

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 799**

51 Int. Cl.:

B29B 7/74 (2006.01)
A23P 30/40 (2006.01)
A23G 3/14 (2006.01)
B29C 44/60 (2006.01)
A23G 3/52 (2006.01)
B29B 7/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2014 PCT/EP2014/068272**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15028556**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2014 E 14761303 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 3096931**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el control de proceso de una instalación para la producción continua de espumas**

30 Prioridad:
28.08.2013 DE 102013217149

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.03.2020

73 Titular/es:
**KUCHENMEISTER GMBH (100.0%)
Coesterweg 31
59494 Soest, DE**

72 Inventor/es:
**JANK, RÜDIGER;
WEBER, MATTHIAS y
SCHINABECK, THERESA-MARIA**

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 746 799 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

Procedimiento y dispositivo para el control de proceso de una instalación para la producción continua de espumas

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de proceso de una instalación para la producción continua de espumas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9.

Descripción

10 Las espumas, o productos a base de estas espumas, se utilizan cada vez más en numerosos alimentos. El consumidor percibe los alimentos espumados como más cremosos y ligeros. La producción de espumas se efectúa generalmente mediante la inclusión de burbujas de gas en un medio. En el sector alimentario, la introducción de gas en una matriz alimentaria y, con ello, la formación de espumas provoca, por ejemplo, una sensación agradable en la boca y un comportamiento de fusión. Además, se logra un aumento en el volumen de la matriz, que sigue siendo un requisito previo para la capacidad de horneado de la masa de galletas, por ejemplo en el caso de masas de galletas.

15 En el sector alimentario, las espumas se fabrican introduciendo aire o gases inertes en un líquido y mediante un fuerte corte del líquido mezclado con el gas, por ejemplo, utilizando un dispositivo rotatorio adecuado. Dependiendo de la consistencia de las fases alimenticias líquidas viscosas, el gas que va a dispersarse es inyectado, batido, agitado o amasado. La estructura de espuma se crea por la fina distribución del gas en la matriz alimentaria viscosa.

20 En general, se entiende por espumas un medio de baja densidad que es parcialmente fluido o sólido. Las espumas son sistemas de fase binaria cuya fase externa compuesta por una matriz encierra un gas en forma de burbujas o poliedros irregulares. A este respecto, el tamaño de las burbujas de gas incluidas puede situarse en el intervalo de micrómetros, pero también en el intervalo de milímetros.

25 Las espumas, como por ejemplo las espumas alimentarias, comprenden por tanto pequeñas burbujas que se tocan, que pueden adoptar distintas formas dependiendo de la concentración de volumen del gas. Por ejemplo, si la concentración de volumen del gas es relativamente pequeña, las burbujas de gas tendrán una apariencia esférica. Con el aumento de la concentración de volumen del gas, incrementa la colisión de las burbujas esféricas con otras burbujas, de modo que en este sentido se originan poliedros de distintos tamaños de formas de superficie. Las burbujas de gas individuales están encerradas por una lámina de espuma de doble pared, en donde el interior de la pared doble está lleno de líquido. Una espuma en forma de poliedro es mucho más estable en comparación con espumas con burbujas únicamente esféricas. Para que la burbuja no colapse debido a la presión normal, predomina una sobrepresión en la burbuja con respecto al entorno.

30 Para caracterizar las espumas, como por ejemplo mediante la densidad, estructura de burbuja y distribución de burbuja, se han desarrollado distintos procedimientos y dispositivos en el pasado.

35 Un enfoque para determinar la estructura de la burbuja es determinar la conductividad de una espuma, dado que la conductividad de una espuma permite conclusiones sobre el tamaño de la burbuja de la espuma. La conductividad eléctrica es una constante de material que depende del medio, los iones disueltos en el mismo, la temperatura y la presión. Adicionalmente, las burbujas de gas, dependiendo de su tamaño, tienen un efecto sobre la conductividad. Por tanto, se parte de que el gas contenido en la espuma no conduce corriente eléctrica, sino que actúa como un aislante. Correspondientemente, las burbujas de gas grandes deberían reducir la conductividad eléctrica más que las pequeñas. La conductividad de una espuma se puede usar, por tanto, para la determinación del contenido de gas o la distribución del tamaño de la burbuja en una espuma.

40 En el documento DE 10 2006 057 772 A1, por ejemplo, se describe la posibilidad de detectar la conductividad de la espuma generada por medio del uso de dos electrodos. El enfoque descrito en este caso para caracterizar espumas mediante la detección de la conductividad se lleva a cabo directamente durante el proceso de formación de espuma. Correspondientemente, las formas de realización están diseñadas de tal modo que los electrodos utilizados para la medición de la conductividad se encuentran directamente en el sistema de impacto.

45 Otra posibilidad para caracterizar espumas se menciona, entre otros, en el documento DE 19 810 092 A1. En este caso, la espuma que va a examinarse se introduce en una celda de medición especial a la que se aplica una señal ultrasónica. Mediante el procedimiento de transmisión ultrasónica descrito debería ser posible determinar parámetros del material tales como absorción, velocidad del sonido, viscosidad y compresibilidad en función de la formación de espuma. También en caso de un análisis de frecuencia simultáneo es posible una conclusión sobre el tamaño de la burbuja y la distribución del tamaño de la burbuja. La medición por ultrasonido se lleva a cabo durante el proceso de formación de espuma.

50 Otra posibilidad para caracterizar espumas se desvela en el documento EP 0 574 051 A1. Las espumas alimentarias en la industria alimentaria son normalmente espumas proteicas para la fabricación de productos de pastelería y productos de confitería. El componente principal de las espumas proteicas son a este respecto huevo entero o clara

de huevo. Otros ingredientes como el azúcar, la gelatina, el almidón y los tensioactivos sirven para estabilizar las espumas durante el procesamiento posterior y la fijación térmica mediante el proceso de horneado. Además de las espumas proteicas, se conocen también espumas a base de grasas, tal como por ejemplo crema batida, que pueden ser estabilizadas por hidrocoloides. Esenciales para la formación de espuma son a este respecto la tensión interfacial de las proteínas o grasas formadoras de espuma, la viscosidad del líquido laminar interno y las fuerzas gravitacionales que actúan durante la dispersión.

Tales espumas alimentarias se producen industrialmente de manera continua. A este respecto, una mezcla previa se conduce normalmente a través de una máquina de impacto axial atravesada y luego se transporta para su posterior procesamiento o tratamiento a través de una tubería a una unidad de dosificación. Cada proceso continuo debería ofrecer, a este respecto, una calidad óptima y lo más consistente posible. Para garantizar la calidad del producto final, se miden distintos parámetros de proceso y de producto, tal como la velocidad de cizallamiento y la velocidad de giro del rotor o el cabezal de mezcla en la máquina de impacto o instalación de espumado, el caudal, la temperatura y la densidad de la espuma producida. Para la estabilidad de las espumas y, con ello, para la calidad del producto final, el tamaño de poro y la distribución de poros en el sistema de espuma disperso o en la estructura de espuma son cruciales. La estructura de espuma influye en la calidad del producto final, además de en la viscosidad de la fase continua y la fórmula aplicada. En un procedimiento continuo, el cumplimiento de la fórmula se dirige con precisión y se controla permanentemente por el sistema de dosificación y pesaje. Además, las densidades de las espumas se miden aleatoriamente.

No obstante, los cambios estructurales de las espumas producidas ya son causados por fluctuaciones más bajas de las propiedades de la materia prima y los parámetros de proceso. Un control de las materias primas entrantes y el análisis correspondiente han demostrado ser insuficientes para los efectos complejos de las propiedades funcionales de los componentes individuales en la matriz alimentaria de espumas alimentarias. Para la estandarización de estructuras de espuma, por tanto, las fluctuaciones de las propiedades de la materia prima tienen que compensarse mediante parámetros de proceso variables. Por tanto, es deseable proporcionar un procedimiento que posibilite un monitoreo continuo del producto en línea y control, de modo que incluso en caso de cambios estructurales más pequeños sea posible un cambio de los parámetros de proceso correspondientes y, por tanto, una intervención rápida en el proceso. Además, actualmente faltan métodos para registrar permanentemente las variables de medición necesarias como variables de guía para el control de procedimiento.

Por consiguiente, el objetivo de la presente invención consiste en superar las desventajas mencionadas del estado de la técnica, en particular proporcionar un procedimiento y un dispositivo que permitan un control de proceso continuo y permanente o control de procedimiento de la producción de espuma para la producción de espumas alimentarias con calidad constante.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo para llevar a cabo un procedimiento de este tipo con las características de la reivindicación 9.

Por consiguiente, está previsto un procedimiento para el control de proceso de una instalación para la producción continua de espumas, en particular espumas alimentarias. Este procedimiento incluye las siguientes etapas:

a) determinación de al menos un valor real de al menos dos variables de estado de una espuma producida en un sistema de impacto, en donde las al menos dos variables de estado que van a determinarse están seleccionadas del grupo compuesto por estructura de burbuja y distribución de burbuja, en donde la determinación del valor real de la una variable de estado de la espuma producida se efectúa aguas abajo del sistema de impacto (es decir, tras dejar la espuma desde el sistema de impacto), en donde los valores reales de las variables de estado de la espuma se determinan mediante un método de medición para la determinación de la conductividad, o mediante los métodos de medición ultrasonido, análisis de imagen, tomografía de resonancia magnética y

b) el al menos un valor real determinado de la al menos una variable de estado de la espuma producida se compara con al menos un valor teórico predeterminado de esta variable de estado de la espuma y, en caso de una desviación del al menos un valor real con respecto al por lo menos un valor teórico, al menos un parámetro de proceso de la producción continua de la espuma se cambia automáticamente.

Por tanto, el presente procedimiento posibilita preferentemente la determinación en línea del valor real de una variable de estado de la espuma producida de una manera continua. Mediante la determinación en línea de las variables de estado de la espuma producida es posible una retroalimentación inmediata a una unidad de control prevista, mediante la que a su vez se controlan y adaptan los parámetros de proceso del proceso de producción. Por tanto, se pueden minimizar las diferencias de calidad en la estructura de espuma debido a las fluctuaciones de la materia prima, temperatura y presión del aire. Si es necesario, con el presente procedimiento ya puede intervenir en el proceso de formación de espuma, por ejemplo cambiando la velocidad de giro del cabezal de mezcla o la presión del cabezal de mezcla del sistema de impacto, para posibilitar una calidad constante de la espuma.

En una forma de realización del presente procedimiento se determinan al menos tres variables de estado, en particular preferentemente al menos cinco variables de estado de la espuma producida. Por una variable de estado se entiende

en el presente documento una variable física desde el punto de vista macroscópico para la descripción del estado instantáneo de un sistema físico, en este caso la espuma.

5 Correspondientemente, el al menos un valor real de la al menos una variable de estado que va a determinarse de la espuma producida está seleccionado del grupo que contiene las variables de estado consistencia de espuma, estructura de burbuja, distribución de burbuja, textura de espuma, temperatura y densidad. Preferentemente se determinan las cinco variables de estado densidad, temperatura, consistencia de espuma, estructura de burbuja y distribución de burbuja.

10 Algunas variables de estado se pueden medir a este respecto directamente, tal como por ejemplo la temperatura o la densidad, mientras que otras variables de estado, tal como por ejemplo la consistencia de espuma o la estructura de burbuja, indirectamente midiendo otras variables de medición, tal como por ejemplo la caída de presión, o métodos de medición, tales como ultrasonido.

15 Preferentemente, el al menos un valor real de la al menos una variable de estado que se acaba de describir se determina mediante al menos un método de medición directo o indirecto o variable de medición, preferentemente mediante al menos dos métodos de medición o variables de medición, en particular preferentemente mediante al menos tres métodos de medición o variables de medición, muy preferentemente mediante cinco métodos de medición o variables de medición.

20 El al menos un método de medición (directo o indirecto) para la determinación del valor real de una variable de estado son a este respecto métodos de medición (o la variable de medición resultante de ello) para la determinación de la temperatura, la corriente volumétrica, la caída de presión, por ejemplo sobre una tubería definida con el mismo diámetro aguas abajo del sistema de impacto, la viscosidad, la conductividad, la resistencia, la dureza, así como los métodos de medición ultrasonido, tomografía de resonancia magnética y/o análisis de imagen.

25 En una forma de realización especialmente preferente, el valor real de al menos una variable de estado de la espuma se determina mediante las variables de medición o métodos de medición temperatura, densidad, corriente volumétrica, caída de presión, conductividad y ultrasonido. En particular se prefiere que los valores reales de las variables de estado de la espuma densidad, consistencia de espuma, estructura de burbuja y distribución de burbuja se puedan determinar mediante las variables de medición o los métodos de medición temperatura, corriente volumétrica, caída de presión, conductividad y ultrasonido.

30 Por tanto, es posible que la consistencia de espuma de la espuma producida se mida aguas abajo del sistema de impacto por medio de una medición de caída de presión, por ejemplo en una tubería que une el sistema de impacto con otra unidad de procesamiento, tal como por ejemplo una unidad de dosificación. Dado que la espuma posee propiedades compresibles, es posible determinar la consistencia de espuma mediante la variable de medición caída de presión sobre una tubería definida del mismo diámetro, corriente volumétrica, así como teniendo en cuenta la geometría del tubo. La consistencia de espuma se puede medir a este respecto en línea.

35 Los flujos de espuma se diferencian claramente de fluidos newtonianos, de modo que la aplicación de la ecuación de Hagen-Poiseuille solo es posible hasta cierto punto, ya que en el caso de espumas proteicas se trata de medios viscosos en la estructura con un límite de flujo. La ecuación de Hagen-Poiseuille mencionada anteriormente solo puede usarse, por tanto, para determinar aproximadamente una medida para la consistencia de la espuma, la cual se correlaciona con los tamaños de burbuja en caso de condiciones externas constantes. Correspondientemente, la consistencia de espuma KS puede determinarse con la siguiente ecuación (I):

$$KS = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 l \dot{V}}$$

40 donde \dot{V} es la corriente volumétrica, r el diámetro de tubo, l es la longitud de tubo y Δp la caída de presión.

La medición de la caída de presión Δp en una sección de tubo posibilita la determinación del factor de consistencia K para líquidos viscosos en la estructura no newtonianos basándose en la siguiente ecuación (II):

55

$$K = \frac{\Delta p}{\frac{2l}{r} [(3n + 1)/n]^n} \frac{1}{[\dot{V}/(3,14 r^3)]^n}$$

en donde n es el índice de flujo.

60 El índice de flujo n utilizado en el cálculo para la pérdida de presión se determina experimentalmente en el viscosímetro en función de la densidad y, en el caso de las espumas alimentarias, se sitúa normalmente entre 0,4 y 0,8, preferentemente entre 0,5 y 0,65. Con este índice de flujo n, se puede cubrir el espectro relevante para la densidad de espuma de espumas alimentarias típicas y espumas similares.

5 Como ya se mencionó anteriormente, mediante la medición de la conductividad de la espuma es posible determinar la estructura de burbuja y distribución de burbuja dentro de la espuma producida. La conductividad se mide a este respecto como valor recíproco de la resistencia, en donde la resistencia se cambia cuando se aplica un voltaje en función del tamaño y número de burbujas de aire. Por lo tanto, en caso de aire encerrado se reduce la conductividad de la espuma y, por tanto, se produce un aumento de la resistencia. Para medir la conductividad de una espuma producida se puede usar un dispositivo o equipo de medición, que se compone de dos electrodos dispuestos uno detrás del otro en la dirección del flujo.

10 Otra posibilidad de detectar la estructura de burbuja es la aplicación de ultrasonido. En las espumas se efectúa la propagación del ultrasonido en forma de ondas longitudinales. Las ondas ultrasónicas entran en una interacción con el medio a través del cual pasan. En este respecto se produce la atenuación, dispersión o distorsión de la señal. Debido a su longitud de onda más corta (20 kHz a 10 GHz), las ondas ultrasónicas muestran fenómenos de óptica de onda tales como refracción, difracción y reflexión. Gracias a estas propiedades, las burbujas de gas encerradas en espumas pueden detectarse por medio de ultrasonido y, por tanto, puede determinarse la estructura de burbuja de la espuma.

15 Además, por medio de medición por ultrasonido es posible determinar la densidad de la espuma producida. Si, por ejemplo, una espuma es penetrada por ondas ultrasónicas, se efectúa un ligero cambio de la matriz de espuma en la dirección de propagación. Debido a la vibración mecánica, la matriz de espuma se deforma y reacciona de manera diferente a esta carga en función de la característica reológica. Por tanto, esta reacción de la espuma a la carga mecánica puede usarse para describir las propiedades reológicas tal como por ejemplo la densidad. La ventaja especial del uso de ultrasonido es la posibilidad de una medición en línea no invasiva, ya que los componentes utilizados de un dispositivo de ultrasonido no poseen contacto de medios directo con la espuma.

20 Además de la determinación de la conductividad y la aplicación de ultrasonido para captar una estructura de burbuja y distribución de burbuja de una espuma producida son concebibles también análisis de imágenes adicionales, tales como por ejemplo basándose en tomografía de resonancia magnética. Los procedimientos que proporcionan imagen ofrecen en general la posibilidad de representar el tamaño y la forma de partículas de una muestra que va a medirse. Sobre todo los procedimientos de tomografía por microordenador se han desarrollado como un método útil para el análisis 3D no destructivo. El análisis de imágenes en 3D proporciona información cuantitativa, tal como fracción de volumen, tamaño, forma y anisotropía de las burbujas en espumas suaves, tales como por ejemplo productos lácteos espumados y conexión de poros. En combinación con otras técnicas, tal como por ejemplo imagen por resonancia magnética, es posible obtener información detallada sobre la microestructura y su efecto sobre las propiedades del producto.

30 Como se indicó anteriormente, el valor real de una variable de estado de una espuma, que puede determinarse, por ejemplo, con uno de los procedimientos de medición recién mencionados, se compara con un valor teórico predeterminado de esta variable de estado de la espuma y en el caso de una desviación del valor real con respecto al valor teórico se efectúa un cambio automático de un parámetro de proceso de la producción continua de la espuma. Si existe una desviación, se pueden cambiar al menos un parámetro de proceso, pero preferentemente dos parámetros de proceso o tres parámetros de proceso, en particular preferentemente no obstante al menos cinco parámetros de proceso.

35 El o los parámetros de proceso que van a cambiarse están seleccionados preferentemente del grupo que contiene los parámetros de proceso temperatura, en particular la temperatura en el sistema de impacto, en el estator y en la fase líquida, la cantidad de gas que va a introducirse en el sistema de impacto, tal como por ejemplo la cantidad de aire o gas inerte que va a introducirse, el tiempo de residencia de la mezcla que va a impactarse en el sistema de impacto, el caudal de la fase líquida, la capacidad de bomba, la velocidad de giro del rotor en el sistema de impacto, la presión de proceso en el cabezal de mezcla, la cantidad de refrigerante que es necesaria para enfriar la espuma producida, el control de fórmula y el equilibrio.

40 El control de los parámetros de proceso mediante las variables de estado captadas se efectúa preferentemente mediante un control programado por sistema o un control difuso.

45 En una forma de realización del presente procedimiento, la determinación del valor real se efectúa a partir de la al menos una variable de estado en un conducto previsto aguas abajo del sistema de impacto, que une el sistema de impacto con otra unidad de procesamiento, tal como por ejemplo una unidad de dosificación. Correspondientemente, la determinación de la variable de estado en el presente procedimiento está prevista en al menos una tubería para transportar la espuma producida desde el sistema de impacto para su posterior procesamiento. En esta sección de conducto o tubo se miden preferentemente la caída de presión, la conductividad, la corriente volumétrica y se lleva a cabo una medición ultrasónica.

50 El presente procedimiento puede estar comprendido en un dispositivo que comprende al menos un recipiente de almacenamiento para el alojamiento de la masa que va a espumarse, al menos un sistema de impacto dispuesto aguas abajo del recipiente de almacenamiento para la producción de una espuma, al menos un dispositivo dispuesto aguas abajo del sistema de impacto para la medición de al menos una variable de medición de la espuma que va a

5 producirse para la medición de al menos un valor real de las al menos dos variables de estado estructura de burbuja y distribución de burbuja de la espuma y al menos una unidad de control para el ajuste de al menos un valor teórico de al menos un parámetro de proceso para la producción continua de la espuma, en donde el al menos un dispositivo para la medición de al menos una variable de medición comprende al menos un equipo de medición de la conductividad y/o al menos un dispositivo de ultrasonido, en donde aguas abajo del al menos un dispositivo para la determinación del valor real de una variable de medición de la espuma está dispuesta una unidad de dosificación.

10 En una forma de realización, el al menos un dispositivo para la medición de al menos una variable de medición de la espuma comprende al menos un dispositivo para la determinación de la temperatura, al menos un dispositivo para la determinación de la corriente volumétrica, al menos un dispositivo para la determinación de la densidad, al menos dos sondas de medición de presión dispuestas separadas para la determinación de la caída de presión, al menos una instalación ultrasónica y/o al menos un equipo de medición de conductividad. También puede ser posible que un viscosímetro esté dispuesto aguas abajo del sistema de impacto para la producción de la espuma.

15 Además, en una forma de realización, aguas abajo del al menos un dispositivo para la determinación de una variable de medición de la espuma está dispuesta una unidad de procesamiento para el procesamiento adicional de la espuma, tal como, por ejemplo, una unidad de dosificación.

20 En el presente dispositivo o disposición, las variables de medición y los valores reales resultantes de las variables de estado de la espuma producida se reenvían a la unidad de control, se comparan con los valores teóricos determinados previamente de las variables de estado de espuma y al surgir una desviación de los valores reales con respecto a los valores teóricos se ajustan las variables de estado mediante los correspondientes parámetros de proceso a través del nivel de conducción de proceso. La unidad de control obtiene los valores reales de las variables de estado de la espuma producida, en particular los valores reales de las variables de medición o de estado temperatura de la espuma producida, corriente volumétrica, densidad, consistencia de espuma, tamaño de burbuja y distribución de burbuja así como la temperatura de la masa de partida que se encuentra en el recipiente de almacenamiento y datos sobre la corriente másica con la que se introduce la masa de partida desde el recipiente de almacenamiento en el sistema de impacto.

30 Otras propiedades, ventajas y características de la invención se harán evidentes mediante la siguiente descripción de formas de realización preferentes por medio de los dibujos adjuntos. Muestran:

5978Figura 1 una sinopsis esquemática de un dispositivo de acuerdo con una forma de realización preferente.

35 La figura 1 muestra una sinopsis general de un dispositivo para llevar a cabo el presente procedimiento.

40 La disposición comprende un recipiente de almacenamiento 1 para el alojamiento de la masa base que va a impactarse, un espumador 2 dispuesto aguas abajo del recipiente de almacenamiento 1, en el que la masa se espuma hasta dar una espuma con consistencia predeterminada, y un equipo de medición 3 previsto aguas abajo del espumador 2 para el tratamiento posterior de la espuma producida.

45 Aguas abajo del espumador 2, en particular en la tubería 4 dispuesta aguas abajo del espumador 2, que establece una unión entre el espumador 2 y la unidad de dosificación 3, están previstos dispositivos (7a-f) para la medición de distintas variables de medición de la espuma producida.

50 Por tanto, inmediatamente después de la salida de la espuma producida desde el cabezal de mezcla del espumador 2, la temperatura de la espuma se mide por medio del dispositivo 7a, este valor se reenvía a una unidad de control 5 y se compara allí con una temperatura teórica predeterminada de la temperatura de la espuma que sale del espumador 2. En caso de una desviación del valor real de la temperatura con respecto al valor teórico de la temperatura, se descarga a través de la unidad de control 5 y el nivel de conducción de proceso 6 una señal para el ajuste de la cantidad de refrigerante para el espumador 2, de modo que se efectúa el ajuste de la temperatura teórica predeterminada.

55 De manera similar se efectúa la medición de la corriente volumétrica por medio del dispositivo 7b y la densidad por medio del dispositivo 7c, que además de la caída de presión posibilitan una declaración sobre la consistencia de espuma y viscosidad de la espuma.

60 La caída de presión a través de la línea 4 se mide en dos puntos predefinidos P1, P2. Usando la ecuación indicada para la determinación de la consistencia de espuma de acuerdo con la ecuación II con $n = 0,5-0,65$, el valor real del factor de consistencia K se puede determinar como medida para la consistencia de espuma, que se reenvía a la unidad de control 5 y en caso de una desviación del valor teórico de la consistencia de espuma para el ajuste o el cambio de los parámetros de proceso en el espumador 2 tal como por ejemplo la velocidad de cizallamiento del cabezal de mezcla, presión de proceso y tiempo de residencia así como la cantidad del aire introducido o del gas inerte introducido.

65 Además, en la tubería 4 están previstos en cada caso dispositivos para la medición de la conductividad 7e de la espuma, así como un aparato de medición por ultrasonidos 7f, cuyos valores de medición posibilitan declaraciones

sobre la estructura de burbuja y distribución de burbuja. Si en este caso hay una desviación de los valores reales determinados de las variables de estado con respecto a los valores teóricos, entonces se efectúa también en este caso una retroalimentación con la unidad de control 5 y el nivel de conducción de proceso 6, a través de la cual se ajustan los parámetros de proceso correspondientes, tales como la cantidad de gas introducida, velocidad del cabezal de mezcla en el espumador 2 y el tiempo de residencia de la masa que se va a impactar en el espumador 2.

A continuación se describen los distintos métodos en línea para la determinación de las variables de estado densidad, consistencia de espuma, estructura de burbuja y distribución de burbuja.

10 a) Medir la conductividad para la captación de la estructura de burbuja y la distribución de burbuja

Para determinar la conductividad de la espuma alimentaria producida en la tubería 4 se usa un equipo de medición de conductividad 7e, en donde en la pared interior de la tubería 4 están dispuestos dos electrodos uno detrás del otro en la dirección del flujo. Estos electrodos están aislados de la pared de tubo e instalados en una plataforma de plástico. Las superficies frontales de los electrodos presentan un contacto directo con la zona de flujo de la espuma que pasa. Como segundo polo sirve la pared de tubo. Los electrodos se controlan por la electrónica con un voltaje alterno de alta frecuencia a través de una resistencia en serie. Entre el electrodo y la pared de tubo se crea la segunda resistencia. La resistencia depende en primera línea de las condiciones directamente en el electrodo. El voltaje se mide en el electrodo, se rectifica y dado el caso se filtra y amplifica. La curva de voltaje en el electrodo se registra a través de un convertidor A/D (convertidor analógico/digital) con alta resolución. El convertidor A/D tiene una resolución de 16 bits con un voltaje superior ajustable de 100 mV a 10 V. En el presente caso se registró un valor de medición por ms. La regresión cuasilínea llevada a cabo a continuación posibilita una caracterización de la espuma.

25 b) Medición de densidad por medio de ultrasonido

Con el uso de una instalación de ultrasonido, la densidad se determina con un sensor, con diferente atenuación, dispersión y distorsión del sonido al penetrar la espuma. La densidad se determinó cinco veces como valor de referencia con el método convencional (masa/volumen) en una copa calibrada. El eco que puede asignarse a la muestra de espuma se examina en cuanto a sus propiedades de señal.

30 En este sentido se seleccionaron diez propiedades: las propiedades temporales de energía, atenuación, picos, propagación y las propiedades espectrales de caída, decaimiento, caída, asimetría, curtosis. Partiendo de estas diez propiedades determinadas del eco de la señal de ultrasonido relevante para la masa de espuma se crea un modelo multiclase que posibilita una declaración sobre la densidad de espuma. Una comparación de los valores de densidad determinados por medio de ultrasonido con los valores medidos convencionalmente muestra que existe una dependencia lineal de los dos métodos de medición.

40 d) Determinación de consistencia

Para determinar la consistencia, el conducto 4 se equipó después del cabezal de mezcla con dos sondas de presión P1, P2 a una distancia de dos metros. La presión respectiva se mide cada segundo y se almacena y transmite a un PC para calcular la diferencia de presión. Para determinar el factor de consistencia K, se elige la variable desconocida n con un valor entre 0,5 y 0,65. Teniendo en cuenta este índice de flujo n, así como la caída de presión Δp y la geometría de tubo (longitud, diámetro del tubo), se puede calcular un factor para la consistencia de espuma.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de proceso de una instalación para la producción continua de espumas, en particular espumas alimentarias,
5 que comprende las etapas
- a) determinación continua en línea de al menos un valor real de al menos dos variables de estado de una espuma producida en al menos un sistema de impacto,
10 en donde las al menos dos variables de estado que van a determinarse están seleccionadas del grupo compuesto por estructura de burbuja y distribución de burbuja,
en donde la determinación del al menos un valor real de las variables de estado de la espuma se efectúa aguas abajo del al menos un sistema de impacto,
en donde los valores reales de las variables de estado de la espuma se determinan mediante un método de medición para la determinación de la conductividad, o mediante los métodos de medición de ultrasonidos, análisis de imagen, tomografía de resonancia magnética y
15 b) el al menos un valor real determinado de la variable de estado de la espuma se compara con al menos un valor teórico predeterminado de esta variable de estado de la espuma producida y, en caso de una desviación del valor real con respecto al por lo menos un valor teórico, se cambia automáticamente al menos un parámetro de proceso de la producción continua de la espuma.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se determinan al menos tres, preferentemente al menos cinco variables de estado de la espuma producida.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que al menos una variable de estado adicional que va a determinarse de la espuma producida está seleccionada del grupo que contiene las variables de estado textura de espuma, temperatura y densidad.
25
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se determinan al menos las seis variables de estado de consistencia de espuma, estructura de burbuja, distribución de burbuja, textura de espuma, temperatura y densidad.
30
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los valores reales de las variables de estado de la espuma se determinan mediante un método de medición para la determinación de la temperatura, la densidad, la corriente volumétrica, la caída de presión, la viscosidad, la conductividad, así como mediante los métodos de medición de ultrasonidos, tomografía de resonancia magnética, análisis de imagen.
35
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se cambian al menos dos parámetros de proceso, preferentemente al menos tres parámetros de proceso, en particular preferentemente al menos cinco parámetros de proceso de la producción continua de la espuma.
40
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un parámetro de proceso que va a cambiarse está seleccionado del grupo que contiene la temperatura del sistema de impacto, la cantidad de gas que va a introducirse en el sistema de impacto para la formación de espuma, tiempo de residencia en el sistema de impacto, caudal de la fase líquida, capacidad de la bomba, velocidad de giro del rotor en el sistema de impacto, presión de proceso en el cabezal de mezcla, cantidad de refrigerante y control de fórmula.
45
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se determina el valor real de al menos una variable de estado aguas abajo del sistema de impacto en una sección de una línea para la descarga de la espuma.
50
9. Dispositivo para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos un recipiente de almacenamiento (1), al menos un sistema de impacto (2) dispuesto aguas abajo del recipiente de almacenamiento, al menos un dispositivo (7a-f) dispuesto aguas abajo del sistema de impacto para la medición de una variable de medición de la espuma producida para la determinación continua en línea de al menos un valor real de al menos dos variables de estado de la espuma seleccionadas del grupo compuesto por estructura de burbuja y distribución de burbuja y al menos una unidad de control (5) para el ajuste de al menos un valor teórico de al menos un parámetro de proceso para la producción continua de la espuma, en donde al menos un dispositivo (7e-f) para la medición de al menos una variable de medición comprende al menos un equipo de medición de conductividad (7e) y/o al menos un dispositivo ultrasónico (7f), en donde aguas abajo del al menos un dispositivo (7e-f) para la determinación del valor real de una variable de medición de la espuma está dispuesta una unidad de dosificación.
55
60
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el al menos un dispositivo (7a-f) para la medición de al menos una variable de medición comprende al menos un dispositivo para la determinación de la temperatura (7a), al menos un dispositivo para la determinación de la corriente volumétrica (7b), al menos un dispositivo para la determinación de la densidad (7c), al menos dos sondas de medición de presión dispuestas separadas para la determinación de la caída de presión (7d).
65

