

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 737**

51 Int. Cl.:

D21H 17/16 (2006.01)
D21H 17/37 (2006.01)
D21H 17/62 (2006.01)
D21H 17/67 (2006.01)
D21H 17/68 (2006.01)
D21H 21/16 (2006.01)
D21H 21/18 (2006.01)
D21H 23/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2021** **E 21154736 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2023** **EP 4036305**

54 Título: **Método de fabricación de papel**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
06.06.2024

73 Titular/es:

BILLERUD AKTIEBOLAG (PUBL) (100.0%)
Box 703
169 27 Solna, SE

72 Inventor/es:

VALTANEN, EERO ANTERO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 971 737 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

Método de fabricación de papel

5 Campo técnico de la invención

La presente divulgación se refiere al campo de fabricación de papel.

Antecedentes

10

En el campo de fabricación de papel, es difícil lograr ciertas combinaciones de propiedades de papel. Como ejemplo, en general es difícil producir un papel de alta resistencia a la flexión que, al mismo tiempo, tenga superficies lisas. Esto se debe a que la operación de calandrado que se usa normalmente para alisar las superficies también densifica el papel y por lo tanto, lo hace flexible. Otro ejemplo de propiedades conflictivas son la resistencia en húmedo y reciclabilidad, puesto que esta última requiere la reducción a pulpa del papel, que habitualmente se obstaculiza por la resistencia en húmedo. Aún otro ejemplo es que frecuentemente hay un conflicto entre baja porosidad y buena formación. Esto se debe a que la baja porosidad habitualmente requiere pulpa altamente refinada que frecuentemente es difícil de deshidratar. Para superar el problema de deshidratación, se puede incrementar la consistencia de caja de entrada y/o se pueden adicionar más productos químicos de retención. Sin embargo, se conoce que ambas medidas perjudican la formación.

15

20

WO 2020/128144 A1 divulga un método para producir papel o cartón que comprende triturar existencias de fibras secadas en un sistema de trituración, descamar y/o refinar las existencias en un descamador y/o un refinador, dirigir las existencias descamadas y/o refinadas a una caja de entrada, formar una trama y secar la trama. Menciona además la adición de un aditivo de fabricación de papel polimérico a una o más de las existencias de fibras secadas y fibras nunca secadas antes de descamación y/o refinado de las existencias.

25

WO 2018/229345 A1 divulga un sistema aditivo de resistencia para fabricar papel, cartón, pañuelo o similares. El sistema comprende un agente de resistencia catiónico, tal como un polímero catiónico con grupos funcionales aldehído, y un copolímero aniónico.

30

Breve descripción

Un objetivo de la presente divulgación es proporcionar un método para producir un papel reciclable que tenga una resistencia en húmedo relativamente alta. En algunas realizaciones, también es un objetivo que el papel exhiba al menos una y preferentemente todas de las siguientes propiedades: buena formación; baja porosidad; y baja rugosidad superficial sin incrementar demasiado la densidad.

35

Por consiguiente, se proporciona un método para producir un papel en una máquina de papel. El método comprende los pasos de:

40

- a) proporcionar una pulpa, tal como una mezcla de pulpa de madera dura y pulpa de madera blanda;
- b) adicionar poliacrilamida glioxilada catiónica (G-PAM) a la pulpa;
- c) formar una trama a partir de la pulpa en una sección de formación que comprende una caja de entrada;
- d) presionar la trama en una sección de prensa;
- e) secar la trama en una sección de secado; y
- f) opcionalmente calandrar la trama en una calandra

45

donde el método comprende además adicionar un polímero aniónico a la pulpa antes de que se adicione la G-PAM catiónica, el pH de la pulpa está en el intervalo de 6,5-8,0 cuando se adiciona el polímero aniónico y el pH de la pulpa está en el intervalo de 4,8-5,5 cuando se adiciona la G-PAM catiónica.

50

En una realización del método, la pulpa se somete a refinado de LC después de la adición del polímero aniónico.

En una realización, el método comprende además adicionar al menos un tamaño hidrófobo a la pulpa. Por ejemplo, el pH de la pulpa está en el intervalo de 4,8-5,5 cuando se adiciona el al menos un encolado hidrófobo y/o la consistencia de la pulpa está en el intervalo de 1,5-3,0 % cuando se adiciona el al menos un encolado hidrófobo.

55

Cuando el método comprende adicionar al menos un encolado hidrófobo a la pulpa, puede comprender además adicionar alumbre a la pulpa.

60

Descripción detallada

Por lo tanto, se proporciona un método para producir un papel en una máquina de papel, que comprende los pasos de:

- a) proporcionar una pulpa;
- b) adicionar poliacrilamida glioxilada catiónica (G-PAM) a la pulpa;
- c) formar una trama a partir de la pulpa en una sección de formación que comprende una caja de entrada;

65

- d) presionar la trama en una sección de prensa;
- e) secar la trama en una sección de secado; y
- f) opcionalmente calandrar la trama en una calandra.

- 5 En una realización, la pulpa preferentemente es una mezcla de pulpa de madera dura y pulpa de madera blanda. Esta realización es particularmente relevante para la pulpa blanqueada. La relación en peso seco de pulpa de madera dura a pulpa de madera blanda puede estar entre 70:30 y 10:90, tal como entre 60:40 y 25:75, preferentemente entre 60:40 y 30:70, más preferentemente entre 55:45 y 40:60.
- 10 La pulpa se puede blanquear o no blanquear. Cuando no se blanquea, puede ser una pulpa de madera blanda al 100 %.
- La pulpa es preferentemente una pulpa de papel estraza. Por ejemplo, puede ser una mezcla de una pulpa de sulfato de madera dura blanqueada y una pulpa de sulfato de madera blanda blanqueada.
- 15 La pulpa rota se adiciona habitualmente, por ejemplo, en una proporción de 5-30 % (p/p). La pulpa rota se obtiene preferentemente del mismo método. La pulpa rota se adiciona habitualmente aguas abajo de un paso de refinado. Sin embargo, la pulpa rota se puede adicionar aguas arriba de la adición del polímero aniónico (se analiza más adelante). En una realización, la pulpa rota se adiciona aguas abajo de un paso de refinado, pero aguas arriba de todas las adiciones de productos químicos de fabricación de papel.
- 20 El método comprende preferentemente el refinado de la pulpa, por ejemplo, a un grado tal que un número de Schopper-Riegler (SR) de 20-30, preferentemente 22-30, tal como 23-28. El refinado se puede llevar a cabo en diferentes posiciones entre la cocción y la caja de entrada. En cualquier caso, los intervalos de números de SR proporcionados en la presente se refieren a la pulpa en la caja de entrada. En el contexto de la presente divulgación, los números de SR se miden de acuerdo con ISO 5267-1:1999.
- 25 El refinado normalmente comprende refinado de LC de baja consistencia, por ejemplo, refinado a una consistencia de 2-5 %, tal como 3-4 %. En algunas realizaciones que comprenden refinado de LC, no se lleva a cabo refinado de alta consistencia (HC).
- 30 Cuando se adiciona la G-PAM catiónica a la pulpa, la pulpa tiene un pH en el intervalo de 4,8-5,5, tal como 5,0-5,5.
- Además, la consistencia de la pulpa está preferentemente en el intervalo de 1,5-3,0 % cuando se adiciona la G-PAM catiónica.
- 35 Preferentemente, el refinado solo se lleva a cabo antes de la adición de la G-PAM catiónica. Por consiguiente, en una realización del método, la pulpa no se somete a ningún refinado después de la adición de la G-PAM catiónica.
- 40 La cantidad total de G-PAM catiónico adicionado a la pulpa puede ser 1,5-3,0 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 2,0-3,0 kg/tonelada de fibra seca, tal como 2,5-3,0 kg/tonelada de fibra seca.
- Como ejemplo, G-PAM catiónica se puede adicionar a la pulpa en la tubería que conduce desde la caja de máquina hasta la fosa de aguas coladas de tela de la máquina de papel.
- 45 La mezcla de esta G-PAM catiónica con la pulpa se puede ayudar por una bomba. La bomba se dispone preferentemente aguas arriba de una bomba de caja de entrada (y por supuesto, aguas abajo del punto de adición de la G-PAM catiónica). En una realización, la bomba se dispone aguas arriba de una fosa de aguas coladas de tela, que a su vez se dispone aguas arriba de la bomba de caja de entrada.
- 50 El método comprende además adicionar un polímero aniónico a la pulpa, entre otros, para equilibrar la carga de la pulpa. El polímero aniónico puede ser, por ejemplo, poliacrilamida aniónica (A-PAM). La cantidad total de A-PAM adicionado a la pulpa puede ser 0,20-1,00 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 0,25-0,75 kg/tonelada de fibra seca, más preferentemente 0,35-0,55 kg/tonelada de fibra seca. El polímero aniónico se adiciona a la pulpa antes de que se adicione la G-PAM catiónica a la pulpa. El pH de la pulpa está en el intervalo de 6,5-8,0 cuando se adiciona el polímero aniónico.
- 55 En una realización, el refinado de LC se lleva a cabo antes y después de la adición del polímero aniónico. En este caso, la cantidad de refinado de LC (medida como kWh/tonelada de fibra seca) puede ser mayor antes que, después de la adición del polímero aniónico.
- 60 El método puede comprender además adicionar al menos un encolado hidrófobo a la pulpa, reduciendo de este modo la absorción de agua del papel y mejorando de esta manera su durabilidad en condiciones húmedas o mojadas.
- El al menos un encolado hidrófobo comprende preferentemente encolado de colofonia. El encolado de colofonia se puede adicionar a la pulpa en una cantidad total de 1,0-4,0 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 1,5-3,0 kg/tonelada de fibra seca, más preferentemente 1,5-2,5 kg/tonelada de fibra seca.
- 65 Además, el al menos un encolado hidrófobo puede comprender anhídrido alquénilsuccínico (ASA) o dímero de

alquilceteno (AKD), preferentemente AKD. El AKD se puede adicionar a la pulpa en una cantidad total de 0,3-2,0 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 0,4-1,5 kg/tonelada de fibra seca, más preferentemente 0,4-1,0 kg/tonelada de fibra seca.

5 Preferentemente, el al menos un encolado hidrófobo comprende tanto encolado de colofonia como AKD.

Cuando se adiciona el al menos un encolado hidrófobo, el pH de la pulpa está preferentemente en el intervalo de 4,8-5,5 y la consistencia de la pulpa está preferentemente en el intervalo de 1,5-3,0 %.

10 En una realización, la pulpa no se somete a refinado después de la adición de al menos un encolado hidrófobo.

El al menos un encolado hidrófobo se adiciona preferentemente después de la adición del polímero aniónico analizado anteriormente. Como ejemplo, el al menos un encolado hidrófobo se puede adicionar a la pulpa en la tubería que conduce desde la caja de máquina hasta la fosa de aguas coladas de tela de la máquina de papel.

15 Una realización del método comprende además adicionar alumbre a la pulpa, por ejemplo, en una cantidad total de 2,0-8,5 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 2,5-5,5 kg/tonelada de fibra seca, más preferentemente 2,5-4,5 kg/tonelada de fibra seca. El alumbre se adiciona preferentemente a la pulpa antes de que se adicione cualquier encolado hidrófobo a la pulpa.

20 En el método, la consistencia de caja de entrada de la pulpa puede ser 0,20-0,60 %, tal como 0,30-0,55 %, tal como 0,35-0,50 %, en particular cuando el gramaje está por arriba de 100 g/m². Los presentes inventores han logrado obtener una buena formación con esta consistencia de caja de entrada, también cuando la pulpa se somete a refinado de LC y se adicionan productos químicos de fabricación de papel.

25 Para mejorar la formación, la sección de formación de la máquina de papel puede comprender un agitador de alambre.

En una realización del método, el contenido seco en dirección transversal de la trama se controla mediante una caja de vapor dispuesta en el extremo aguas abajo de la sección de formación.

30 El pH de la pulpa en la caja de entrada puede estar en el intervalo de 4,8-5,5, preferentemente 5,0-5,5.

En una realización del método, se adiciona un relleno inorgánico, tal como arcilla, a la pulpa. El relleno inorgánico se puede adicionar en una cantidad tal que el contenido de ceniza del papel esté en el intervalo de 2,0-5,5 %, tal como 3,0-5,0 %. La adición de relleno inorgánico habitualmente mejora las propiedades superficiales del papel. Sin embargo, un inconveniente de la adición de relleno inorgánico puede ser las propiedades de menor resistencia. Además, la adición de relleno inorgánico habitualmente incrementa la densidad del papel. Aún así, los inversores actuales han logrado mantener la densidad del papel por debajo de 915 kg/m³ (en el ensayo a escala completa 1 incluso por debajo de 890 kg/m³) en tanto que obtienen propiedades de resistencia en húmedo relativamente altas con un contenido de cenizas de 4 % (ver tabla 1).

La arcilla se adiciona preferentemente en la circulación corta de la máquina de papel.

45 Una realización del método comprende además adicionar un agente de resistencia en seco a la pulpa. El agente de resistencia en seco puede ser almidón, preferentemente almidón catiónico. La cantidad total de almidón que se adiciona a la pulpa puede ser 2,0-7,0 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 3,5-6,0 kg/tonelada de fibra seca.

La sección de prensa de la máquina de papel puede comprender una prensa de zapata, que puede funcionar a una carga de línea de 650-950 kN/m, tal como 750-900 kN/m. Aguas arriba de la prensa de zapata, puede haber al menos una línea de contacto de prensa adicional, tal como dos líneas de contacto de prensa adicionales. El primero de estos se puede operar a una carga de línea de 40-90 kN/m, tal como 50-70 kN/m, en tanto que el segundo se puede operar a una carga de línea de 50-100 kN/m, tal como 60-90 kN/m. Por lo tanto, la carga de línea de la primera línea de contacto de la prensa es preferentemente menor que la carga de línea de la segunda línea de contacto de prensa.

55 El calandrado del paso f) se lleva a cabo cuando se desea una rugosidad superficial baja. La calandra del paso f) es preferentemente una calandra de línea de contacto suave, que puede funcionar a una carga de línea de 60-170 kN/m, preferentemente 80-140 kN/m, tal como 100-140 kN/m. El rodillo duro de la calandra de línea de contacto suave se puede calentar, preferentemente a una temperatura en el intervalo de 100-200 °C, tal como 100-150 °C o 120-180 °C. El contenido de humedad de la trama puede ser de 7,0-8,5 % al ingresar a la calandra del paso f).

60 El método de la presente divulgación facilita la producción de un papel que tiene ciertas propiedades:

El gramaje del papel es habitualmente 50-200 g/m², tal como 70-160 g/m². El método de la presente divulgación es particularmente beneficioso en caso de un gramaje de al menos 100 g/m², tal como al menos 120 g/m². Los papeles producidos en los ensayos a escala completa 1-3 descritos más adelante tuvieron todos un gramaje por arriba de 120 g/m² (ver tabla 1). De acuerdo con la presente divulgación, el gramaje se mide de acuerdo con ISO:536:2019.

La rugosidad de Bendtsen de al menos un lado del papel es preferentemente inferior a 250 ml/min, preferentemente inferior a 220 ml/min, más preferentemente inferior a 160 ml/min. En una realización, la rugosidad de Bendtsen de ambos lados del papel es inferior a 600 ml/min, tal como inferior a 500 ml/min, tal como inferior a 400 ml/min. En el contexto de la presente divulgación, la rugosidad de Bendtsen se mide de acuerdo con SS-ISO 8791-2:2013. Para obtener valores de rugosidad de Bendtsen bajos, se lleva a cabo el paso f).

La densidad (medida de acuerdo con ISO 534:2011) del papel es preferentemente inferior a 950 kg/m³, más preferentemente inferior a 920 kg/m³. Al mismo tiempo, la densidad es normalmente superior a 600 kg/m³, más preferiblemente inferior a 650 kg/m³. El presente método no está diseñado para papel de pañuelo o papel ligero similar.

Como se muestra en la tabla 1 más adelante, se produjo un papel que tiene una rugosidad de Bendtsen inferior a 160 ml/min en el lado de impresión e inferior a 400 ml/min en el reverso, así como una densidad inferior a 920 kg/m² en el ensayo a escala completa 2.

En algunas realizaciones, el número de formación específico del papel es preferentemente inferior a 1,00 √g/m, tal como inferior a 0,90 √g/m, tal como inferior a 0,85 √g/m. El número de formación específico se mide de acuerdo con SCAN-P 92:09, preferentemente usando un probador de formación Ambertec Beta

En algunas realizaciones, el valor de Gurley (medido de acuerdo con ISO 5636-5:2013) es preferentemente superior a 50 s, más preferentemente superior a 60 s, tal como superior a 65 s. Un límite superior habitual puede ser 150 s o 100 s. Los valores de Gurley más altos se obtienen por un grado relativamente alto de refinado, en particular refinado de LC y/o calandrado.

Como se muestra en la tabla 1 más adelante, los papeles producidos en ensayos a escala completa 1-3 tuvieron números de formación específicos por debajo de 0,85 √g/m y valores de Gurley por arriba de 65 s.

Preferentemente, el índice de resistencia a la tracción en húmedo en la dirección de máquina (MD) del papel es al menos 8,0 Nm/g, más preferentemente al menos 9,5 Nm/g, tal como por arriba de 11,0 Nm/g. En la dirección transversal (CD), el índice de resistencia a la tracción en húmedo del papel es preferentemente al menos 5,5 Nm/g, más preferentemente al menos 6,5 Nm/g, tal como al menos 7,5 Nm/g. El índice de resistencia a la tracción en húmedo algunas veces se refiere solo como "índice de tracción en húmedo". El índice de resistencia a la tracción en húmedo se mide de acuerdo con la norma ISO 1924-3:2005, que especifica un tiempo de humectación de 10 min.

Preferentemente, el índice de rigidez a la tracción en húmedo en la dirección de máquina (MD) del papel es al menos 1000 Nm/g, más preferentemente al menos 1045 Nm/g, tal como al menos 1200 Nm/g. En la dirección transversal (CD), el índice de rigidez a la tracción en húmedo del papel es preferentemente al menos 400 Nm/g, más preferentemente al menos 445 Nm/g, tal como al menos 545 Nm/g. El índice de rigidez a la tracción en húmedo se mide de acuerdo con la norma ISO 1924-3:2005, que especifica un tiempo de humectación de 10 min.

Como se muestra en la tabla 1 más adelante, se produjo un papel que tiene un índice de resistencia a la tracción en húmedo por arriba de 11,0 Nm/g en MD y por arriba de 7,5 Nm/g en CD, así como un índice de rigidez a la tracción en húmedo por arriba de 1200 Nm/g en MD y por arriba de 545 Nm/g en CD en el ensayo a escala completa 1. Este papel también fue reciclable.

Para mejorar el rendimiento en condiciones húmedas/humedecidas, también se prefiere que el valor de Cobb 60 s de al menos un lado del papel esté por debajo de 30 g/m², preferentemente por debajo de 25 g/m², más preferentemente por debajo de 23,5 g/m². En una realización, el valor de Cobb 60 s de ambos lados del papel es inferior a 30 g/m², tal como inferior a 25 g/m², tal como inferior a 23,5 g/m². El valor de Cobb 60 s se mide de acuerdo con ISO 535:2014.

Ejemplos

Ensayo a escala completa 1

Se preparó una mezcla de pulpa al mezclar pulpa de papel de estraza de madera blanda blanqueada nunca secada y pulpa de papel de estraza de madera dura blanqueada nunca secada en una relación en peso seco 50:50. El pH de la mezcla de pulpa se ajustó a aproximadamente 7 y la mezcla de pulpa se sometió entonces a refinado de baja consistencia (LC) (130 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia = aproximadamente 4 %). La pulpa rota se adicionó a la mezcla de pulpa refinada de LC y la pulpa resultante se sometió a tamizado de existencias espesas. La proporción de pulpa rota fue aproximadamente 15 % (p/p). Entonces se adicionó A-PAM (Fennobond 85E) a la pulpa en una cantidad de aproximadamente 0,5 kg/tonelada de fibra seca. Después de la adición de A-PAM, la pulpa se sometió a refinado de LC posterior (21 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia = aproximadamente 3,3 %).

La pulpa refinada de LC posterior se dirigió a la caja de máquina, en la cual se dosificó alumbre en una cantidad de 3-4 kg/tonelada de fibra seca de modo que el pH de la pulpa se ajustó a aproximadamente 5,2. También se adicionaron tintes (violeta y azul) y almidón catiónico (Raisamyl 50021, 5 kg/tonelada de fibra seca) a la pulpa en la caja de máquina. Se

- adicionaron encolado de colofonia (2,5 kg/tonelada de fibra seca), AKD (0,8 kg/tonelada de fibra seca) y G-PAM catiónica (Fennobond 3150E, 2,8 kg/tonelada de fibra seca) a la pulpa en la tubería que conduce desde la caja de máquina hasta la fosa de aguas coladas de tela. La consistencia de la pulpa en esta posición fue 2,2 %. Después de las adiciones de encolado de colofonia, AKD y G-PAM catiónica, pero antes de la fosa de aguas coladas de tela, la pulpa se sometió a bombeo.
- Entre la fosa de aguas coladas de tela y la bomba de caja de entrada, las partículas "más pesadas" (como arena y metal) se separaron de la pulpa por medio de un sistema de hidrociclones. El aire se removió de la pulpa por un desaireador Perivac. Aguas abajo de la bomba de caja de entrada, pero aguas arriba de la caja de entrada, se adicionaron adyuvante de retención catiónico (Fennopol K 7526P, 0,15 kg/tonelada de fibra seca) y adyuvante de retención aniónico/sílice (FennoSil 5000, 0,45 kg/tonelada de fibra seca). El adyuvante de retención catiónico se adicionó antes de los tamices de máquina y la sílice se adicionó después de los tamices de máquina. Se adicionó arcilla de caolín a la circulación corta en una cantidad tal que el contenido de ceniza del papel final fue aproximadamente 4 %.
- En la caja de entrada, el pH de la pulpa seguía siendo aproximadamente 5,2. El número de SR de la pulpa fue 24-28. La consistencia de caja de entrada de la pulpa fue aproximadamente 0,45 %. Se formó una trama de papel en una sección de formación que comprende un alambre fourdrinier de una capa y un agitador de alambre. En el extremo aguas abajo de la sección de formación, la trama se vaporizó por medio de una caja de vapor para obtener un perfil de humedad uniforme en la dirección transversal antes de la sección de prensa.
- La sección de prensa tuvo tres líneas de contacto: primero una línea de contacto de fieltro individual operada a una carga de línea de 60 kN/m, entonces otra línea de contacto de fieltro individual operada a una carga de línea de 70 kN/m y finalmente una línea de contacto de prensa de zapata operada a una carga de línea de 850 kN/m. La trama de la sección de prensa se secó en una sección de secado. Después de la sección de secado, a una humedad de 7,5-8,0 %, la trama se sometió a calandrado de línea de contacto suave a una carga de línea de 103 kN/m. El rodillo duro de la calandra de línea de contacto suave se calentó a 150 °C. Las propiedades del papel resultante se presentan en la tabla 1 más adelante.
- Se probó un papel que corresponde al producido en el ensayo a escala completa 1, pero que tiene un peso base de 120 g/m², de acuerdo con el método PTS PTS-RH:021/97 (Borrador Oct 2019) "Identification of the recyclability of paper and board packages and of graphic print products" - Categoría II: Papel y cartón para reciclaje (PfR) que se usan predominantemente en la fabricación de papeles de envase. El papel pasó todas las pruebas del método y, por lo tanto, se encontró que era "reciclable" (a pesar de las propiedades de resistencia en húmedo).
- Ensayo a escala completa 2
- La prueba a escala completa 2 se llevó a cabo de la misma manera que la prueba a escala completa 1 con las siguientes excepciones:
- La pulpa de madera dura fue una pulpa marcada resuspendida en lugar de una pulpa nunca secada;
El consumo de energía en el primer refinado de LC fue 112 kWh/tonelada de fibra seca en lugar de 130 kWh/tonelada de fibra seca;
El consumo de energía en el refinado de LC posterior fue 19 kWh/tonelada de fibra seca en lugar de 21 kWh/tonelada de fibra seca;
La cantidad de adyuvante de retención catiónico fue 0,20 kg/tonelada de fibra seca en lugar de 0,15 kg/tonelada de fibra seca; y
La carga de línea de la calandra de línea de contacto suave fue de 130 kN/m en lugar de 103 kN/m.
- Las propiedades del papel producido en el ensayo 2 se presentan en la tabla 1 más adelante.
- Ensayo a escala completa 3
- La prueba a escala completa 3 se llevó a cabo de la misma manera que la prueba a escala completa 1 con las siguientes excepciones:
- El consumo de energía en el primer refinado de LC fue 80 kWh/tonelada de fibra seca en lugar de 130 kWh/tonelada de fibra seca;
El consumo de energía en el refinado de LC posterior fue 20 kWh/tonelada de fibra seca en lugar de 21 kWh/tonelada de fibra seca;
La carga de línea de la calandra de línea de contacto suave fue de 120 kN/m en lugar de 103 kN/m; y
El rodillo duro de la calandra de línea de contacto suave se calentó a 130 °C en lugar de 150 °C.
- Las propiedades del papel producido en el ensayo 3 se presentan en la tabla 1 más adelante.
- Tabla 1. Propiedades de los papeles producidos en ensayos a escala completa 1-3. PS significa lado de impresión. RS significa reverso. MD significa dirección de la máquina. CD significa dirección transversal. El número de formación y el número de formación específico se midieron usando un probador de formación Ambertec Beta de acuerdo con la norma

SCAN-P 92:09.

Ensayo a escala completa No.	1	2	3
Gramaje (g/m ²)	137,7	138,4	139
Espesor (μm)	155	153	152
Densidad (kg/m ³)	888	905	914
Gurley (s)	76	71	83
Rugosidad de Bendtsen PS (ml/min)	217	139	213
Rugosidad de Bendtsen RS (ml/min)	436	348	456
Cobb PS (g/m ²)	20	20	19,7
Cobb RS (g/m ²)	21	21	20,7
Número de formación (g/m ²)	9,8	9,7	8,8
Número de formación específico (√g/m)	0,83	0,82	0,75
Resistencia a la tracción MD (kN/m)	11,6	11,5	12,52
Resistencia a la tracción CD (kN/m)	7,1	7,1	7,87
Deformación por tracción a ruptura MD (%)	2,2	2,1	2,73
Deformación por tracción a ruptura CD (%)	7	6,5	7,2
Rigidez a la tracción MD (kN/m)	1323	1274	1273
Rigidez a la tracción CD (kN/m)	634	627	652
Resistencia a la tracción en húmedo MD, 10 min (kN/m)	1,63	N/A	1,91
Índice de tracción en húmedo MD, 10 min (Nm/g)	11,84	N/A	13,74
Resistencia a la tracción en húmedo CD, 10 min (kN/m)	1,12	N/A	1,21
Índice de tracción en húmedo CD, 10 min (Nm/g)	8,13	N/A	8,71
Rigidez a la tracción en húmedo MD, 10 min (kN/m)	174	N/A	N/A
Índice de rigidez a la tracción en húmedo MD, 10 min (Nm/g)	1264	N/A	N/A
Rigidez a la tracción en húmedo CD, 10 min (kN/m)	77	N/A	N/A
Índice de rigidez a la tracción en húmedo CD, 10 min (Nm/g)	559	N/A	N/A
Resistencia a la tracción en húmedo MD, 15 min (kN/m)	1,55	1,46	1,72
Índice de tracción en húmedo MD, 15 min (Nm/g)	11,26	10,55	12,37
Resistencia a la tracción en húmedo CD, 15 min (kN/m)	1,0	0,94	1,1
Índice de tracción en húmedo CD, 15 min (Nm/g)	7,26	6,79	7,91
Rigidez a la tracción en húmedo MD, 15 min (kN/m)	164	170	136
Índice de rigidez a la tracción en húmedo MD, 15 min (Nm/g)	1191	1228	978
Rigidez a la tracción en húmedo CD, 15 min (kN/m)	62	71	50
Índice de rigidez a la tracción en húmedo CD, 15 min (Nm/g)	450	513	360

5 La tabla 1 muestra que los papeles reciclables que tienen propiedades de resistencia en húmedo relativamente altas se produjeron de manera exitosa en el ensayo 1-3. Además, los papeles producidos exhibieron números de formación específicos satisfactorios, baja porosidad (es decir, altos valores de Gurley) y baja rugosidad superficial (en particular en el lado de impresión (PS)), en tanto que la densidad se mantuvo a un nivel aceptable.

10 Que se obtuvieron números de formación beneficiosos a pesar de las adiciones de diferentes productos químicos de fabricación de papel es, al menos en parte, atribuible al orden en el cual se adicionaron los productos químicos de fabricación de papel, así como sus concentraciones y el pH y/o consistencia de la pulpa en sus puntos de adición.

Ensayo a escala completa 4

Se proporcionó una pulpa de papel de estraza de madera blanda blanqueada nunca secada. El pH de la pulpa se ajustó a aproximadamente 7,5 y la pulpa se sometió entonces a refinado de alta consistencia (HC) (aproximadamente 170 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia de aproximadamente 32 %) seguido de refinado de baja consistencia (LC) (36 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia = aproximadamente 4 %). La pulpa rota se adicionó a la pulpa refinada y la pulpa resultante se sometió a tamizado de existencias espesas. La proporción de pulpa rota fue aproximadamente 15 % (p/p). Entonces se adicionó A-PAM (Fennobond 85E) a la pulpa en una cantidad de aproximadamente 0,4 kg/tonelada de fibra seca. Después de la adición de A-PAM, la pulpa se sometió a refinado de LC posterior (aproximadamente 16 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia = aproximadamente 3,3 %).

La pulpa refinada de LC posterior se dirigió a la caja de máquina, en la cual se dosificó alumbre en una cantidad de 3-4 kg/tonelada de fibra seca de modo que el pH de la pulpa se ajustó a aproximadamente 5,2. También se adicionaron tintes (violeta y azul) y almidón catiónico (Raisamyl 50021, aproximadamente 3,5 kg/tonelada de fibra seca) a la pulpa en la caja de máquina. Se adicionaron encolado de colofonia (aproximadamente 2 kg/tonelada de fibra seca), AKD (0,5 kg/tonelada de fibra seca) y G-PAM catiónica (Fennobond 3150E, 2,5 kg/tonelada de fibra seca) a la pulpa en la tubería que conduce desde la caja de máquina hasta la fosa de aguas coladas de tela. La consistencia de la pulpa en esta posición fue 2,2 %. Después de las adiciones de encolado de colofonia, AKD y G-PAM catiónica, pero antes de la fosa de aguas coladas de tela, la pulpa se sometió a bombeo.

Entre la fosa de aguas coladas de tela y la bomba de caja de entrada, las partículas “más pesadas” (como arena y metal) se separaron de la pulpa por medio de un sistema de hidrociclones. El aire se removió de la pulpa por un desairedor Perivac. Aguas abajo de la bomba de caja de entrada, pero aguas arriba de la caja de entrada, se adicionaron adyuvante de retención catiónico (Fennopol K 7526P, 0,15 kg/tonelada de fibra seca) y adyuvante de retención aniónico/sílice (FennoSil 5000, 0,3 kg/tonelada de fibra seca). El adyuvante de retención catiónico se adicionó antes de los tamices de máquina y la sílice se adicionó después de los tamices de máquina.

En la caja de entrada, el pH de la pulpa seguía siendo aproximadamente 5,2. El número de SR de la pulpa fue 23. La consistencia de caja de entrada de la pulpa fue aproximadamente 0,2 %. Se formó una trama de papel en una sección de formación que comprende un alambre fourdrinier de una capa y un agitador de alambre. En el extremo aguas abajo de la sección de formación, la trama se vaporizó por medio de una caja de vapor para obtener un perfil de humedad uniforme en la dirección transversal antes de la sección de prensa.

La sección de prensa tuvo tres líneas de contacto; primero una línea de contacto de fieltro individual operada a una carga de línea de 60 kN/m, entonces otra línea de contacto de fieltro individual operada a una carga de línea de 70 kN/m y finalmente una línea de contacto de prensa de zapata operada a una carga de línea de 850 kN/m.

La trama de la sección de prensa se secó en una sección de secado que tiene siete grupos de secador y una unidad Clupak (usada para compactar/microcrêpe la trama) dispuesta en serie. La unidad Clupak se dispuso entre los grupos de secador cuatro y tres, que significa que la trama de papel se secó en la sección de secado tanto antes como después de la unidad Clupak. No se llevó a cabo el calandrado.

El papel resultante se probó de acuerdo con el método PTS PTS-RH:021/97 (Borrador Oct 2019) “Identification of the recyclability of paper and board packages and of graphic print products” - Categoría II: Papel y cartón para reciclaje (PfR) que se usan predominantemente en la fabricación de papeles de envase. El papel pasó todas las pruebas del método y, por lo tanto, se encontró que era “reciclable” (a pesar de las propiedades de resistencia en húmedo). Otras propiedades del papel se presentan en la tabla 2 más adelante.

Ensayo a escala completa 5

Se proporcionó una pulpa de papel de estraza de madera blanda no blanqueada nunca secada. El pH de la pulpa se ajustó a aproximadamente 8 y la pulpa se sometió entonces a refinado de alta consistencia (HC) (aproximadamente 160 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia de aproximadamente 32 %) seguido de refinado de baja consistencia (LC) (85 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia = aproximadamente 4 %). La pulpa rota se adicionó a la pulpa refinada y la pulpa resultante se sometió a tamizado de existencias espesas. La proporción de pulpa rota fue aproximadamente 15 % (p/p). Entonces se adicionó A-PAM (Fennobond 85E) a la pulpa en una cantidad de aproximadamente 0,4 kg/tonelada de fibra seca. Después de la adición de A-PAM, la pulpa se sometió a refinado de LC posterior (aproximadamente 27 kWh/tonelada de fibra seca, consistencia = aproximadamente 3,3 %).

La pulpa refinada de LC posterior se dirigió a la caja de máquina, en la cual se dosificó alumbre en una cantidad de 7 kg/tonelada de fibra seca de modo que el pH de la pulpa se ajustó a aproximadamente 5,3. También se adicionó almidón catiónico (Raisamyl 50021, 5 kg/tonelada de fibra seca) a la pulpa en la caja de máquina. Se adicionaron encolado de colofonia (aproximadamente 1,5 kg/tonelada de fibra seca), AKD (0,4 kg/tonelada de fibra seca) y G-PAM catiónica (Fennobond 3150E, 2,8 kg/tonelada de fibra seca) a la pulpa en la tubería que conduce desde la caja de máquina hasta la fosa de aguas coladas de tela. La consistencia de la pulpa en esta posición fue 2,2 %. Después de las adiciones de encolado de colofonia, AKD y G-PAM catiónica, pero antes de la fosa de aguas coladas de tela, la pulpa se sometió a bombeo.

- Entre la fosa de aguas coladas de tela y la bomba de caja de entrada, las piezas más grandes se separaron de la pulpa por medio de un sistema de hidrociclones. El aire se removió de la pulpa por un desaireador Perivac. Aguas abajo de la bomba de caja de entrada, pero aguas arriba de la caja de entrada, se adicionaron adyuvante de retención catiónico (Fennopol K 7526P, 0,2 kg/tonelada de fibra seca) y adyuvante de retención aniónico/sílice (FennoSil 5000, 0,2 kg/tonelada de fibra seca). El adyuvante de retención catiónico se adicionó antes de los tamices de máquina y la sílice se adicionó después de los tamices de máquina.
- En la caja de entrada, el pH de la pulpa seguía siendo aproximadamente 5,3. El número de SR de la pulpa fue 20. La consistencia de caja de entrada de la pulpa fue aproximadamente 0,2 %. Se formó una trama de papel en una sección de formación que comprende un alambre fourdrinier de una capa y un agitador de alambre. En el extremo aguas abajo de la sección de formación, la trama se vaporizó por medio de una caja de vapor para obtener un perfil de humedad uniforme en la dirección transversal antes de la sección de prensa.
- La sección de prensa tuvo tres líneas de contacto; primero una línea de contacto de fieltro individual operada a una carga de línea de 60 kN/m, entonces otra línea de contacto de fieltro individual operada a una carga de línea de 70 kN/m y finalmente una línea de contacto de prensa de zapata operada a una carga de línea de 850 kN/m.
- La trama de la sección de prensa se secó en una sección de secado que tiene siete grupos de secador y una unidad Clupak (usada para compactar/microcrêpe la trama) dispuesta en serie. La unidad Clupak se dispuso entre los grupos de secador cuatro y tres, que significa que la trama de papel se secó en la sección de secado tanto antes como después de la unidad Clupak. No se llevó a cabo el calandrado.
- Las propiedades del papel producido en el ensayo 5 se presentan en la tabla 2 más adelante. Además, los inventores esperan que el papel producido en el ensayo 5 sea reciclable de acuerdo con el método PTS analizado anteriormente.

Tabla 2. Propiedades de los papeles producidos en ensayos a escala completa 4 y 5. PS significa lado de impresión. RS significa reverso. MD significa dirección de la máquina. CD significa dirección transversal.

Ensayo a escala completa No.	4	5
Gramaje (g/m ²)	75,7	72,3
Gurley (s)	17,3	19,1
Rugosidad de Bendtsen PS (ml/min)	635	786
Rugosidad de Bendtsen RS (ml/min)	1133	1197
Cobb (g/m ²)	21,1	23,3
Brillo (%)	83,5	N/A
Resistencia a la tracción MD (kN/m)	6,1	7,48
Resistencia a la tracción CD (kN/m)	4,6	4,56
Índice de tracción MD (Nm/g)	80,8	103,4
Índice de tracción CD (Nm/g)	60,3	63,3
Deformación por tracción a ruptura MD (%)	6,5	6,8
Deformación por tracción a ruptura CD (%)	8,7	8,4
Resistencia al desgarro MD (mN)	1039	884
Resistencia al desgarro CD (mN)	1125	1081
Índice de desgarro MD (mNm ² /g)	13,7	12,1
Índice de desgarro CD (mNm ² /g)	14,8	14,8
Resistencia a la tracción en húmedo MD, 10 min (kN/m)	0,81	1,05
Índice de tracción en húmedo MD, 10 min (Nm/g)	10,7	14,5
Resistencia al estallido (kPa)	517	579
Índice de estallido (kPam ² /g)	6,8	8,1

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un papel en una máquina de papel, que comprende los pasos de:
 - a) proporcionar una pulpa, tal como una mezcla de pulpa de madera dura y pulpa de madera blanda;
 - b) adicionar poliacrilamida glioxilada catiónica (G-PAM) a la pulpa;
 - c) formar una trama a partir de la pulpa en una sección de formación que comprende una caja de entrada;
 - d) presionar la trama en una sección de prensa;
 - e) secar la trama en una sección de secado; y
 - f) opcionalmente calandrar la trama en una calandradonde el método comprende además adicionar un polímero aniónico a la pulpa antes de que se adicione la G-PAM catiónica, el pH de la pulpa está en el intervalo de 6,5-8,0 cuando se adiciona el polímero aniónico y el pH de la pulpa está en el intervalo de 4,8-5,5 cuando se adiciona la G-PAM catiónica.
2. El método de la reivindicación 1, donde la pulpa se refina, por ejemplo, de manera que el número de Schopper-Riegler medido de acuerdo con ISO 5267-1:1999 de la pulpa en la caja de entrada es 20-30, preferentemente 22-30, tal como 23-28.
3. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la consistencia de la pulpa está en el intervalo de 1,5-3,0 % cuando se adiciona la G-PAM catiónica.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la G-PAM catiónica se adiciona en una cantidad total de 1,5-3,0 kg/tonelada de fibra seca, preferentemente 2,0-3,0 kg/tonelada de fibra seca, más preferentemente 2,5-3,0 kg/tonelada de fibra seca.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la pulpa no se somete a refinado después de la adición de G-PAM catiónica.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el polímero aniónico es poliacrilamida aniónica (A-PAM).
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además adicionar al menos un encolado hidrófobo, tal como encolado de colofonia y/o AKD, a la pulpa.
8. El método de la reivindicación 7, donde el pH de la pulpa está en el intervalo de 4,8-5,5 y la consistencia de la pulpa está en el intervalo de 1,5-3,0 % cuando se adiciona el al menos un encolado hidrófobo.
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además adicionar arcilla a la pulpa en una cantidad tal que el contenido de ceniza del papel está en el intervalo de 2,0-5,5 %, tal como 3,0-5,0 %.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la consistencia de la pulpa en la caja de entrada es 0,20-0,60 %, preferentemente 0,30-0,55 %, más preferentemente 0,35-0,50 %.
11. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la calandra es una calandra de línea de contacto suave operada a una carga de línea de 60-170 kN/m, tal como 80-140 kN/m, tal como 100-140 kN/m, y/o una temperatura de 100-200 °C, tal como 100-150 °C o 120-180 °C.
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el gramaje medido de acuerdo con ISO 536:2019 del papel es al menos 100 g/m² y/o la densidad medida de acuerdo con ISO 534:2011 del papel es al menos 600 kg/m³.
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el número de formación específico medido de acuerdo con SCAN-P 92:09 del papel es inferior a 1,00 √g/m, tal como inferior a 0,90 √g/m, tal como inferior a 0,85 √g/m.