funcionamiento general del rodillo de presión y cualquier aparición de una condición de sobrecalentamiento. Por ejemplo, la temperatura superficial de la cubierta del rodillo de presión se puede combinar con un valor normalizado generado por la potencia de entrada del motor multiplicada por el número de revoluciones del rodillo. Se pueden recopilar datos sobre la temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión y la fuerza de contacto para determinar el funcionamiento general de la estación de gofrado y si la fuerza de contacto contribuye a la temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión. Se pueden recopilar datos sobre la temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión, la fuerza de contacto y la velocidad de la banda para determinar si la fuerza de contacto y/o la velocidad de la banda contribuyen a la temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión.

[0043] También se puede medir el calibre de la banda y combinarlo con la temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión para determinar el funcionamiento general de la estación de gofrado. Por ejemplo, el calibre de la banda se puede medir con una cámara o un sensor orientado en paralelo al eje de un rodillo guía y alineado con la cara cilíndrica del rodillo. O bien, el calibre de la banda se puede medir con una cámara o un sensor orientado perpendicularmente

al eje de un rodillo guía y alineado con el radio del rodillo guía. En implementaciones donde las señales son insuficientes para generar datos de calibre absolutos de manera confiable, o para producir resultados compatibles con diferentes tipos de bandas, las señales aún pueden ser satisfactorias para determinar la transformación relativa del calibre de una banda determinada antes y después del gofrado. La transformación del calibre se puede medir midiendo el calibre o los calibres combinado(s) de la banda o bandas que entra(n) en la gofradora o gofradora-laminadora, midiendo el calibre de la banda combinada que sale de la gofradora o gofradora-laminadora y comparando los dos valores. Los datos de temperatura del rodillo de presión se pueden combinar con los datos de transformación del calibre y utilizarse como limitador para los aumentos en la fuerza de la zona de gofrado, para maximizar la transformación del calibre frente a la degradación de la resistencia de la lámina, teniendo en cuenta que hay rendimientos decrecientes en el aumento de la fuerza de la zona de gofrado. Los datos de temperatura del rodillo de presión se pueden combinar con los datos de transformación del calibre para compensar el arranque del rodillo de presión y el tiempo necesario para que el rodillo de presión se caliente y alcance una temperatura de funcionamiento estable y deseada.

[0044] El análisis de regresión puede utilizarse para predecir cualquier aumento de temperatura del rodillo de presión, de modo que la velocidad de procesamiento y/o la fuerza de la zona de gofrado puedan ajustarse antes de que se alcancen niveles críticos. La temperatura de la superficie de la cubierta del rodillo de presión también puede utilizarse para detectar condiciones de funcionamiento anormales. Se pueden registrar datos que indiquen la temperatura y la carga para determinar la vida útil del rodillo de presión. Los datos de carga pueden determinarse mediante el monitoreo de los niveles de potencia de funcionamiento o la energía que entra en un rodillo. El factor de vida útil del rodillo de presión se puede calcular multiplicando el nivel de potencia por el número de revoluciones del rodillo. Estos métodos podrían permitir el desarrollo de un modelo de regresión para diversos rodillos de presión y sus respectivas cubiertas. Estos métodos también pueden permitir definir una forma operativa "nominal" para el rodillo de presión. Estos métodos pueden

permitir predecir la forma de funcionamiento del rodillo de presión, y se pueden generar alertas cuando las predicciones indiquen que el rodillo de presión no está funcionando de forma óptima.

[0045] En algunas implementaciones, puede resultar ventajoso modular la temperatura de la superficie del rodillo de presión en función de la velocidad de la banda. La modulación de la temperatura es una forma no limitante de adaptarse a las propiedades viscoelásticas de la cubierta del rodillo de presión. Por ejemplo, a medida que aumenta la velocidad de la banda, la tasa de deformación de la cubierta del rodillo de presión puede aumentar, lo que resulta en un módulo elástico efectivo más alto. Si los cambios resultantes varían lo suficiente en todo el rango de velocidad de funcionamiento como para afectar al proceso de gofrado, se puede modificar la temperatura superficial objetivo para compensar dicha variación. Modificar la temperatura de la superficie objetivo puede servir para mantener un rendimiento de gofrado uniforme al variar la velocidad de la banda. En la implementación más básica, la compensación de las variaciones en el módulo elástico mediante el cambio de la temperatura de la superficie objetivo puede determinarse a partir de datos empíricos e incorporarse a una función de regresión que incluya la magnitud de la deformación, la tasa de deformación en relación con la velocidad de la banda y la geometría del punto de contacto, y un módulo de superficie objetivo. En una forma de realización alternativa, las imágenes de un sistema de visión para el control de la calidad del gofrado pueden analizarse (por un operador o mediante un sistema de aprendizaje automático) en un rango de velocidades de banda y temperaturas del rodillo de presión para determinar una curva satisfactoria de temperatura de la superficie del rodillo de presión en función de la velocidad de la banda. En el caso de un modelo dinámico de aprendizaje automático, dicho sistema puede configurarse para monitorear automáticamente la estructura gofrada de la banda en busca de una característica definida o "métrica de calidad" que permita controlar el sistema para ajustar la temperatura superficial del rodillo de presión a fin de obtener así el resultado más óptimo para los parámetros operativos actuales del sistema de gofrado.

[0046] Hay varios aspectos a tener en cuenta al seleccionar, ubicar y montar un dispositivo para calentar directamente un rodillo de presión, en particular un dispositivo para calentar directamente la superficie exterior del rodillo de presión. Preferiblemente, la carcasa de cualquier dispositivo de calentamiento debería ser segura al tacto, principalmente para reducir los riesgos de seguridad a los que están expuestas las personas que trabajan con la máquina y para reducir el riesgo de incendio debido al polvo, y también para evitar cualquier efecto adverso en los equipos o materias primas cercanas, como papel y adhesivos. Dependiendo de la fuente de calor, puede ser necesario aislar el aparato calefactor para que sea seguro al tacto. Si bien no se descarta calentar la superficie del rodillo de presión a través de la banda, especialmente dado que las teorías de la técnica anterior sugieren que es beneficioso calentar algunos tipos de banda, puede ser preferible ubicar el dispositivo de calentamiento en un lugar donde el calor no tenga que pasar a través de la banda. Puede ser preferible ubicar el dispositivo de calentamiento de manera que se mueva con el rodillo de presión, para garantizar que el rodillo de presión y el dispositivo de calentamiento no interfieran entre sí. Puede ser preferible ubicar el dispositivo de calentamiento de manera que permanezca fijo, para que los cables o mangueras no tengan que moverse y, por lo tanto, estén menos expuestos al desgaste. Es preferible ubicar el dispositivo de calentamiento de manera que no esté expuesto al agente aglutinante (que puede gotear del aplicador) ni a los residuos que puedan caer, y de manera que se minimice la exposición al polvo que se libera de la banda durante el proceso de gofrado. El espacio disponible para el dispositivo de calentamiento está limitado por los espacios ya ocupados por otros equipos, como campanas de control de polvo o dispositivos de limpieza de rodillos. Si el espacio es limitado, puede ser necesario montar el dispositivo de calentamiento en la estructura de otro dispositivo, como por ejemplo una campana de control de polvo. Es preferible ubicar el dispositivo de calentamiento de manera que no interfiera con la extracción de los rodillos de proceso que a veces se cambian en una gofradora o gofradora-laminadora. Si el dispositivo de calentamiento debe interferir con la extracción de algún rodillo de proceso, es preferible evitar interferir con la extracción de aquellos rodillos que se

cambian con mayor frecuencia, que en algunos casos pueden incluir los rodillos de gofrado.

[0047] La Figura 6 muestra ubicaciones de ejemplo para las fuentes de calor 62 en la gofradora y laminadora 30 de la Figura 3. La fuente de calor 62 puede consistir en un emisor de calor infrarrojo. Dicho emisor de calor infrarrojo puede proporcionar una fuente de calor adecuada para aumentar directamente la temperatura de la superficie del rodillo de presión 34. Los emisores de calor infrarrojo están disponibles, por ejemplo, en Baldwin Technologies, Heraeus, Weco International y XDS. Una ventaja de un rodillo de presión con calentamiento externo frente a los rodillos de gofrado con calefacción convencionales es que el consumo de energía puede ser menor: por ejemplo, alrededor de 4-10 kW por rodillo para un rodillo de presión con calentamiento frente a 75-150 kW por rodillo para un rodillo de gofrado de acero con calentamiento. La superficie del rodillo de presión puede calentarse, por ejemplo, a una temperatura comprendida en el rango de alrededor de 25-260 grados Celsius, dependiendo en parte de la temperatura máxima de funcionamiento continuo y la temperatura máxima de funcionamiento del material de la cubierta del rodillo de presión, según lo especificado por el proveedor del material de la cubierta. Además, o como alternativa, la fuente de calor 62 puede ser un generador de aire caliente con un chorro en forma de cuchilla que incide sobre la superficie del rodillo de presión. Además, o como alternativa, la fuente de calor 62 puede ser un concepto de bomba de calor termoeléctrica (bomba de calor Peltier). Además, o como alternativa, la fuente de calor 62 puede ser un cartucho de calor, por ejemplo, disponible en Omega Engineering. Además, o como alternativa, la fuente de calor 62 puede ser un calentador flexible, por ejemplo, disponible en Omega Engineering. Además, o como alternativa, la fuente de calor 62 puede estar dentro del cuerpo del rodillo de presión y calentar la superficie del rodillo de presión desde el interior. Estos rodillos están disponibles en American Roller, Tokuden y Converter Accessory Corporation.

[0048] Puede resultar beneficioso enfriar el interior del rodillo de presión para controlar las propiedades de gradiente de la cubierta durante el funcionamiento. En un aspecto, puede resultar beneficioso controlar inicialmente la temperatura del

interior del rodillo de presión calentándolo o enfriándolo hasta que la máquina alcance la temperatura de funcionamiento. Puede resultar beneficioso enfriar el interior del rodillo de presión, posiblemente en mayor medida que durante el funcionamiento, cuando la máquina reduce la velocidad (por ejemplo, durante un empalme de la banda) o se detiene de manera que la banda disipe menos calor, para evitar una acumulación excesiva de calor en el rodillo de presión.

[0049] Las Figuras 7A y 7B son ejemplos de un sistema de control de temperatura 64 para enfriar el interior de un rodillo de presión 66 mediante un fluido en circulación. El fluido en circulación puede ser agua. El fluido en circulación puede mantenerse a una temperatura en el rango de 30 a 50 grados Celsius. Las mangueras/tuberías que conectan el sistema de control de temperatura 64 con los muñones del rodillo de presión no se muestran en las Figuras 7A-7B. Se puede medir la temperatura de la parte interior de la cubierta del rodillo de presión 66, o la temperatura del interior del rodillo de presión 66, o la temperatura del fluido en circulación. Accionar el rodillo de presión es otra forma de evitar la acumulación de calor en el rodillo. Se puede proporcionar una cuchilla de aire para enfriar el rodillo de presión y/o la fuente de calor.

[0050] Para ajustar la fuerza de la zona de gofrado en función de la temperatura de la superficie del rodillo de presión, la transformación del calibre u otras variables posteriores de la gofradora, como el diámetro del producto en rollo y la firmeza del producto en rollo, puede ser beneficioso controlar la posición del rodillo de presión 66 con un sistema de carga del rodillo de presión 68 que comprende un servoactuador 70. La Figura 8 es una vista isométrica del sistema de carga del rodillo de presión 68, que puede utilizarse junto con las máquinas de gofrado que se muestran en las Figuras 1 o 2, o con una gofradora y laminadora, por ejemplo, como se muestra en las Figuras 3 y 6. Las Figuras 9 y 10 muestran vistas adicionales del servoactuador 70 del sistema de carga del rodillo de presión 68 de la Figura 8. El servoactuador 70 está montado en el bastidor 72 de la máquina con grados de libertad en dos direcciones de rotación 74,76 para permitir la desalineación del actuador 70 y así prolongar la vida útil del sistema de carga del rodillo de presión 68.

[0051] Calentar la superficie del rodillo o rodillos de presión resulta beneficioso para algunos productos. El calentamiento del o de los rodillos de presión, junto con el control de la humedad de la banda, puede aportar beneficios adicionales para algunos productos. Para algunos productos de banda, puede ser beneficioso aumentar el contenido de humedad de la banda para lograr una humedad sin condensación, lo que, especialmente en el caso de bandas que no se hayan producido recientemente en una máquina de papel, puede reacondicionar la banda para que tenga propiedades más parecidas a las de una banda producida más recientemente. Se puede aplicar humedad en forma de agua, vapor seco o vapor saturado a la banda utilizando métodos conocidos antes o durante el gofrado.

[0052] Un experto en la técnica puede concebir formas de realización adicionales después de leer esta divulgación. En otras formas de realización, se pueden realizar ventajosamente combinaciones o subcombinaciones de la invención descrita anteriormente. Los ejemplos de disposiciones de los componentes se muestran con fines ilustrativos y debe entenderse que en formas de realización alternativas de la presente invención se contemplan combinaciones, adiciones, reorganizaciones y similares. Por lo tanto, se pueden realizar diversas modificaciones y cambios sin apartarse del espíritu y alcance más amplios de la invención como se establece en las reivindicaciones y que la invención pretende abarcar todas las modificaciones y los equivalentes comprendidos por el alcance de las siguientes reivindicaciones.