

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 027 857**

51 Int. Cl.:

**C08J 9/12** (2006.01)

**C08J 9/18** (2006.01)

**C08J 9/228** (2006.01)

**B29C 44/34** (2006.01)

**B29C 35/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2021 E 21171657 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025 EP 4083124**

54 Título: **Procedimiento para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.06.2025**

73 Titular/es:

**JSP INTERNATIONAL SARL (100.00%)  
14, Route de Francières  
60190 Estrées-Saint-Denis, FR**

72 Inventor/es:

**DZIKOWSKI, PASCAL y  
JANOUSEK, JAN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 3 027 857 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 para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares

5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares.

Los procedimientos para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares, que se procesan posteriormente, en particular para la producción de piezas moldeadas de espuma de partículas, se conocen básicamente por el estado de la técnica.

10 Los procedimientos conocidos para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares se basan en un proceso de dos etapas que, en una primera etapa, prevé fundir un material plástico a base de poliolefina termoplástico en una prensa extrusora así como cargar la masa fundida de material plástico a base de poliolefina termoplástica así generada dentro de la prensa extrusora con un agente expansor y, en una segunda etapa, granular o triturar el material plástico a base de poliolefina termoplástico que sale de la extrusora en forma de hebra y que va a expandirse o bien expandido debido al agente expansor.

15 En la primera etapa de un procedimiento correspondiente, el agente expansor se disuelve en la masa fundida de material plástico termoplástica debido a las relaciones de presión y temperatura que prevalecen en la prensa extrusora. Después de que el material plástico a base de poliolefina termoplástico cargado con agente expansor salga de la prensa extrusora, se realiza una expansión, condicionada por la caída de presión, del material plástico a base de poliolefina como resultado de la transferencia del agente expansor a la fase gaseosa.

20 Mediante la granulación o bien la trituración del material plástico a base de poliolefina que sale de la prensa extrusora en forma de hebra y, como se ha descrito, que se expande inmediatamente después de salir de la prensa extrusora de manera condicionada por el agente expansor, que se realiza en la segunda etapa de un correspondiente procedimiento, por ejemplo por medio de un equipo de corte, se producen partículas de plástico a base de poliolefina celulares que pueden procesarse posteriormente para dar una pieza moldeada de espuma de partículas en un proceso de procesamiento separado.

25 Los procedimientos conocidos están configurados de manera comparativamente compleja tanto en términos de tecnología de instalación como de proceso. Además, las partículas de plástico a base de poliolefina celulares que pueden producirse con procedimientos conocidos son susceptibles de mejoras en cuanto a propiedades tal como por ejemplo el tamaño, la morfología y la distribución de las células; las posibilidades de influir en las propiedades correspondientes de las partículas de plástico a base de poliolefina celulares, desde el punto de vista técnico de instalación y de proceso, están claramente limitadas en los procedimientos conocidos.

30 Además, no es posible producir partículas de plástico a base de poliolefina celulares a partir de un material plástico a base de poliolefina preexpandido utilizando procedimientos conocidos. Esto es en particular importante porque el proceso de extrusión descrito daña o destruye la estructura de las partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas, en particular debido a la entrada de energía mecánica y térmica.

35 Esto se aplica en particular a los procesos de autoclave conocidos en los que partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas se expanden por lotes y por consiguiente de manera discontinua para dar perlas de espuma en un equipo de autoclave (el denominado espumador posterior/adicional) utilizando vapor caliente. Entre los aspectos susceptibles de mejora se encuentran la ineficiencia energética, los requisitos de infraestructura para la generación de vapor o el suministro de vapor, el riesgo de deterioro de la morfología de las perlas de espuma fabricadas en todo su volumen y una elevada dispersión debido a las diferentes condiciones térmicas en las distintas zonas de suministro de vapor, el riesgo de deterioro de la morfología de las perlas de espuma producidas en todo su volumen, una gran dispersión debido a las diferentes condiciones térmicas en las distintas zonas del autoclave) y los procesos de secado posteriores necesarios para eliminar de nuevo la humedad del vapor caliente.

40 El documento US 2010/024085 A1 divulga un procedimiento para la producción de partículas de polipropileno preexpandidas.

45 El documento US 2005/0059747 A1 divulga un procedimiento para el procesamiento de partículas de polímero expansibles.

50 Partiendo de esto, la presente invención se basa en el objetivo de indicar un procedimiento mejorado con respecto a esto para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares que también permite la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares a partir de partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas, en particular con propiedades ajustables de manera dirigida para el procesamiento posterior para dar piezas moldeadas de espuma de partículas y sus propiedades de aplicación o uso.

55 El objetivo se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes de esto se refieren a posibles formas de realización del procedimiento.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares; el procedimiento descrito en este caso sirve, por lo tanto, para la producción en general de partículas de plástico a base de poliolefina celulares. En el caso de las partículas de plástico a base de poliolefina que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento se trata, por tanto, de partículas de plástico a base de poliolefina que presentan una estructura celular al menos por secciones, normalmente de forma completa. Las partículas de plástico a base de poliolefina celulares pueden presentar además una cierta capacidad de expansión (adicional), en particular debido a un determinado contenido de agente expansor, ya sea un residuo del procedimiento descrito o uno introducido posteriormente en una etapa de proceso separada. Por lo tanto, las partículas de plástico a base de poliolefina celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento pueden expandirse y/o pueden comprimirse (mecánicamente) o pueden ser compresibles debido a su estructura celular. Las partículas de plástico a base de poliolefina celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento pueden denominarse o considerarse en todos los casos "partículas de espuma" (foam particle) o "perlas espumadas" (foamed beads). Como se verá más adelante, el procedimiento también puede denominarse o considerarse un procedimiento para la modificación basada en radiación, es decir, en particular para la expansión posterior o adicional de partículas de plástico a base de poliolefina preexpandidas. La modificación basada en radiación sirve a este respecto en particular para influir de forma dirigida, mediante radiación, en las propiedades celulares y, por tanto, en la estructura celular de partículas de plástico a base de poliolefina preexpandidas correspondientes, lo que, como se ha mencionado, se entiende en particular como una expansión posterior o adicional.

Las partículas de plástico a base de poliolefina celulares, que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento que pueden denominarse o denominadas adicionalmente también de manera abreviada "partículas de plástico" o bien "partículas de plástico celulares", se pueden procesar posteriormente para dar una pieza moldeada de espuma de partículas en uno o más procesos posteriores independientes. El procesamiento posterior de las partículas de plástico celulares para dar una pieza moldeada de espuma de partículas puede realizarse con el uso de vapor o vapor caliente (a base de vapor) o sin el uso de vapor o vapor caliente (sin base de vapor o seco).

A continuación se explican con más detalle las etapas del procedimiento para la producción de partículas de plástico celulares.

En una primera etapa del procedimiento, se realiza una facilitación de un material plástico en forma de partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas. Las partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas proporcionadas de acuerdo con el procedimiento, denominadas en adelante también de manera abreviada "partículas de material plástico preexpandidas", dado el caso también pueden denominarse "partículas de plástico preexpandidas". El material plástico que se considera como material de partida, y que es por tanto un material de espuma de partículas a base de poliolefina, y por tanto ya un material plástico a base de poliolefina celular, se proporciona en la primera etapa del procedimiento en forma de partículas de material plástico preexpandidas. Por consiguiente, el material plástico preexpandido proporcionado se encuentra particulado, es decir, en particular a modo o en forma de material a granel. Por lo tanto, en la primera etapa se lleva a cabo, por lo general, al menos una medida para proporcionar un material plástico particulado, es decir, en particular a modo o en forma de material a granel, preexpandido, en forma de partículas de material plástico preexpandidas correspondientes. La densidad de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas en la primera etapa del procedimiento se encuentra normalmente por debajo de  $1 \text{ g/cm}^3$ , dependiendo de la composición o modificación del material debido a la estructura celular, en particular en un intervalo entre  $0,05$  y  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , lo que da como resultado las propiedades preexpandidas de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas; por tanto, la matriz de partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas presenta una estructura porosa o celular.

A pesar de su estructura celular, la matriz de las partículas de material plástico preexpandidas puede contener dado el caso al menos una sustancia o material de adición, tal como por ejemplo materiales de relleno alargadas, esféricas o en forma de plaquetas. En particular para partículas de material plástico preexpandidas con sustancias o materiales de adición, la densidad puede encontrarse, dependiendo de la concentración, dado el caso también por encima de  $1 \text{ g/cm}^3$ . Las sustancias o materiales de adición correspondientes pueden estar presentes o actuar dado el caso incluso celularmente.

La primera etapa del procedimiento puede llevarse a cabo, dado el caso al menos de manera parcialmente automatizable o parcialmente automatizado, mediante un equipo de facilitación que está diseñado para la facilitación continua o discontinua de un material plástico correspondiente en forma de partículas de material plástico preexpandidas. Un equipo de facilitación correspondiente puede ser, por ejemplo un equipo de transporte, mediante el cual las partículas de material plástico preexpandidas que se van a procesar para dar partículas de plástico celulares correspondientes se pueden transportar hacia un o bien en un equipo de carga que lleva a cabo la segunda etapa del procedimiento. Un equipo de transporte correspondiente puede estar diseñado, por ejemplo, como equipo transportador de banda o equipo transportador de flujo o puede comprender uno de este tipo. Por lo tanto, el transporte de las partículas de material plástico preexpandidas hacia un o en un equipo de carga que lleva a cabo la segunda etapa del procedimiento puede incluir la recepción de las partículas de material plástico preexpandidas en un flujo de transporte; las partículas de material plástico preexpandidas pueden transportarse por tanto mediante un flujo de transporte hacia un o en un equipo de carga que lleva a cabo la segunda etapa del procedimiento.

En una segunda etapa del procedimiento, se realiza una carga de las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor al menos bajo la influencia de la presión. En la segunda etapa, las partículas de material plástico preexpandidas se cargan con un agente expansor, al menos bajo la influencia de la presión - dado el caso dependiendo del material, también se puede aplicar una determinada temperatura (elevada) además de una determinada presión. En la segunda etapa se lleva a cabo, por tanto, en general al menos una medida para la carga de las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor al menos bajo la influencia de presión, es decir, al menos de manera solicitada con presión. Fenomenológicamente, en la segunda etapa del procedimiento se realiza normalmente un enriquecimiento del agente expansor en las respectivas partículas de material plástico preexpandidas. El enriquecimiento del agente expansor en las respectivas partículas de material plástico preexpandidas puede resultar, en particular dependiendo de la configuración química de las partículas de material plástico preexpandidas, del agente expansor así como de las sustancias o materiales de adición dado el caso contenidos en las mismas, así como dependiendo de las condiciones de presión y temperatura seleccionadas, como se mencionó, normalmente también de manera dependiente del material, por ejemplo, a partir de o mediante procesos de absorción y/o disolución del agente expansor en las respectivas partículas de material plástico preexpandidas. Debido a la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas, también puede realizarse un enriquecimiento o una acumulación del agente expansor dentro de los espacios celulares proporcionados por la estructura celular; de esta manera, el volumen interno de un respectivo material plástico preexpandido definido por los espacios celulares se puede utilizar como espacio receptor para la absorción del agente expansor en la segunda etapa del procedimiento.

El nivel de presión en la segunda etapa del procedimiento se selecciona a este respecto normalmente, en particular en función del material, de modo que no se dañe la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas; en particular, el nivel de presión en la segunda etapa del procedimiento se selecciona de modo que la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas no se dañe de manera indeseable debido a la presión, es decir, por ejemplo se deforme plásticamente e incluso colapse por completo. En este contexto, la diferencia efectiva entre la carga externa y la presión intracelular es particularmente importante.

Lo mismo se aplica en particular a la velocidad de aumento de la presión, es decir, la velocidad a la que aumenta la presión externa desde un nivel inicial a un nivel objetivo en la segunda etapa. Normalmente, la tasa de aumento de presión se encuentra en un intervalo entre 0,001 bar (0,1 kPa) por minuto y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto. En particular entre 0,01 bar (1 kPa) por minuto y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto, más en particular entre 0,1 bar (10 kPa) y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto, más en particular entre 1 bar (100 kPa) y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto, más en particular entre 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 bar (200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 o 1000 kPa) y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto, más en particular entre 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 o 100 bar (1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500 o 10000 kPa) por minuto y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto, más en particular entre 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 735, 750, 775, 800, 825, 850, 875, 900, 925, 950 o 975 bar (12500, 15000, 17500, 20000, 22500, 25000, 27500, 30000, 32500, 35000, 37500, 40000, 42500, 45000, 47500, 50000, 52500, 55000, 57500, 60000, 62500, 65000, 67500, 70000, 73500, 75000, 77500, 80000, 82500, 85000, 87500, 90000, 92500, 95000 o 97500 kPa) por minuto y 1000 bar (100.000 kPa) por minuto. También son posibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

Como agentes expansores pueden usarse gases, tal como por ejemplo dióxido de carbono o una mezcla que contenga dióxido de carbono y/o nitrógeno, tal como por ejemplo aire. En general, puede usarse cualquier gas orgánico inflamable o no inflamable, es decir en particular butano o pentano; o gases inertes, tal como por ejemplo gases nobles, es decir en particular helio, neón, argón; o nitrógeno, o mezclas de los mismos. Por tanto, el término "agente expansor" también puede comprender una mezcla de agentes expansores química y/o físicamente diferentes. La selección del agente expansor se realiza normalmente teniendo en cuenta su capacidad de absorción en las partículas de material plástico preexpandidas, teniendo en cuenta así la configuración o composición química y/o física de las partículas de material plástico preexpandidas. Si las partículas de material plástico preexpandidas contienen sustancias o materiales de adición, al seleccionar el agente expansor también se deben tener en cuenta propiedades como, por ejemplo, la configuración química y/o física de las sustancias o materiales de adición.

La segunda etapa del procedimiento puede llevarse a cabo, dado el caso al menos de manera parcialmente automatizable o de manera parcialmente automatizada, mediante un equipo de carga que está diseñado para cargar las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor al menos bajo la influencia de la presión o bien para realizar un proceso de carga correspondiente. Un equipo de carga correspondiente puede estar configurado, por ejemplo, como equipo de autoclave, es decir, generalmente como un equipo de recipiente a presión que comprende un espacio de presión o de proceso, cuya temperatura puede controlarse, o puede comprender uno de este tipo. Un equipo de carga correspondiente puede presentar además un equipo de control de temperatura que está diseñado para controlar la temperatura de un espacio de presión o de proceso correspondiente. Un equipo de carga correspondiente puede presentar en todos los casos una unidad de control y/o regulación implementada en hardware y/o software, que está diseñada para el control y/o regulación, es decir, generalmente para ajustar ciertos parámetros dinámicos y/o estáticos de presión y/o temperatura dentro de un espacio de presión o de proceso correspondiente.

En una tercera etapa del procedimiento, se realiza una expansión de las partículas de material plástico preexpandidas

cargadas con agente expansor para producir partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura, es decir, en particular temperatura elevada. Por tanto, en la tercera etapa del procedimiento, las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor normalmente se exponen a temperatura elevada, es decir, generalmente energía térmica, lo que provoca la desgasificación y/o expansión del agente expansor contenido en las partículas de material plástico preexpandidas. Normalmente, esto se realiza en seco, es decir, sin influencia externa de fluidos, tal como por ejemplo vapor o agua. En particular, la desgasificación del agente expansor en las células y las zonas de matriz de las partículas de material plástico preexpandidas que se ablandan o ablandadas térmicamente provoca una expansión nueva o adicional de las partículas de material plástico, lo que después de enfriarse o "congelarse" conduce a la formación de partículas de plástico con una estructura celular permanente, dado el caso modificada en comparación con el material de partida, por ejemplo con respecto al número de células y/o forma y/o tamaño, y por consiguiente a la formación de las partículas de plástico celulares que se van a producir. En la tercera etapa del procedimiento se lleva a cabo, por tanto, generalmente al menos una medida para desgasificar o expandir el agente expansor contenido en las células y las zonas de matriz de las partículas de material plástico preexpandidas que se ablandan o ablandadas al menos debido a la influencia de la temperatura y por consiguiente al menos térmicamente, para producir partículas de plástico celulares. Fenomenológicamente, en la tercera etapa del procedimiento, en particular debido a la desgasificación o desorción del agente expansor de las células y de las zonas de matriz de las partículas de material plástico preexpandidas que se ablandan o ablandadas, tiene lugar un crecimiento celular adicional así como dado el caso una nueva formación de células con el subsiguiente crecimiento celular dentro de las partículas de material plástico preexpandidas, lo que conduce a que se produzcan partículas de plástico celulares que tienen una densidad, dado el caso significativamente, menor en comparación con las partículas de plástico preexpandidas. La formación de células, si se produce, se basa a este respecto normalmente en la desorción mencionada del agente expansor en los puntos de nucleación en las partículas de material plástico que se ablandan o ablandadas por la influencia de la temperatura, mientras que el crecimiento celular se basa normalmente en una expansión inducida por sobrepresión del agente expansor en células ya formadas o existentes. Como también se ha mencionado, la estructura celular formada de esta manera o el estado de expansión adicional realizado con ella se "congela" o bien se fija de manera permanente mediante la o bien una reducción de temperatura de las partículas de plástico celulares así producidas, es decir, mediante su enfriamiento, por ejemplo en el entorno.

En principio, por tanto, una vez finalizada la presurización en la segunda etapa del procedimiento, es decir cuando se produce una caída de presión, en particular en condiciones normales o estándar, se producen procesos de desgasificación o desorción dentro de las respectivas partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor y normalmente ablandadas debido a las condiciones térmicas. Los procesos de desgasificación y desorción del agente expansor representan una condición previa esencial para los procesos de crecimiento celular y dado el caso los procesos de formación de células dentro de las respectivas partículas de material plástico necesarios para la producción de partículas de plástico celulares. A partir de las partículas de material plástico preexpandidas presentes después de la segunda etapa del procedimiento, cargadas con agente expansor y normalmente ablandadas debido a las condiciones térmicas, se forman en la tercera etapa del procedimiento las partículas de plástico celulares que van a producirse de acuerdo con el procedimiento, en particular debido a los correspondientes procesos de desgasificación o desorción.

Como se mencionó, las partículas de plástico celulares que van a producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento presentan una densidad menor que las partículas de plástico preexpandidas, de modo que el procedimiento, como también se mencionó, sirve para producir partículas de plástico celulares de menor densidad y por consiguiente también puede designarse o bien considerarse como procedimiento para la modificación basada en radiación, es decir, en particular para la expansión posterior o adicional a base de radiación, de partículas de plástico preexpandidas.

Como se explicará más adelante, mediante el control de correspondientes procesos de formación de células y de crecimiento celular que se realizan de manera condicionada por desgasificación o desorción, se pueden realizar dado el caso estructuras celulares con propiedades celulares localmente diferentes y por consiguiente partículas de plástico celulares graduadas.

En general se aplica que de acuerdo con el procedimiento pueden producirse en particular partículas de plástico celulares con un tamaño de célula en un intervalo entre 0,5 y 250  $\mu\text{m}$ . Por tanto, el tamaño de célula real - lógicamente se habla en este caso normalmente de un promedio - puede ajustarse por tanto de acuerdo con el procedimiento dependiendo de las condiciones del proceso seleccionadas por un intervalo muy amplio y por consiguiente de manera adaptada. Lo correspondiente se aplica a cualquier distribución del tamaño de célula dentro de las respectivas partículas de plástico celulares.

En particular se aplica que con el procedimiento descrito en el presente documento pueden formarse partículas de plástico celulares con un tamaño de célula (medio) por debajo de 250  $\mu\text{m}$ , en particular por debajo de 240  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 230  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 220  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 210  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 200  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 190  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 180  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 170  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 160  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 150  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 140  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 130  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 120  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 110  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 100  $\mu\text{m}$ , más en particular

5 por debajo de 90  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 80  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 70  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 60  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 50  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 45  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 40  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 35  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 30  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 25  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 24  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 23  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 22  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 21  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 20  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 19  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 18  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 17  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 16  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 15  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 14  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 13  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 12  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 11  $\mu\text{m}$ , más en particular por debajo de 10  $\mu\text{m}$ , o incluso más pequeño. También son posibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

15 La tercera etapa del procedimiento puede realizarse, dado el caso al menos de manera parcialmente automatizable o de manera parcialmente automatizada, mediante un equipo de expansión que está diseñado para la expansión basada en radiación del agente expansor para producir partículas de plástico celulares al menos bajo la influencia de la temperatura para realizar un proceso de expansión basado en radiación correspondiente. Un equipo de expansión correspondiente suele estar diseñado como un equipo de calentamiento basado en radiación, es decir, generalmente como un equipo de control de temperatura que comprende un espacio de control de temperatura o de proceso que puede controlarse en temperatura o controlado en temperatura al menos basado en radiación o comprende uno de este tipo. Un equipo de control de temperatura correspondiente puede presentar además un equipo de transporte que está diseñado para transportar las partículas de material plástico que se van a expandir a lo largo de un tramo de transporte a través de un espacio de control de la temperatura o proceso correspondiente. Un equipo de expansión correspondiente puede presentar en todos los casos una unidad de control y/o regulación implementada en hardware y/o software, que está diseñada para el control y/o regulación, es decir, generalmente para ajustar ciertos parámetros dinámicos y/o estáticos de transporte y/o temperatura y/o radiación dentro de un espacio de control de temperatura o de proceso correspondiente.

20 En particular, la tercera etapa del procedimiento puede llevarse a cabo dado el caso de forma continua, lo que resulta ventajoso en comparación con los procesos basados en autoclave en lotes mencionados anteriormente.

30 La densidad de las partículas de plástico celulares producidas en la tercera etapa del procedimiento normalmente se encuentra significativamente por debajo de la densidad inicial de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas en la primera etapa, lo que da como resultado las propiedades celulares de las partículas de plástico que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento. La densidad aparente de las partículas de plástico celulares producidas en la tercera etapa del procedimiento se encuentra de manera correspondiente significativamente por debajo de la densidad aparente de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas en la primera etapa del procedimiento.

35 Las partículas de plástico celulares producidas en la tercera etapa del procedimiento, como se mencionó anteriormente, normalmente pueden expandirse adicionalmente o bien posteriormente; esto puede representar una propiedad esencial para el procesamiento posterior descrito, en particular basado en vapor o no basado en vapor, de partículas de plástico celulares para la producción de piezas moldeadas de espuma de partículas.

40 Por tanto, el procedimiento se caracteriza en comparación con los procesos conocidos por un control dinámico especial del proceso, que requiere un ablandamiento necesario para la expansión, pero a diferencia de un proceso de extrusión, no requiere la fusión completa de un material plástico preexpandido cargado con agente expansor y, por lo tanto, no requiere una carga intensiva en presión y temperatura de una masa fundida de material plástico con un agente expansor. El control dinámico del proceso, es decir, en particular, el calentamiento rápido (de volumen) que esto permite - en contraste con el transporte de energía convectivo y conductivo en el post-espumado basado en vapor - también es importante para una buena eficiencia energética y la morfología celular significativamente más fina mencionada a continuación (debido a la falta de tiempo para las uniones celulares). Por tanto, el procedimiento va acompañado de un esfuerzo desde el punto de vista técnico de instalación y de proceso comparativamente (significativamente) simplificado para su implementación, ya que las partículas de material plástico preexpandidas se cargan con un agente expansor, y las partículas de material plástico correspondientes cargadas con agente expansor se pueden convertir en partículas de plástico celulares al menos bajo la influencia de la temperatura, en particular bajo la influencia de la temperatura y la presión.

45 Además, se mejoran las propiedades de las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento, en particular en lo que se refiere al número, tamaño, forma y distribución de las células, lo que resulta de las condiciones de proceso fácilmente ajustables y muy bien controlables en el contexto de la carga en la segunda etapa del procedimiento así como en el contexto de la expansión que se realiza en la tercera etapa del procedimiento.

50 A diferencia de los procesos de expansión basados en autoclave descritos anteriormente, el procedimiento permite un proceso de expansión continuo de partículas de plástico preexpandidas correspondientes cargadas con agente expansor, que no requiere secado posterior debido a la falta de uso de vapor caliente.

Con ello, el procedimiento permite una ventana de proceso significativamente ampliada, que se puede ajustar o controlar con precisión para cada material plástico, lo que en principio permite producir partículas de plástico celulares con las propiedades deseadas a partir de cualquier partícula de material plástico preexpandida (termoplástica).

5 Como se indica, la carga de las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor se puede realizar bajo la influencia de la presión y la temperatura. Los parámetros que pueden variar, por tanto, para cargar las partículas de material plástico preexpandidas con agente expansor así como además para ajustar de manera selectiva determinadas propiedades de las partículas de plástico celulares que se van a producir o producidas, en particular en función del material, son por tanto inicialmente las condiciones de presión y temperatura que prevalecen en la segunda etapa del procedimiento. Por supuesto, es también el tiempo, es decir, en particular el curso y la duración de las condiciones de presión y temperatura en la segunda etapa del procedimiento, un parámetro que influye en la carga de las partículas de material plástico preexpandidas con agente expansor, es decir en particular la absorción del agente expansor en las partículas de material plástico preexpandidas.

15 A continuación se mencionan a modo de ejemplo los parámetros concretos para la realización de la segunda etapa del procedimiento:

La carga de las partículas de material plástico preexpandidas con el o bien un agente expansor puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico preexpandidas y/o del agente expansor, a una presión en un intervalo entre 1 y 200 bar (100 y 20000 kPa), en particular en un intervalo entre 1 y 190 bar (100 y 19000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 180 bar (100 y 18000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 170 bar (100 y 17000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 160 bar (100 y 16000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 150 bar (100 y 15000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 140 bar (100 y 14000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 130 bar (100 y 13000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 120 bar (100 y 12000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 110 bar (100 y 11000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 100 bar (100 y 10000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 90 bar (100 y 9000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 80 bar (100 y 8000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 70 bar (100 y 7000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 60 bar (100 y 6000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 50 bar (100 y 5000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 40 bar (100 y 4000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 30 bar (100 y 3000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 20 bar (100 y 2000 kPa), más en particular en un intervalo entre 1 y 10 bar (100 y 1000 kPa). En lugar de 1 bar (100 kPa), también se pueden utilizar 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 bar (200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 o 1000 kPa) como límite inferior. Las presiones mencionadas anteriormente a modo de ejemplo, como se ha mencionado, se refieren en particular a presiones dentro de un espacio de presión o de proceso de un equipo de carga correspondiente durante la realización de la segunda etapa del procedimiento. También son posibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

Como se mencionó, el nivel de presión y, en particular, la velocidad de aumento de presión en la segunda etapa del procedimiento se seleccionan a este respecto normalmente, en particular dependiendo del material, de modo que no se dañe la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas; en particular, el nivel de presión y, en particular, la velocidad de aumento de la presión en la segunda etapa del procedimiento se seleccionan de modo que la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas no sufra deformación plástica debido a la presión (diferencia efectiva entre la carga externa y la presión intracelular) y dado el caso pueda colapsar.

La carga de las partículas de material plástico preexpandidas con el o bien un agente expansor puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico preexpandidas y/o del agente expansor, a una temperatura en un intervalo de entre 0 y 250 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 240 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 230 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 220 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 210 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 200 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 190 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 180 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 170 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 160 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 150 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 140 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 130 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 120 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 110 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 100 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 90 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 80 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 70 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 60 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 50 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 40 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 30 °C, más en particular en un intervalo entre 0 y 20 °C. Las temperaturas mencionadas anteriormente a modo de ejemplo, como se ha mencionado, se refieren en particular a temperaturas dentro de un espacio de presión o de proceso de un equipo de carga correspondiente durante la realización de la segunda etapa del procedimiento. También son posibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

La carga de las partículas de material plástico preexpandidas con el o bien un agente expansor puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico preexpandidas y/o del agente expansor, durante un período de tiempo en un intervalo entre 0,1 y 1000 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 950 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 900 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 850 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 800 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 750 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 700 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 650 h, más en particular en

un intervalo entre 0,1 y 600 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 550 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 500 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 450 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 400 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 350 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 300 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 250 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 200 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 150 h, más en particular en un intervalo entre 0,1 y 100 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 90 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 80 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 70 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 60 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 50 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 40 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 30 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 20 h, en particular en un intervalo entre 0,1 y 10 h. Los períodos de tiempo mencionados anteriormente a modo de ejemplo, como se ha mencionado, se refieren en particular a la solicitación con presión o temperatura de las partículas de material plástico dentro de un espacio de presión o de proceso de un equipo de carga correspondiente durante la realización de la segunda etapa del procedimiento. También son posibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

15 A continuación se mencionan a modo de ejemplo los parámetros concretos para la realización de la tercera etapa del procedimiento:

La expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor para producir las partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura, en particular dependiendo de la composición química del material de partículas de plástico cargado con agente expansor y/o del agente expansor, puede realizarse, por ejemplo, a presión normal, es decir, una presión ambiente de aprox. 1 bar (100 kPa). Por tanto, es posible un nivel de presión especial, como por ejemplo un nivel de sobrepresión o vacío parcial, pero no es absolutamente necesario, para expandir las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor para las producir partículas de plástico celulares, lo que simplifica fundamentalmente el proceso de expansión.

25 La expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor para producir las partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química del material de partículas de plástico cargado con agente expansor y/o del agente expansor, a una temperatura en un intervalo entre 20 y 300 °C, en particular en un intervalo entre 20 y 290 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 280 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 270 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 260 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 250 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 240 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 230 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 220 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 210 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 200 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 190 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 180 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 170 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 160 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 150 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 140 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 130 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 120 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 110 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 100 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 90 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 80 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 70 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 60 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 50 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 40 °C, más en particular en un intervalo entre 20 y 30 °C. También son concebibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

Las temperaturas mencionadas anteriormente pueden referirse en particular a una temperatura de entrada cuando las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor entran en un equipo de expansión correspondiente y/o a una temperatura de salida cuando las partículas de plástico celulares salen de un equipo de expansión correspondiente. Las temperaturas de entrada y salida correspondientes pueden ser iguales, similares o diferentes. Si un equipo de expansión correspondiente presenta un equipo de transporte que está diseñado para transportar las partículas de material plástico cargadas con agente expansor a lo largo de equipos de control de la temperatura correspondientes, las temperaturas mencionadas anteriormente pueden referirse a una temperatura cuando el material de partículas de plástico preexpandido cargado con agente expansor entra en un equipo de expansión o de control de la temperatura correspondiente (temperatura de entrada), es decir, a una zona inicial de un equipo de transporte correspondiente, y/o a una temperatura de salida cuando las partículas de plástico salen de un equipo de expansión o de control de la temperatura correspondiente (temperatura de salida), es decir, a una zona final de un equipo de transporte correspondiente. Normalmente, la temperatura de entrada es menor que la temperatura de salida.

La expansión de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor bajo la influencia de la temperatura se lleva a cabo irradiando el material de partículas plásticas preexpandidas cargadas con agente expansor con radiación infrarroja. En particular, se considera la radiación infrarroja con longitudes de onda en un intervalo entre 1 y 15  $\mu\text{m}$ , en particular entre 1,4 y 8  $\mu\text{m}$ , y en particular entre 1,4 y 3  $\mu\text{m}$ . Las longitudes de onda de la radiación infrarroja se seleccionan normalmente dependiendo del material. El control de la temperatura, es decir, en particular el calentamiento, de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor puede realizarse a este respecto, en particular dependiendo del material, mediante una selección y/o ajuste de las propiedades de la radiación de alta energía utilizada, es decir, en particular su longitud de onda, se puede realizar de forma muy específica, sin correr el riesgo de una aplicación o penetración por fusión indeseada durante el proceso de expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor, es decir, una estabilidad insuficiente

de las partículas de material plástico ablandadas, cuando las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor se ablandan mediante calentamiento. En este caso, la radiación infrarroja ha demostrado ser especialmente adecuada en los estudios, ya que permite un calentamiento volumétrico dirigido y, en combinación con un equipo de transporte, muy bien controlable de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor, un proceso de ablandamiento controlable y, por tanto (esto es esencial para ajustar las propiedades de las partículas de plástico celulares que se van a producir) un proceso de expansión controlable.

La expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor se lleva a cabo bajo la influencia de la temperatura mediante la irradiación de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con un agente expansor con radiación térmica de alta energía, concretamente radiación infrarroja, en donde las partículas de material plástico cargadas con agente expansor se transportan en al menos un tramo de transporte definido por un equipo de transporte, en particular de manera continua, a lo largo de al menos un equipo de generación de radiación que genera radiación de alta energía correspondiente, es decir, radiación infrarroja. Un equipo de generación de radiación correspondiente puede estar diseñado en particular como un horno de infrarrojo, en particular un horno continuo de infrarrojo, o comprender un horno de este tipo. Un horno de infrarrojos correspondiente puede comprender uno o más radiadores de infrarrojos dispuestos o formados a lo largo de un tramo de transporte correspondiente. Los radiadores infrarrojos correspondientes pueden presentar, por ejemplo, una potencia radiada dado el caso variable en un intervalo entre 1 y 500 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 450 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 400 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 350 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 250 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 200 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 150 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 100 kW, más en particular en un intervalo entre 1 y 50 kW. En lugar de 1 kW, también se pueden utilizar 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 kW como límite inferior. También son posibles todos los valores intermedios que no se enumeran explícitamente en este caso.

Las potencias mencionadas anteriormente pueden referirse en particular a la potencia de superficie por m<sup>2</sup>. Las investigaciones han demostrado a este respecto que, en particular, las potencias de superficie entre 5 y 100 kW/m<sup>2</sup> dieron buenos resultados. Mediante radiadores variables o con potencias (de superficie) de radiador variables se pueden crear diferentes zonas de temperatura, lo que también proporciona un parámetro para influir en el proceso de expansión.

De acuerdo con el procedimiento, después de expandir las partículas de material plástico cargadas con agente expansor para producir las partículas de plástico celulares, las partículas de plástico celulares producidas se pueden enfriar bajo la influencia de la temperatura (en particular, inferior en comparación con la del proceso de expansión realizado anteriormente), como se indicó anteriormente. El enfriamiento, que preferiblemente se realiza de forma rápida, puede "congelar" la estructura celular de las partículas de plástico celulares que está presente después del proceso de expansión. De esta manera puede evitarse de forma específica una expansión adicional, integral o incluso local, de las partículas de plástico dado el caso no deseada después del proceso de expansión, por ejemplo para mantener una estructura celular de las partículas de plástico dado el caso deseada después del proceso de expansión. El enfriamiento puede realizarse en particular desde una temperatura de proceso que se encuentra por encima de una temperatura de referencia, en particular la temperatura ambiente puede usarse como temperatura de referencia, hasta una temperatura de enfriamiento que se encuentra por debajo de la temperatura de proceso o de referencia, en particular la temperatura ambiente. Por lo tanto, no son absolutamente necesarios equipos de control de temperatura separados para enfriar las partículas de plástico, pero pueden ser suficientes si las partículas de plástico se enfrían a temperatura ambiente después del proceso de expansión o se almacenan a temperatura ambiente.

De acuerdo con el procedimiento, tal como se ha indicado también más arriba, puede proporcionarse o usarse un material de partículas plásticas preexpandido que contiene al menos una sustancia o material de adición o bien aditivo, en particular funcional, por ejemplo una sustancia o material de fibra y/o una sustancia o material colorante y/o una sustancia o material de nucleación y/o una sustancia o material, tal como por ejemplo aditivos para ajustar la viscosidad de masa fundida, como por ejemplo extensores de cadena, o para aumentar el coeficiente de absorción, como grafito, negro de humo, etc., para influir o controlar específicamente el comportamiento de ablandamiento de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor. Como alternativa o de manera complementaria, puede proporcionarse o usarse material de partículas de plástico preexpandido que contiene al menos un aditivo del grupo: antioxidante, estabilizador UV, aditivo antiestático, aditivo de flujo o antiadherente, aditivo retardante de llama, pigmento, colorante y mezclas de los anteriores. Un antioxidante puede presentar, por ejemplo, una proporción en un intervalo entre el 0 y el 2,5 % en peso, en particular entre el 0 y el 1 % en peso; un estabilizador UV, como por ejemplo estabilizadores UV a base de amina o níquel, puede presentar por ejemplo una proporción entre el 0 y el 5 % en peso, en particular entre el 0 y el 2,5 % en peso (para estabilizadores UV a base de amina o níquel se aplica en particular una proporción entre el 0 y el 5 % en peso, más en particular entre el 0 y el 2,5 % en peso); un aditivo antiestático en una proporción entre el 0 y el 5 % en peso, en particular entre el 0 y el 1 % en peso - 2,5 % en peso; un aditivo de flujo o antiadherente una proporción entre el 0 y el 5 % en peso, en particular entre el 0 y el 2,5 % en peso; un aditivo antibloqueo una proporción entre el 0 y el 5 % en peso, en particular entre el 0 y el 2,5 % en peso; un aditivo de nucleación una proporción entre el 0 y el 5 % en peso, en particular entre el 0 y el 2,5 % en peso, y un aditivo retardante de llama una proporción entre el 0 y el 65 % en peso, en particular entre el 0 y el 20 % en peso, más en particular entre el 0 y el 5 % en peso, más en particular entre el 0 y el 2,5 % en peso. Los pigmentos o colorantes, como por ejemplo negro de humo, pueden presentar (en cada caso) una proporción entre el 0 y el 15 % en peso.

De esta manera, las partículas de material plástico preparadas y preexpandidas también pueden cargarse con agente expansor y expandirse de acuerdo con el procedimiento, dando como resultado partículas de plástico celulares con propiedades especiales. En particular, mediante una selección y concentración específicas de sustancias o materiales de adición correspondientes pueden producirse partículas de plástico personalizadas para aplicaciones o áreas de uso específicas. Es posible que las sustancias o materiales de adición se hayan incorporado a las partículas de material plástico preexpandidas durante su producción.

En particular, a través de sustancias o materiales de fibra - en este caso puede tratarse básicamente de sustancias o materiales de fibra orgánicos o inorgánicos, por tanto pueden mencionarse a modo de ejemplo, por ejemplo, aramida, fibras de vidrio, de carbono o naturales - con respecto al procesamiento posterior, pueden realizarse propiedades materiales especiales de las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento o de una pieza moldeada de espuma de partículas producidas a partir de las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento. Las partículas de plástico celulares correspondientes o bien las piezas moldeadas de espuma de partículas producidas a partir de éstas pueden caracterizarse por una parte, por una densidad particular debido a su estructura celular, y por otra parte por propiedades mecánicas especiales, en particular por conexiones mecánicas producidas, de manera condicionada por el procesamiento, entre células vecinas dentro de las respectivas partículas de plástico celulares y/o entre respectivas partículas de plástico celulares vecinas. Durante el procesamiento posterior para dar piezas moldeadas de espuma de partículas, estas propiedades mecánicas especiales se pueden utilizar localmente o integralmente o incluso modificarse. Lo mismo se aplica, básicamente de manera independiente de su composición química, a las sustancias o materiales de adición no a modo de fibra o en forma de fibra, como por ejemplo a sustancias o materiales de adición orgánicos y/o inorgánicos a modo o en forma de esfera o a modo o en forma de placa.

Además de una influencia específica sobre las propiedades mecánicas de las partículas de plástico, se pueden utilizar sustancias o materiales de adición adecuados, por ejemplo, para influir también específicamente en las propiedades eléctricas y/o las propiedades térmicas de las partículas de plástico. Por tanto, se pueden producir sustancias o materiales de adición conductores eléctricos y/o térmicos como, por ejemplo, partículas metálicas y/o de hollín, etc., partículas de plástico con propiedades especiales de conducción eléctrica y/o térmica.

La concentración de las sustancias o materiales de adición correspondientes, en principio, se puede elegir libremente, aunque normalmente depende del material. Por tanto, se indica solo a modo de ejemplo que las partículas de material plástico preexpandidas pueden proporcionarse o usarse con una (o más) sustancia(s) o material(es) de adición en una concentración (respectiva) entre el 0,01 % en peso, esto se aplica en particular a aditivos químicamente activos, y el 60 % en peso, esto se aplica en particular a aditivos fibrosos. Como se indica, la concentración normalmente depende de las propiedades químicas y/o físicas específicas de las sustancias o materiales de adición o su combinación.

Se mencionó que, en principio, cualquier material plástico termoplástico puede proporcionarse o usarse como material de partida de acuerdo con el procedimiento. Por tanto, debe entenderse únicamente a modo de ejemplo que de acuerdo con el procedimiento se proporcionan o se usan partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas del grupo: polipropileno, mezcla de polipropileno, polietileno, mezcla de polietileno, mezclas de polietileno-polipropileno, copolímeros de etileno y al menos otro monómero olefínico, copolímero de propileno y al menos otro monómero olefínico y/o mezclas de los anteriores. Por tanto, también pueden usarse mezclas de diferentes materiales plásticos a base de poliolefina termoplásticos; únicamente a modo de ejemplo se menciona poliolefina modificada (mPO) en este contexto.

Si se utilizan mezclas a base de poliolefina que contienen al menos dos componentes (poli)olefínicos que difieren en al menos un parámetro químico y/o físico y/o parámetro relacionado con la configuración molecular, éstos pueden estar presentes en principio en cualquier composición proporcional deseada, en donde las proporciones respectivas suman un 100 % en términos porcentuales. De manera correspondiente, un primer componente puede presentar cualquier proporción de peso entre el 1 y el 99 % en peso y un segundo componente puede presentar cualquier proporción de peso entre el 99 y el 1 % en peso, sumando las proporciones respectivas un total del 100 % en peso. Por supuesto, también son concebibles proporciones inferiores al 1 % en peso y superiores al 99 % en peso.

Por ejemplo, se puede usar un copolímero de propileno y al menos otro componente olefínico, en donde la proporción del al menos un monómero olefínico se encuentra en un intervalo entre el 0,5 y el 50 % en peso, en particular un intervalo entre el 1 y el 10 % en peso. En el caso de un monómero olefínico correspondiente puede tratarse además de etileno/propileno también de buteno, hexeno, octeno, etc. Lo mismo se aplica a un copolímero de etileno y al menos otro componente olefínico.

Los copolímeros correspondientes pueden presentar una temperatura de fusión en un intervalo entre 100 y 140 °C, en particular entre 120 y 140 °C, más en particular por encima de 140 °C.

Asimismo pueden usarse mezclas de al menos dos copolímeros diferentes. Únicamente a modo de mero ejemplo se hace referencia a una mezcla de un primer copolímero de propileno y al menos un componente olefínico con una temperatura de fusión por encima de 140 °C (copolímero A) y otro copolímero de propileno y al menos un componente

olefínico con una temperatura de fusión entre 120 y 140 °C (copolímero B). La proporción del copolímero B puede encontrarse en un intervalo entre el 0,1 y el 50 % en peso, en particular en un intervalo entre el 0,1 y el 25 % en peso, con respecto a la mezcla total. La proporción del copolímero A es adecuada para que las proporciones sumen el 100 % en peso.

5 Como se mencionó, todos los materiales plásticos utilizados pueden estar dotados de uno o más aditivos, como por ejemplo fibras. Todos los materiales plásticos utilizados pueden ser materiales reciclados o pueden contener una proporción de materiales reciclados.

10 Se mencionó que las propiedades de las partículas de plástico celulares de menor densidad que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento pueden verse influenciadas en particular por las condiciones del proceso durante el proceso de carga y el proceso de expansión.

15 De acuerdo con el procedimiento, dependiendo de las condiciones de proceso seleccionadas, por tanto pueden producirse por ejemplo partículas de plástico celulares con una estructura celular distribuida de manera uniforme o irregular. Las propiedades, es decir, en particular la distribución de la estructura celular dentro de las respectivas partículas de plástico celular puede verse influenciada por tanto además de parámetros específicos del material (también) por la presión, la temperatura y el tiempo durante la carga o la expansión, así como por los tiempos o condiciones de transporte o de permanencia entre las etapas individuales del procedimiento.

20 Si de acuerdo con el procedimiento se producen partículas de plástico celulares con una estructura celular distribuida de forma irregular, las respectivas partículas de plástico celulares pueden presentar un número, una forma y/o un tamaño de células diferente en una zona de borde que en una zona de núcleo. Por tanto pueden producirse partículas de plástico celulares graduadas que presentan una gama especial de propiedades debido a la diferente distribución del número de células, la forma de las células y/o el tamaño de las células. Por tanto, las partículas de plástico celulares graduadas pueden presentar, por ejemplo, a modo de partículas núcleo-capa, propiedades celulares diferentes en una zona de borde (exterior) que en una zona de núcleo (interior).

25 Las partículas de plástico celulares configuradas de forma correspondiente pueden conseguirse, en particular, mediante una carga (demasiado) corta del material de partida compacto con agente de expansión, que luego solo se deposita cerca del borde, de modo que se produce una mayor expansión, en particular en el borde. Por el contrario, un período de almacenamiento (demasiado) largo entre la carga del agente expansor y la expansión puede dar lugar a partículas de plástico celulares en las que predominantemente el "núcleo" está espumado.

30 En general se aplica que de acuerdo con el procedimiento pueden producirse en particular partículas de plástico celulares con un tamaño de célula en un intervalo entre 0,5 y 250 µm. Por tanto, el tamaño de célula real - lógicamente se habla en este caso normalmente de un promedio - puede ajustarse por tanto de acuerdo con el procedimiento dependiendo de las condiciones del proceso seleccionadas por un intervalo muy amplio y por consiguiente de manera adaptada. Lo correspondiente se aplica a cualquier distribución del tamaño de célula dentro de las respectivas partículas de plástico celulares.

35 En general se aplica además que, en particular dependiendo del grado de expansión y dado el caso de la proporción de material de relleno, pueden producirse de acuerdo con el procedimiento partículas de plástico celulares con una densidad aparente en un intervalo entre 5 y 1000 g/l. Por tanto, la densidad aparente real - lógicamente se habla en este caso también normalmente de un promedio - puede ajustarse por tanto dependiendo de las condiciones del proceso seleccionadas por un intervalo muy amplio y por consiguiente de manera adaptada.

40 A continuación se especifica puramente a modo de ejemplo una partícula de material plástico preexpandida que puede procesarse o procesado concretamente en el contexto del procedimiento, así como los parámetros asociados para llevar a cabo la segunda y tercera etapa del procedimiento:

45 En el contexto del ejemplo, en la primera etapa del procedimiento se proporcionó un material plástico de polipropileno expandible preexpandido, es decir, partículas de material plástico de polipropileno, con una densidad aparente de aproximadamente 75 g/l. En la segunda etapa del procedimiento, las partículas de material plástico preexpandidas se cargaron con aire como agente expansor en un recipiente a presión con una presión de aproximadamente 8 bar (800 kPa) durante un período de 100 h sin control de temperatura separado. La velocidad de aumento de presión se encontraba en aproximadamente 0,2 bar por hora. En la tercera etapa del procedimiento se realizó una expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor mediante transporte, en particular continuo o discontinuo de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor a través de un horno continuo de infrarrojo que comprende varios radiadores de infrarrojo, es decir, mediante el transporte de las partículas de material plástico a lo largo de un tramo de transporte o de control de la temperatura con una longitud de aprox. 5 m formado una pluralidad de elementos de control de la temperatura en forma de radiadores de infrarrojo con una potencia total de radiador de aprox. 20 kW. La temperatura de la cinta transportadora en la entrada del tramo de transporte se encontraba en aprox. 85 °C, la temperatura de la cinta transportadora a la salida del tramo de transporte o de control de la temperatura se encontraba en aprox. 160 °C. La velocidad de transporte ascendía a aproximadamente 450 mm/s. Las partículas de plástico celular producidas de esta manera presentan una densidad aparente de aproximadamente 35 g/l.

Un segundo aspecto de la divulgación se refiere a un procedimiento para el procesamiento de un material de partículas de plástico que está formado por o contiene o bien comprende partículas de plástico celulares que se han producido de acuerdo con el procedimiento según el primer aspecto, para producir una pieza moldeada de espuma de partículas.

5 Un tercer aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para producir partículas de plástico celulares de acuerdo con un procedimiento según el primer aspecto, que comprende:

- 10 - un primer equipo que está diseñado para cargar el termoplástico preexpandido con un agente expansor bajo la influencia de presión, en donde el equipo comprende en particular un equipo de carga, por ejemplo en forma de un equipo de recipiente a presión; y
- 15 - un segundo equipo que está diseñado para expandir el agente expansor para producir partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura, en donde el segundo equipo comprende un equipo de generación de radiación para la generación de radiación infrarroja, en donde el equipo de generación de radiación está diseñado como un horno continuo de infrarrojo.

El segundo equipo puede comprender un equipo de transporte, en particular un equipo combinado de transporte y control de temperatura. Un equipo combinado de transporte y control de temperatura correspondiente está diseñado como o comprende un horno continuo de infrarrojo que comprende uno o más radiadores de infrarrojo.

20 Al segundo equipo puede estar asignado o puede asignarse además un equipo de reducción de la presión, tal como por ejemplo un espacio de reducción de la presión, en el que se almacenan (se relajan) las partículas de plástico celulares producidas en condiciones químicas y/o físicas definidas, es decir, condiciones de temperatura definidas en particular, durante un tiempo definido. Un equipo de reducción de la presión correspondiente puede estar configurado, por ejemplo, como un equipo de descompresión o puede comprender uno de este tipo.

Es concebible que el dispositivo comprenda además el o un equipo de transporte, mediante el cual las partículas de plástico celulares producidas se transportan de forma continua o discontinua a través de un espacio de reducción de la presión correspondiente.

30 El dispositivo puede comprender además equipos de manipulación adecuados para manipular las partículas de material plástico preexpandidas para proporcionarlas y/o para retirar las partículas de plástico celulares producidas. Los equipos de manipulación correspondientes también pueden estar diseñados como equipos de transporte o pueden comprender tales. En particular, se tienen en consideración equipos de transporte adecuados para el transporte de materiales a granel, tal como por ejemplo equipos de transporte neumáticos, que están diseñados para la formación de un flujo de transporte.

40 El dispositivo puede comprender básicamente un equipo de transporte mediante el cual pueden transportarse las partículas de material plástico preexpandidas o además las partículas de plástico celulares de forma continua o discontinua a través de los equipos individuales del dispositivo.

Todas las explicaciones relacionadas con el procedimiento según el primer aspecto se aplican de forma análoga al procedimiento según el segundo aspecto y al dispositivo según el tercer aspecto.

45 La invención se explica con más detalle a modo de ejemplo a continuación mediante ejemplos de realización con referencia a la figura. A este respecto, muestran:

- Figura 1, un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización;
- 50 Figura 2, un diagrama esquemático de un dispositivo para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización; y
- Figuras 3 y 4, en cada caso, un diagrama esquemático de una partícula de plástico celular producida de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización.

55 La figura 1 muestra un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización.

El procedimiento es un procedimiento para la producción de partículas de plástico celulares; por tanto, el procedimiento sirve para producir partículas de plástico celulares. En el caso de las partículas de plástico que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento con densidad menor en comparación con el material de partida se trata, por tanto, de partículas de plástico que presentan una estructura celular al menos por secciones, dado el caso de forma completa. Las partículas de plástico pueden presentar además una cierta capacidad de expansión (adicional), en particular debido a un determinado contenido de agente expansor, ya sea un residuo del procedimiento descrito o uno introducido posteriormente en una etapa de proceso separada. Por tanto, las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento con densidad pueden expandirse y/o pueden comprimirse (mecánicamente) o pueden ser compresibles.

Las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento con densidad más baja pueden procesarse posteriormente para dar una pieza moldeada de espuma de partículas en uno o más procesos posteriores independientes. El procesamiento posterior de las partículas de plástico para dar una pieza moldeada de espuma de partículas puede realizarse con el uso de vapor o vapor sobrecalentado (a base de vapor) o sin el uso de vapor o vapor sobrecalentado (sin base de vapor o seco).

A continuación se explican con más detalle las etapas del procedimiento para la producción de partículas de plástico celulares con densidad haciendo referencia a las figuras 1 y 2.

En una primera etapa S1 del procedimiento, se realiza una facilitación de un material plástico en forma de partículas de material plástico preexpandidas. Las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas también pueden denominarse dado el caso "partículas de plástico preexpandidas". Las partículas de material plástico preexpandidas, en el caso de las cuales se trata normalmente de partículas de material plástico termoplásticas, que van a considerarse como material de partida se proporcionan en la primera etapa del procedimiento. Por consiguiente, el material de partida proporcionado se encuentra particulado, es decir, en particular a modo o en forma de material a granel. Por lo tanto, en la primera etapa se lleva a cabo, por lo general, al menos una medida para proporcionar un material plástico (termoplástico) particulado, es decir, en particular a modo o en forma de material a granel, en forma de partículas de material plástico preexpandidas correspondientes. La densidad de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas en la primera etapa del procedimiento se encuentra normalmente por debajo de  $1 \text{ g/cm}^3$ , dependiendo de la composición o modificación del material debido a la estructura celular, en particular en un intervalo entre  $0,05$  y  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , lo que da como resultado las propiedades preexpandidas de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas; por tanto, la matriz de partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas presenta una estructura porosa o celular.

A pesar de su estructura celular, la matriz de las partículas de material plástico preexpandidas puede contener dado el caso al menos una sustancia o material de adición, tal como por ejemplo materiales de relleno alargadas, esféricas o en forma de plaquetas. En particular para partículas de material plástico preexpandidas con sustancias o materiales de adición, la densidad puede encontrarse, dependiendo de la concentración, dado el caso también por encima de  $1 \text{ g/cm}^3$ . Las sustancias o materiales de adición correspondientes pueden estar presentes o actuar dado el caso incluso celularmente.

La primera etapa S1 del procedimiento puede realizarse, dado el caso al menos de manera parcialmente automatizable o de manera parcialmente automatizada, mediante un equipo de facilitación 2 mostrado de forma puramente esquemática en la figura 2, que está diseñado para la facilitación continua o discontinua de partículas de material plástico preexpandidas correspondientes. Un equipo de facilitación 2 correspondiente puede ser, por ejemplo un equipo de transporte, mediante el cual las partículas de material plástico preexpandidas que se van a procesar para dar partículas de plástico celulares correspondientes se pueden transportar hacia un o bien en un equipo de carga 3 que lleva a cabo la segunda etapa del procedimiento. Un equipo de transporte correspondiente puede estar diseñado, por ejemplo, como equipo transportador de banda o equipo transportador de flujo o puede comprender uno de este tipo. Por lo tanto, el transporte de las partículas de material plástico preexpandidas hacia un o en un equipo de carga 3 que lleva a cabo la segunda etapa del procedimiento puede incluir la recepción de las partículas de material plástico preexpandidas en un flujo de transporte; las partículas de material plástico preexpandidas pueden transportarse por tanto mediante un flujo de transporte hacia un o en un equipo de carga 3 que lleva a cabo la segunda etapa del procedimiento.

En una segunda etapa S2 del procedimiento, se realiza una cura de las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor al menos bajo la influencia de la presión. En la segunda etapa, las partículas de material plástico preexpandidas se cargan con un agente expansor, al menos bajo la influencia de la presión - dado el caso dependiendo del material, también se puede aplicar una determinada temperatura (elevada) además de una determinada presión. En la segunda etapa se lleva a cabo, por tanto, en general al menos una medida para la carga de las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor al menos bajo la influencia de presión, es decir, al menos de manera solicitada con presión. Fenomenológicamente, en la segunda etapa del procedimiento se realiza normalmente un enriquecimiento del agente expansor en las respectivas partículas de material plástico preexpandidas. El enriquecimiento del agente expansor en las respectivas partículas de material plástico preexpandidas puede resultar, en particular dependiendo de la configuración química de las partículas de material plástico preexpandidas, del agente expansor así como de las sustancias o materiales de adición dado el caso contenidos en las mismas, así como dependiendo de las condiciones de presión y temperatura seleccionadas, como se mencionó, normalmente también de manera dependiente del material, por ejemplo, a partir de o mediante procesos de absorción y/o disolución del agente expansor en las respectivas partículas de material plástico preexpandidas. Debido a la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas, también puede realizarse un enriquecimiento o una acumulación del agente expansor dentro de los espacios celulares proporcionados por la estructura celular; de esta manera, el volumen interno de un respectivo material plástico preexpandido definido por los espacios celulares se puede utilizar como espacio receptor para la absorción del agente expansor en la segunda etapa del procedimiento.

El nivel de presión y la velocidad de aumento de presión en la segunda etapa del procedimiento se seleccionan a este respecto normalmente, en particular dependiendo del material, de modo que no se dañe la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas; en particular, el nivel de presión y la velocidad de aumento de la presión en la segunda etapa del procedimiento se seleccionan de modo que la estructura celular de las partículas de material plástico preexpandidas no sufra deformación plástica debido a la presión (diferencia efectiva entre la carga externa y la presión intracelular) y pueda colapsar.

Como agentes expansores pueden usarse gases, tal como por ejemplo dióxido de carbono o una mezcla que contenga dióxido de carbono y/o nitrógeno, tal como por ejemplo aire. En general, puede usarse cualquier gas orgánico inflamable o no inflamable, es decir en particular butano o pentano; o gases inertes, tal como por ejemplo gases nobles, es decir en particular helio, neón, argón; o nitrógeno, o mezclas de los mismos. Por tanto, el término "agente expansor" también puede comprender una mezcla de agentes expansores química y/o físicamente diferentes. La selección del agente expansor se realiza normalmente teniendo en cuenta su capacidad de absorción en las partículas de material plástico preexpandidas, teniendo en cuenta así la configuración o composición química y/o física de las partículas de material plástico preexpandidas. Si las partículas de material plástico preexpandidas contienen sustancias o materiales de adición, al seleccionar el agente expansor también se deben tener en cuenta propiedades como, por ejemplo, la configuración química y/o física de las sustancias o materiales de adición.

La segunda etapa S2 del procedimiento puede realizarse, dado el caso al menos de manera parcialmente automatizable o de manera parcialmente automatizada, mediante un equipo de carga 3 representado puramente de manera esquemática en la figura 2, que está diseñado para cargar las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor al menos bajo la influencia de la presión o bien para realizar un proceso de carga correspondiente. Un equipo de carga 3 correspondiente puede estar configurado, por ejemplo, como equipo de autoclave, es decir, generalmente como un equipo de recipiente a presión 3.1 que comprende un espacio de presión o de proceso o puede comprender uno de este tipo. Un equipo de carga 3 correspondiente puede presentar además un equipo de control de temperatura 3.2 que está diseñado para controlar la temperatura de un espacio de presión o de proceso correspondiente. Un equipo de carga correspondiente puede presentar en todos los casos una unidad de control y/o regulación 3.3 implementada en hardware y/o software, que está diseñada para el control y/o regulación, es decir, generalmente para ajustar ciertos parámetros dinámicos y/o estáticos de presión y/o temperatura dentro del espacio de presión o proceso.

En una tercera etapa del procedimiento, se realiza una expansión de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor para producir partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura, es decir, en particular temperatura elevada. Por tanto, en la tercera etapa del procedimiento, las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor normalmente se exponen a temperatura elevada, es decir, generalmente energía térmica, lo que provoca la desgasificación y/o expansión del agente expansor contenido en las partículas de material plástico preexpandidas. En particular, la desgasificación del agente expansor en las células y las zonas de matriz de las partículas de material plástico preexpandidas que se ablandan o ablandadas térmicamente provoca una expansión nueva o adicional de las partículas de material plástico, lo que después de enfriarse o "congelarse" conduce a la formación de partículas de plástico con una estructura celular permanente, dado el caso modificada en comparación con el material de partida, por ejemplo con respecto al número de células, forma de células y/o tamaño de células, y por consiguiente a la formación de las partículas de plástico celulares que se van a producir. En la tercera etapa del procedimiento se lleva a cabo, por tanto, generalmente al menos una medida para desgasificar o expandir el agente expansor contenido en las partículas de material plástico preexpandidas que se ablandan o ablandadas al menos debido a la influencia de la temperatura y por consiguiente al menos térmicamente, para producir partículas de plástico celulares. Fenomenológicamente, en la tercera etapa del procedimiento, en particular debido a la desgasificación o desorción del agente expansor de las células y de las zonas de matriz de las partículas de material plástico preexpandidas que se ablandan o ablandadas, tiene lugar un crecimiento celular, dado el caso adicional, así como dado el caso una nueva formación de células con el subsiguiente crecimiento celular dentro de las partículas de material plástico preexpandidas, lo que conduce a que se produzcan partículas de plástico celulares. La formación de células, si se produce, se basa a este respecto normalmente en la desorción mencionada del agente expansor en los puntos de nucleación en las partículas de material plástico que se ablandan o ablandadas por la influencia de la temperatura, mientras que el crecimiento celular se basa normalmente en una expansión inducida por sobrepresión del agente expansor en células ya formadas o existentes. Como también se ha mencionado, la estructura celular formada de esta manera o el estado de expansión adicional realizado con ella se "congela" o bien se fija de manera permanente mediante la o bien una reducción de temperatura de las partículas de plástico celulares así producidas, es decir, mediante su enfriamiento, por ejemplo en el entorno.

En principio, por tanto, una vez finalizada la presurización en la segunda etapa del procedimiento, es decir cuando se produce una caída de presión, en particular en condiciones normales o estándar, se producen procesos de desgasificación o desorción dentro de las respectivas partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor y normalmente ablandadas debido a las condiciones térmicas. Los procesos de desgasificación y desorción del agente expansor representan una condición previa esencial para los procesos de crecimiento celular y dado el caso los procesos de formación de células dentro de las respectivas partículas de material plástico necesarios para la producción de partículas de plástico celulares. A partir de las partículas de material plástico preexpandidas presentes después de la segunda etapa del procedimiento, cargadas con agente expansor y normalmente ablandadas

5 debido a las condiciones térmicas, se forman en la tercera etapa del procedimiento las partículas de plástico celulares que van a producirse de acuerdo con el procedimiento, en particular debido a los correspondientes procesos de desgasificación o desorción. Como se explicará más adelante, mediante el control de correspondientes procesos de formación de células y de crecimiento celular que se realizan de manera condicionada por desgasificación o desorción, se pueden realizar dado el caso estructuras celulares con propiedades celulares localmente diferentes y por consiguiente partículas de plástico celulares graduadas.

10 La nucleación en combinación con un ajuste específico del comportamiento de ablandamiento tiene una influencia decisiva en la desorción del agente expansor. En particular, puede formarse una pluralidad de nuevas células pequeñas a través de una pluralidad de puntos de nucleación individuales, lo que conduce a una estructura celular fina dentro de las respectivas partículas de plástico celulares. Una estructura celular fina correspondiente se caracteriza en particular por células pequeñas y una distribución en gran medida homogénea de éstas dentro de las respectivas partículas de plástico celulares. En general se aplica que de acuerdo con el procedimiento pueden producirse en particular partículas de plástico celulares con un tamaño de célula en un intervalo entre 0,5 y 250 µm.

15 Por tanto, el tamaño de célula real - lógicamente se habla en este caso normalmente de un promedio - puede ajustarse por tanto de acuerdo con el procedimiento dependiendo de las condiciones del proceso seleccionadas por un intervalo muy amplio y por consiguiente de manera adaptada. Lo correspondiente se aplica a cualquier distribución del tamaño de célula dentro de las respectivas partículas de plástico celulares.

20 En particular se aplica que con el procedimiento pueden formarse partículas de plástico celulares con un tamaño de célula (medio) por debajo de 100 µm, en particular por debajo de 75 µm, más en particular por debajo de 50 µm, más en particular por debajo de 25 µm.

25 La tercera etapa S3 del procedimiento puede realizarse, dado el caso al menos de manera parcialmente automatizable o de manera parcialmente automatizada, mediante un equipo de expansión 4 que está diseñado para la expansión basada en radiación del agente expansor para producir partículas de plástico celulares al menos bajo la influencia de la temperatura para realizar un proceso de expansión basado en radiación correspondiente. Un equipo de expansión 4 correspondiente suele estar diseñado por tanto como un equipo de calentamiento basado en radiación, es decir, generalmente como un equipo de control de temperatura 4.1 que comprende un espacio de control de temperatura o de proceso que puede controlarse en temperatura o controlado en temperatura al menos basado en radiación o comprende uno de este tipo. Un equipo de control de temperatura 4.1 correspondiente puede presentar además un equipo de transporte 4.3 que está diseñado para transportar las partículas de material plástico que se van a expandir a lo largo de un tramo de transporte a través de un espacio de control de la temperatura o proceso correspondiente. Un equipo de expansión 4 correspondiente puede presentar en todos los casos una unidad de control y/o regulación 35 4.2 implementada en hardware y/o software, que está diseñada para el control y/o regulación, es decir, generalmente para ajustar ciertos parámetros dinámicos y/o estáticos de presión y/o temperatura dentro de un espacio de control de temperatura o de proceso correspondiente.

40 La densidad de las partículas de plástico celulares producidas en la tercera etapa S3 del procedimiento normalmente se encuentra significativamente por debajo de la densidad inicial de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas en la primera etapa S1, lo que da como resultado las propiedades celulares de las partículas de plástico que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento. La densidad aparente de las partículas de plástico celulares producidas en la tercera etapa S3 del procedimiento se encuentra de manera correspondiente significativamente por debajo de la densidad aparente de las partículas de material plástico preexpandidas proporcionadas en la primera etapa S1 del procedimiento.

45

Las partículas de plástico celulares producidas en la tercera etapa S3 del procedimiento, como se mencionó anteriormente, pueden expandirse (adicionalmente); esto puede representar una propiedad esencial para el procesamiento posterior descrito, en particular basado en vapor o no basado en vapor, de partículas de plástico celulares para la producción de piezas moldeadas de espuma de partículas.

50

Como se indica, la carga de las partículas de material plástico preexpandidas con un agente expansor se puede realizar bajo la influencia de la presión y la temperatura. Los parámetros que pueden variar, por tanto, para cargar las partículas de material plástico preexpandidas con agente expansor así como además para ajustar de manera selectiva determinadas propiedades de las partículas de plástico celulares que se van a producir o producidas, en particular en función del material, son por tanto inicialmente las condiciones de presión y temperatura que prevalecen en la segunda etapa S2 del procedimiento. Por supuesto, es también el tiempo, es decir, en particular el curso y la duración de las condiciones de presión y temperatura en la segunda etapa del procedimiento, un parámetro que influye en la carga de las partículas de material plástico preexpandidas con agente expansor, es decir en particular la absorción o el enriquecimiento del agente expansor en las partículas de material plástico preexpandidas.

55

60

La carga de las partículas de material plástico preexpandidas con el o bien un agente expansor puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico preexpandidas y/o del agente expansor, por ejemplo con una presión en un intervalo entre 1 y 200 bar (100 y 20.000 kPa). La presión se refiere en particular a la presión dentro de un espacio de presión o de proceso de un equipo de carga 3 correspondiente durante la realización de la segunda etapa S2 del procedimiento.

65

5 La carga de las partículas de material plástico preexpandidas con el o bien un agente expansor puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico preexpandidas y/o del agente expansor, por ejemplo a una temperatura en un intervalo entre 0 y 250 °C. Las temperaturas se refieren en particular a temperaturas dentro de un espacio de presión o de proceso de un equipo de carga correspondiente durante la realización de la segunda etapa S2 del procedimiento.

10 La carga de partículas de material plástico preexpandidas con el o bien un agente expansor puede realizarse, por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico preexpandidas y/o del agente expansor, durante un periodo de tiempo, por ejemplo en un intervalo entre 0,1 y 1000 h. Los periodos de tiempo mencionados anteriormente a modo de ejemplo, como se ha mencionado, se refieren en particular a la solicitud con presión o temperatura de las partículas de material plástico dentro de un espacio de presión o de proceso de un equipo de carga 2 correspondiente durante la realización de la segunda etapa S2 del procedimiento.

15 La expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor para producir las partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura, en particular dependiendo de la composición química del material de partículas de plástico cargado con agente expansor y/o del agente expansor, puede realizarse, por ejemplo, a presión normal, es decir, una presión ambiente de aprox. 1 bar (100 kPa). Por tanto, es posible un nivel de presión especial, como por ejemplo un nivel de sobrepresión o vacío parcial, pero no es absolutamente necesario, para expandir las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor para las producir partículas de plástico celulares, lo que simplifica fundamentalmente el proceso de expansión.

25 La expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor para producir las partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura puede realizarse por ejemplo, en particular dependiendo de la composición química del material de partículas de plástico cargado con agente expansor y/o del agente expansor, a una temperatura por ejemplo en un intervalo entre 0 y 300 °C. Las temperaturas mencionadas anteriormente pueden referirse en particular a una temperatura de entrada cuando las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor entran en un equipo de expansión 4 correspondiente y/o a una temperatura de salida cuando las partículas de plástico celulares salen de un equipo de expansión 4 correspondiente. Las temperaturas de entrada y salida correspondientes pueden ser iguales, similares o diferentes. Si un equipo de expansión 4 correspondiente presenta un equipo de transporte 4.31 que está diseñado para transportar las partículas de material plástico cargadas con agente expansor a lo largo de equipos de control de la temperatura 4.1 correspondientes, las temperaturas mencionadas anteriormente pueden referirse a una temperatura cuando el material de partículas de plástico preexpandido cargado con agente expansor entra en un equipo de expansión o de control de la temperatura 4.1 correspondiente (temperatura de entrada), es decir, a una zona inicial de un equipo de transporte 4.3 correspondiente, y/o a una temperatura de salida cuando las partículas de plástico salen de un equipo de expansión o de control de la temperatura 4 correspondiente (temperatura de salida), es decir, a una zona final de un equipo de transporte correspondiente. Normalmente, la temperatura de entrada es menor que la temperatura de salida.

40 La expansión de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor bajo la influencia de la temperatura se lleva a cabo irradiando el material de partículas plásticas preexpandidas cargadas con agente expansor con radiación infrarroja.

45 El control de la temperatura, es decir, en particular el calentamiento, de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor puede realizarse, en particular dependiendo del material, mediante una selección y/o ajuste de las propiedades de la radiación rica en energía, es decir, en particular su longitud de onda, por tanto puede realizarse de forma específica, sin correr el riesgo de una aplicación o penetración por fusión indeseada durante el proceso de expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor, es decir, una estabilidad insuficiente de las partículas de material plástico ablandadas, cuando las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor se ablandan mediante calentamiento. En este caso, la radiación infrarroja ha demostrado ser especialmente adecuada en los estudios, ya que permite un calentamiento volumétrico dirigido y, en combinación con un equipo de transporte, muy bien controlable de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con agente expansor, un proceso de ablandamiento controlable y, por tanto (esto es esencial para ajustar las propiedades de las partículas de plástico celulares que se van a producir) un proceso de expansión controlable.

60 La expansión de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor se lleva a cabo bajo la influencia de la temperatura mediante la irradiación de las partículas de material plástico preexpandidas cargadas con un agente expansor con radiación térmica de alta energía, concretamente radiación infrarroja, en donde las partículas de material plástico cargadas con agente expansor se transportan en al menos un tramo de transporte definido por un equipo de transporte 4.3, en particular de manera continua, a lo largo de al menos un equipo de generación de radiación 4.4 que genera radiación de alta energía correspondiente, es decir, radiación infrarroja. Un equipo de generación de radiación 4.4 correspondiente puede estar diseñado en particular como un horno de infrarrojo, en particular un horno continuo de infrarrojo, o comprender un horno de este tipo. Un horno de infrarrojos correspondiente puede comprender uno o más radiadores de infrarrojos dispuestos o formados a lo largo de un tramo de transporte correspondiente. Los radiadores de infrarrojo correspondientes pueden presentar, por ejemplo, una potencia de radiación, dado el caso

variable, en un intervalo entre 1 y 500 kW. Las potencias mencionadas anteriormente pueden referirse en particular a la potencia de superficie por m<sup>2</sup>. En particular, pueden usarse potencias de superficie entre 5 y 100 kW/m<sup>2</sup>. Mediante radiadores variables o con potencias (de superficie) de radiador variables se pueden crear diferentes zonas de temperatura, lo que también proporciona un parámetro para influir en el proceso de expansión.

5 De acuerdo con el procedimiento, después de expandir las partículas de material plástico cargadas con agente expansor para producir las partículas de plástico celulares, las partículas de plástico celulares producidas se pueden enfriar bajo la influencia de la temperatura (en particular, inferior en comparación con la del proceso de expansión realizado anteriormente), como se indicó anteriormente. El enfriamiento, que preferiblemente se realiza de forma  
10 rápida, puede "congelar" la estructura celular de las partículas de plástico celulares que está presente después del proceso de expansión. De esta manera puede evitarse de forma específica una expansión adicional, integral o incluso local, de las partículas de plástico dado el caso no deseada después del proceso de expansión, por ejemplo para mantener una estructura celular de las partículas de plástico dado el caso deseada después del proceso de expansión. El enfriamiento puede realizarse en particular desde una temperatura de proceso que se encuentra por encima de una  
15 temperatura de referencia, en particular la temperatura ambiente puede usarse como temperatura de referencia, hasta una temperatura de enfriamiento que se encuentra por debajo de la temperatura de proceso o de referencia, en particular la temperatura ambiente. Por lo tanto, no son absolutamente necesarios equipos de control de temperatura separados para enfriar las partículas de plástico, pero pueden ser suficientes si las partículas de plástico se enfrían a temperatura ambiente después del proceso de expansión o se almacenan a temperatura ambiente.

20 De acuerdo con el procedimiento, tal como se ha indicado también más arriba, puede proporcionarse o usarse un material de partículas plásticas preexpandido que contiene al menos una sustancia o material de adición, en particular funcional, por ejemplo una sustancia o material de fibra y/o una sustancia o material colorante y/o una sustancia o material de nucleación y/o una sustancia o material para influir o controlar específicamente el comportamiento de  
25 ablandamiento de las partículas de material plástico cargadas con agente expansor. De esta manera, las partículas de material plástico preparadas preexpandidas también pueden cargarse con agente expansor y expandirse de acuerdo con el procedimiento, dando como resultado partículas de plástico celulares con propiedades especiales. En particular, mediante una selección y concentración específicas de sustancias o materiales de adición correspondientes pueden producirse partículas de plástico personalizadas para aplicaciones o áreas de uso específicas. Es posible que  
30 las sustancias o materiales de adición se hayan incorporado a las partículas de material plástico preexpandidas durante su producción.

En particular, a través de sustancias o materiales de fibra - en este caso puede tratarse básicamente de sustancias o materiales de fibra orgánicos o inorgánicos, por tanto pueden mencionarse a modo de ejemplo, por ejemplo, aramida,  
35 fibras de vidrio, de carbono o naturales - con respecto al procesamiento posterior, pueden realizarse propiedades materiales especiales de las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento o de una pieza moldeada de espuma de partículas producidas a partir de las partículas de plástico celulares que pueden producirse o producidas de acuerdo con el procedimiento. Las partículas de plástico celulares correspondientes o bien las piezas moldeadas de espuma de partículas producidas a partir de éstas pueden  
40 caracterizarse por una parte, por una densidad particular debido a su estructura celular, y por otra parte por propiedades mecánicas especiales, en particular por conexiones mecánicas producidas, de manera condicionada por el procesamiento, entre células vecinas dentro de las respectivas partículas de plástico celulares y/o entre respectivas partículas de plástico celulares vecinas. Durante el procesamiento posterior para dar piezas moldeadas de espuma de partículas, estas propiedades mecánicas especiales se pueden utilizar localmente o integralmente o incluso  
45 modificarse. Lo mismo se aplica - básicamente de manera independiente de su composición química, a las sustancias o materiales de adición no a modo de fibra o en forma de fibra, como por ejemplo a sustancias o materiales de adición orgánicos y/o inorgánicos a modo o en forma de esfera o a modo o en forma de placa.

Además de una influencia específica sobre las propiedades mecánicas de las partículas de plástico, se pueden utilizar  
50 sustancias o materiales de adición adecuados, por ejemplo, para influir también específicamente en las propiedades eléctricas y/o las propiedades térmicas de las partículas de plástico. Por tanto, se pueden producir sustancias o materiales de adición conductores eléctricos y/o térmicos como, por ejemplo, partículas metálicas y/o de hollín, etc., partículas de plástico con propiedades especiales de conducción eléctrica y/o térmica.

55 La concentración de las sustancias o materiales de adición correspondientes, en principio, se puede elegir libremente, aunque normalmente depende del material. Por tanto, se indica solo a modo de ejemplo que las partículas de material plástico preexpandidas pueden proporcionarse o usarse con una (o más) sustancia(s) o material(es) de adición en una concentración (respectiva) entre el 0,01 % en peso, esto se aplica en particular a aditivos químicamente activos, y el  
60 60 % en peso, esto se aplica en particular a aditivos fibrosos. Como se indica, la concentración normalmente depende de las propiedades químicas y/o físicas específicas de las sustancias de adición.

De acuerdo con el procedimiento, en principio puede proporcionarse o usarse como material de partida cualquier material plástico a base de poliolefina. Por ejemplo, pueden proporcionarse o usarse partículas de material plástico de acuerdo con el procedimiento del grupo: polipropileno, mezcla de polipropileno, polietileno, mezcla de polietileno,  
65 65 mezclas de polietileno-polipropileno, copolímeros de etileno y al menos otro monómero olefínico, copolímero de propileno y al menos otro monómero olefínico y/o mezclas de los anteriores.

- Si se utilizan mezclas a base de poliolefina que contienen al menos dos componentes (poli)olefínicos que difieren en al menos un parámetro químico y/o físico y/o parámetro relacionado con la configuración molecular, éstos pueden estar presentes en principio en cualquier composición proporcional deseada, en donde las proporciones respectivas suman un 100 % en términos porcentuales. De manera correspondiente, un primer componente puede presentar cualquier proporción de peso entre el 1 y el 99 % en peso y un segundo componente puede presentar cualquier proporción de peso entre el 99 y el 1 % en peso, sumando las proporciones respectivas un total del 100 % en peso. Por supuesto, también son concebibles proporciones inferiores al 1 % en peso y superiores al 99 % en peso.
- De acuerdo con el procedimiento, dependiendo de las condiciones de proceso seleccionadas, pueden producirse por ejemplo partículas de plástico celulares con una estructura celular distribuida de manera uniforme o irregular. Las propiedades, es decir, en particular la distribución de la estructura celular dentro de las respectivas partículas de plástico celular puede verse influenciada por tanto además de parámetros específicos del material (también) por la presión, la temperatura y el tiempo durante la carga o la expansión, así como por los tiempos o condiciones de transporte entre las etapas individuales S1 - S3 del procedimiento.
- Si de acuerdo con el procedimiento se producen partículas de plástico celulares con una estructura celular distribuida de forma irregular, las respectivas partículas de plástico celulares pueden presentar un número y/o una forma y/o un tamaño de células diferente en una zona de borde que en una zona de núcleo. Por tanto pueden producirse partículas de plástico celulares graduadas que presentan una gama especial de propiedades debido a la diferente distribución del número de células, la forma de las células y/o el tamaño de las células. Por tanto, las partículas de plástico celulares graduadas pueden presentar, por ejemplo, a modo de partículas núcleo-capa, propiedades celulares diferentes en una zona de borde (exterior) que en una zona de núcleo (interior).
- En general se aplica además que, en particular dependiendo del grado de expansión y dado el caso de la proporción de material de relleno, pueden producirse de acuerdo con el procedimiento partículas de plástico celulares con una densidad aparente en un intervalo entre 5 y 1000 g/l. Por tanto, la densidad aparente real - lógicamente se habla en este caso también normalmente de un promedio - puede ajustarse por tanto dependiendo de las condiciones del proceso seleccionadas por un intervalo muy amplio y por consiguiente de manera adaptada.
- El ejemplo de realización mostrado en la figura 2 de un dispositivo 1 para realizar el procedimiento comprende el equipo de facilitación 2 mencionado, el equipo de carga 3, que generalmente puede denominarse como primer equipo, que está diseñado para cargar el termoplástico preexpandido con un agente expansor bajo la influencia de la presión, y el equipo de expansión 4, que generalmente puede denominarse como segundo equipo, que está diseñado para expandir el agente expansor para producir partículas de plástico celulares bajo la influencia de la temperatura.
- El equipo de facilitación 2 puede comprender un equipo de manipulación adecuado para manipular las partículas de material plástico preexpandidas para su facilitación. De manera análoga, el dispositivo 1, aunque no se muestra, puede comprender un equipo de manipulación 5 aguas abajo del equipo de expansión 4 para extraer las partículas de plástico celulares producidas. Los equipos de manipulación correspondientes pueden estar diseñados, como se ha mencionado, como equipos de transporte o pueden comprender tales. En particular, se tienen en consideración equipos de transporte adecuados para el transporte de materiales a granel, tal como por ejemplo equipos de transporte neumáticos, que están diseñados para la formación de un flujo de transporte.
- El segundo equipo puede comprender, como se ha mencionado, un equipo de transporte, en particular un equipo combinado de transporte y control de temperatura. Un equipo combinado de transporte y control de temperatura correspondiente puede estar diseñado, por ejemplo, como horno continuo, en particular como un horno continuo de infrarrojo que comprende uno o más radiadores de infrarrojo o puede comprender al menos uno de este tipo.
- Al segundo equipo puede estar asignado o puede asignarse además un equipo de reducción de la presión (no mostrado), tal como por ejemplo un espacio de reducción de la presión, en el que se almacenan las partículas de plástico celulares producidas en condiciones químicas y/o físicas definidas, es decir, condiciones de temperatura definidas en particular, durante un tiempo definido. Un equipo de reducción de la presión correspondiente puede estar configurado, por ejemplo, como un equipo de descompresión o puede comprender uno de este tipo.
- En todos los ejemplos de realización, es concebible que el dispositivo 1 comprenda un equipo de transporte, mediante el cual se transportan las partículas de material plástico preexpandidas o en adelante las partículas de plástico celulares de forma continua o discontinua a través de los equipos individuales 2 - 4.
- La figura 3 muestra un diagrama esquemático de una partícula de plástico celular producida de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización en una vista en sección. En concreto, en este caso se trata de una sección de un registro microscópico de una perla de espuma de polipropileno preexpandido (EPP) con una densidad aparente inicial de aprox. 75 g/l de una partícula de plástico celular producida de acuerdo con el procedimiento con una densidad aparente reducida de aprox. 17 g/l.
- La figura 4 muestra un diagrama esquemático de una partícula de plástico celular producida de acuerdo con el

5 procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización. El diagrama esquemático muestra una partícula de plástico celular con propiedades celulares localmente diferentes y por consiguiente una partícula de plástico celular graduada. En concreto, la partícula de plástico celular presenta una estructura celular distribuida de manera irregular, ya que la partícula de plástico presenta en una zona de borde R un número de células diferente, concretamente un número de células mayor, que en una zona de núcleo K. La línea interna discontinua indica que las transiciones entre la zona de borde R y la zona de núcleo K pueden ser continuas. La zona de borde R puede estar marcada con distinta intensidad dado el caso localmente.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la producción de partículas de plástico celulares, caracterizado por las etapas:

- 5 - proporcionar un material plástico en forma de partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas,  
 - cargar las partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas con un agente expansor bajo la  
 influencia de la presión,  
 - expandir las partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas cargadas con agente expansor  
 para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares, en particular partículas de plástico a  
 10 base de poliolefina celulares con menor densidad, bajo la influencia de la temperatura, en donde la expansión de  
 las partículas de material plástico a base de poliolefina cargadas con agente expansor bajo la influencia de la  
 temperatura se realiza mediante irradiación de las partículas de material plástico a base de poliolefina cargadas  
 con agente expansor con radiación infrarroja, en donde
- 15 las partículas de material plástico a base de poliolefina cargadas con agente expansor se transportan en al menos un  
 tramo de transporte a lo largo de al menos un equipo de generación de radiación que genera radiación infrarroja  
 correspondiente.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la carga de las partículas de material plástico a base  
 20 de poliolefina preexpandidas con un agente expansor, en particular en función de la composición química y/o física de  
 las partículas de material plástico a base de poliolefina, se realiza con una presión en un intervalo entre 1 y 200 bar  
 (100 y 20.000 kPa).
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que la carga de las partículas de material plástico  
 25 a base de poliolefina preexpandidas con un agente expansor, en particular en función de la composición química y/o  
 física de las partículas de material plástico a base de poliolefina, se realiza a una temperatura en un intervalo entre 0  
 y 250 °C; y/o  
 la carga de las partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas con un agente expansor, en  
 particular dependiendo de la composición química de las partículas de material plástico a base de poliolefina, se realiza  
 30 durante un período de tiempo en un intervalo entre 0,1 y 1000 h.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la expansión de las partículas  
 de material plástico cargadas con agente expansor bajo la influencia de la temperatura, en particular en función de la  
 composición química de las partículas de material plástico a base de poliolefina cargadas con agente expansor, se  
 35 realiza a una temperatura en un intervalo entre 20 y 300 °C.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que después de la expansión de las  
 partículas de material plástico a base de poliolefina cargadas con agente expansor para la producción de las partículas  
 de plástico a base de poliolefina celulares bajo la influencia de la temperatura, se realiza un enfriamiento de las  
 40 partículas de plástico a base de poliolefina celulares desde una temperatura de proceso hasta una temperatura de  
 enfriamiento que se encuentra por debajo de la temperatura de proceso.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se proporcionan o se usan  
 partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas, que contienen al menos una sustancia o material  
 45 de adición, en particular funcional, en particular una sustancia o material de fibra y/o una sustancia o material colorante  
 y/o un agente de nucleación y/o aditivos para influir específicamente en el comportamiento de ablandamiento, y/o al  
 menos un aditivo del grupo: antioxidante, estabilizador UV, aditivo antiestático, aditivo de flujo o antiadherente, aditivo  
 retardante de llama, aditivo antibloqueo, aditivo de nucleación, pigmento, colorante y mezclas de los mencionados  
 50 anteriormente, en donde en particular se proporcionan o se usan partículas de material plástico a base de poliolefina  
 preexpandidas con al menos una sustancia o material de adición en una concentración de entre el 0,01 % en peso y  
 el 60 % en peso.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se proporcionan o se usan  
 partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas del grupo: polipropileno, mezcla de polipropileno,  
 55 polietileno, mezcla de polietileno, mezclas de polietileno-polipropileno, copolímeros de etileno y al menos otro  
 monómero olefínico, copolímero de propileno y al menos otro monómero olefínico y/o mezclas de los anteriores.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se producen partículas de  
 plástico a base de poliolefina celulares con una estructura celular distribuida de manera uniforme o de manera irregular,  
 60 en donde pueden producirse en particular partículas de plástico a base de poliolefina celulares con una estructura  
 celular distribuida de manera irregular dentro de las respectivas partículas de plástico a base de poliolefina celulares,  
 en donde las respectivas partículas de plástico celulares presentan en una zona de borde un número y/o un tamaño  
 y/o una forma de las células diferentes que en una zona de núcleo.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como agente expansor se usa  
 65 un gas orgánico combustible o no combustible, es decir, en particular butano o pentano; o un gas inerte, como por

ejemplo gases nobles, es decir en particular helio, neón, argón; o nitrógeno, dióxido de carbono o una mezcla, tal como por ejemplo aire.

5 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se producen partículas de plástico a base de poliolefina celulares con un tamaño de célula en un intervalo entre 1 y 250  $\mu\text{m}$ , en particular un tamaño de célula por debajo de 25  $\mu\text{m}$ .

10 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se producen partículas de plástico a base de poliolefina celulares con una densidad aparente en un intervalo entre 5 y 1000 g/l.

12. Dispositivo (1) para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares de acuerdo con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende:

15 - un primer equipo que está diseñado para cargar partículas de material plástico a base de poliolefina preexpandidas con un agente expansor bajo la influencia de la presión, en donde el equipo comprende en particular un equipo de recipiente a presión; y

20 - un segundo equipo que está diseñado para expandir el agente expansor para la producción de partículas de plástico a base de poliolefina celulares bajo la influencia de la temperatura, en donde el segundo equipo comprende un equipo de generación de radiación para la generación de radiación infrarroja, en donde el equipo de generación de radiación está diseñado como un horno continuo de infrarrojo.

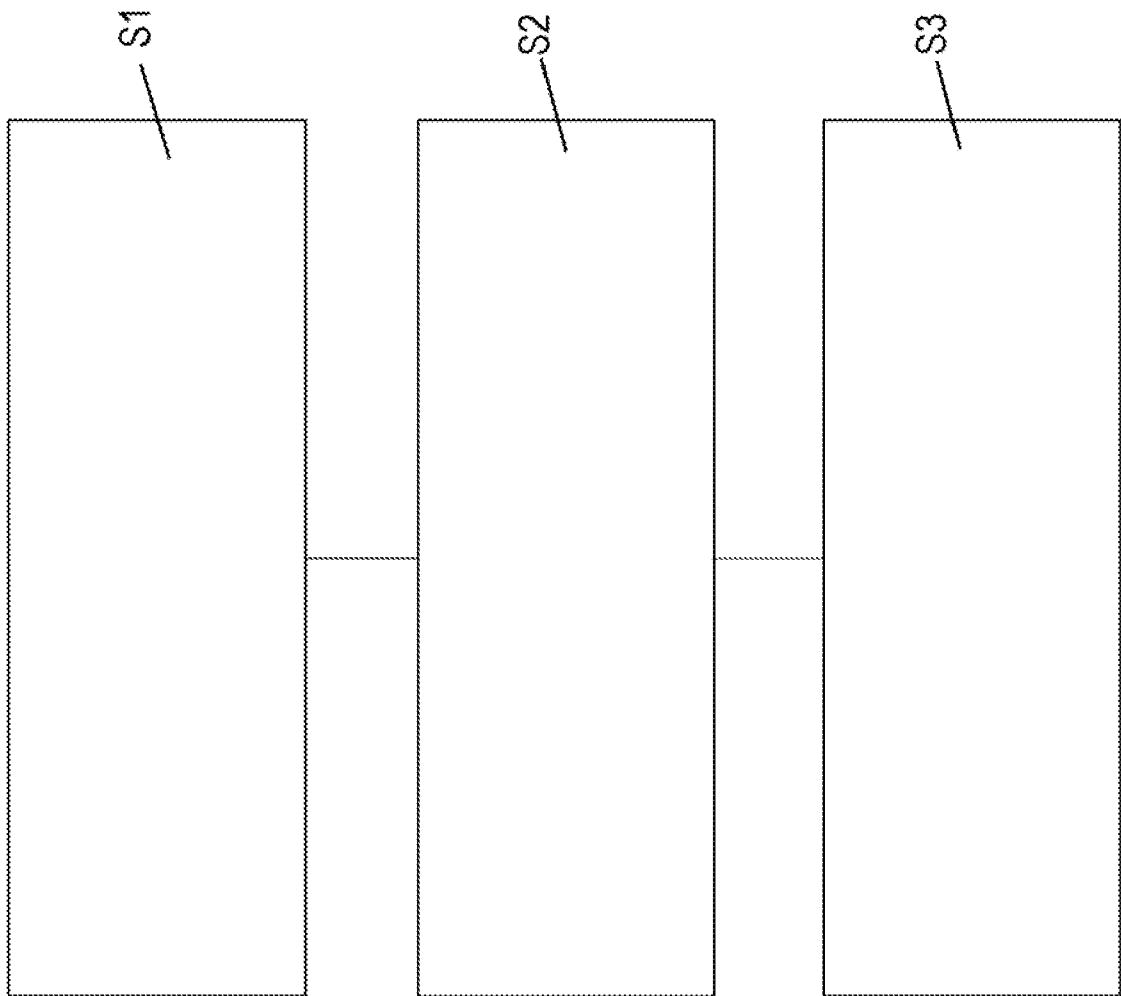


Fig. 1

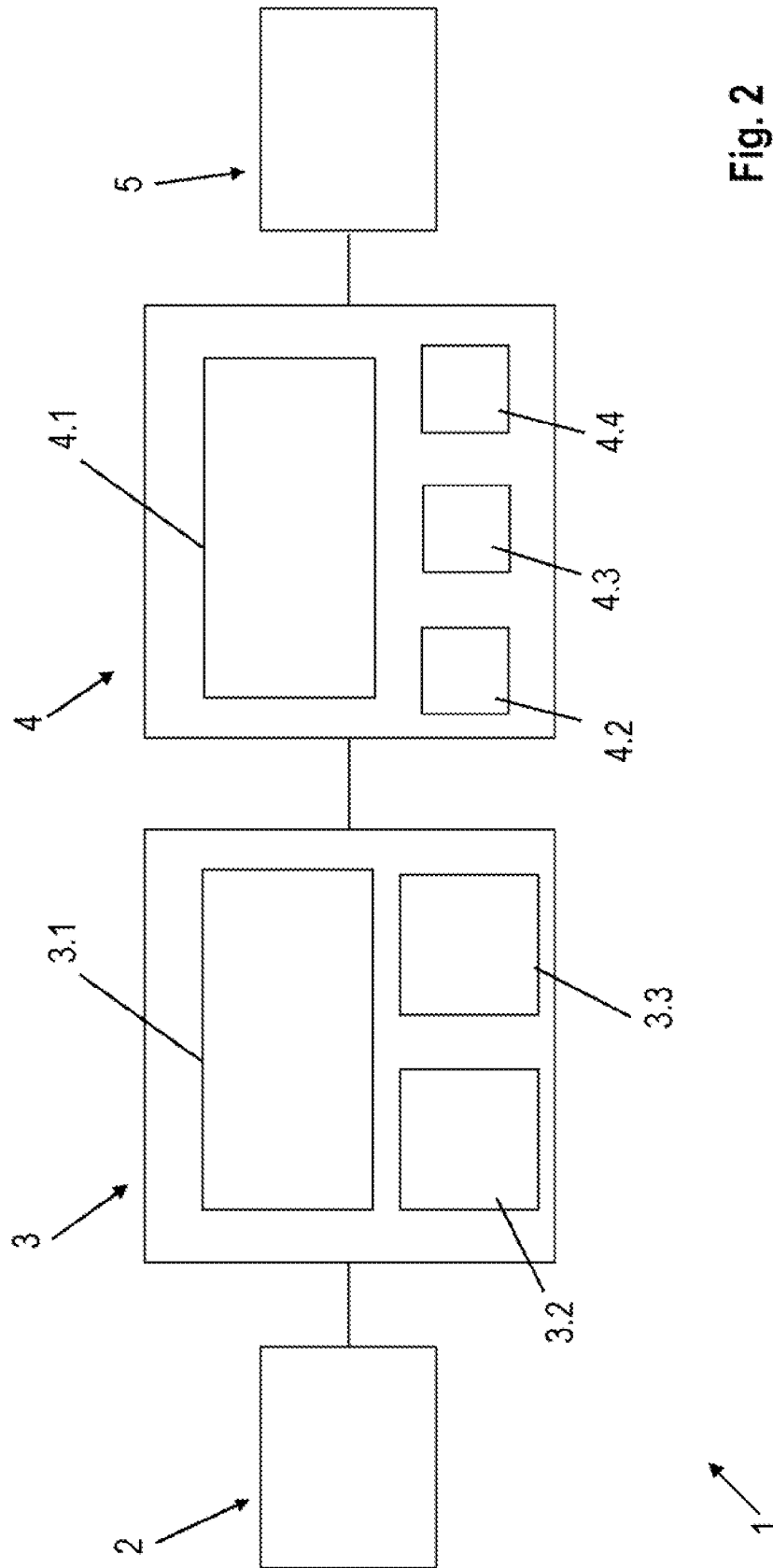


Fig. 2

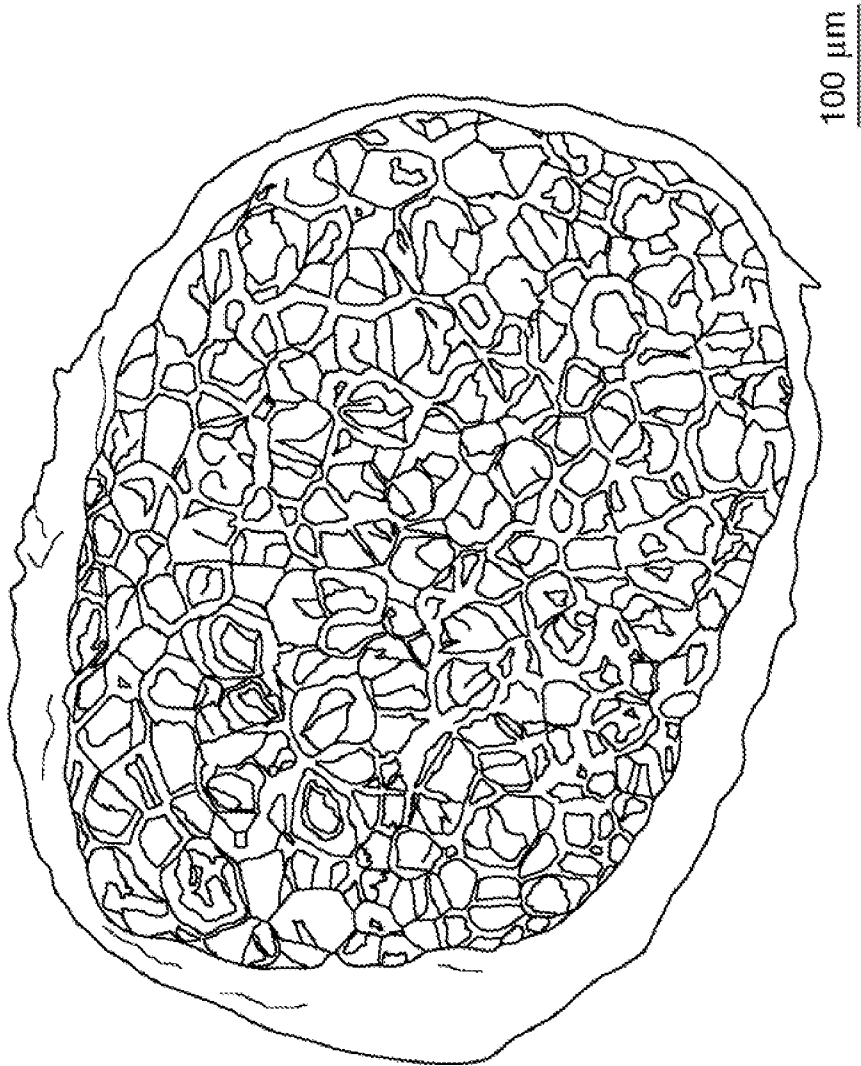


Fig. 3

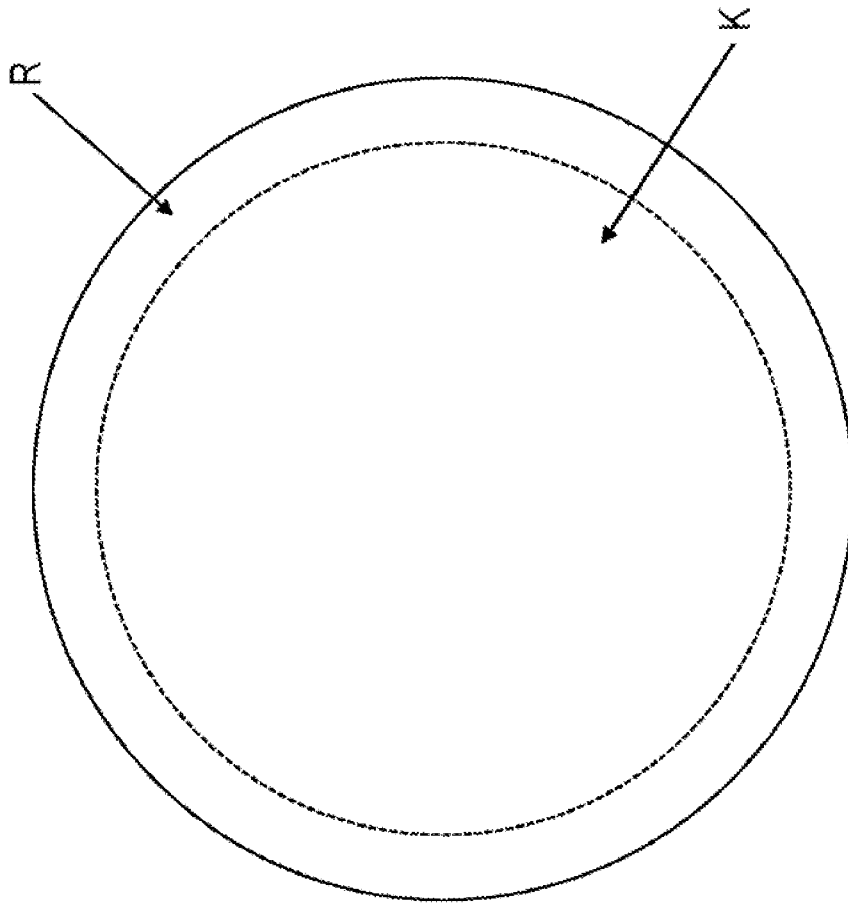


Fig. 4