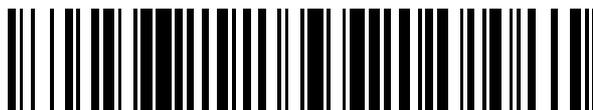


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 440 952**

51 Int. Cl.:

B29B 9/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2004 E 04781853 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 1675713**

54 Título: **Acoplamiento directo de polimerización en estado fundido y procesamiento en estado sólido para PET**

30 Prioridad:

16.09.2003 US 663856

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

31.01.2014

73 Titular/es:

**GRUPO PETROTEMEX, S.A. DE C.V. (100.0%)
Ricardo Margain No. 444, Torre sur, Piso 16, Col.
Valle de Campestre
San Pedro Garza García, Nuevo León 66265, MX**

72 Inventor/es:

BONNER, RICHARD GILL

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 440 952 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

Acoplamiento directo de polimerización en estado fundido y procesamiento en estado sólido para PET.

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Ámbito de la invención

La presente invención se refiere a la fabricación comercial de polímeros de tereftalato de polietileno («PET») de acuerdo con la reivindicación 1.

2. Técnica anterior

El PET tiene numerosos usos, entre los cuales destacan las películas, las fibras y los recipientes alimentarios. A pesar del carácter exigente de las propiedades requeridas para tales usos, en particular para el envasado de alimentos, el PET se ha convertido en un polímero de gran consumo. La producción comercial de PET requiere alto consumo de energía y, por consiguiente, incluso las mejoras relativamente pequeñas en el consumo de energía aportan un considerable valor comercial.

La producción de PET (incluida la de sus copolímeros) comienza con una etapa de esterificación en la que se suspende el componente de ácido dicarboxílico, predominantemente ácido tereftálico, en etilenglicol y se calienta para dar lugar a una mezcla de oligómeros de bajo grado de polimerización. A esta etapa de «esterificación» puede seguirle otra etapa de «oligomerización» o «prepolimerización», en la que se obtiene un grado de polimerización más alto. En esta etapa, el producto todavía posee un peso molecular muy bajo.

A las etapas descritas anteriormente les sigue luego una policondensación. La policondensación se cataliza mediante compuestos de metales tales como Sb, Ti, Ge, Sn, etc. La policondensación se realiza a temperaturas relativamente altas, generalmente comprendidas en el intervalo de entre 280 °C y 300 °C, en vacío, eliminándose el agua y el etilenglicol producidos por la condensación. Al final de la policondensación, el polímero posee una viscosidad inherente que generalmente se encuentra comprendida en el intervalo de entre 0,4 y 0,65, que corresponde a un peso molecular demasiado bajo para muchas aplicaciones.

La producción comercial de poliésteres de PET ha requerido una posterior etapa de pospolimerización en estado sólido, denominada «tratamiento en estado sólido». En esta fase del procedimiento, los gránulos de PET se calientan en una atmósfera de gas inerte, preferiblemente nitrógeno, a temperaturas por debajo de la temperatura de fusión, es decir, comprendida entre 210 °C y 220 °C en muchos casos. El tratamiento en estado sólido resulta complicado, dado que la mayoría de los polímeros de PET, después de la extrusión a partir de la masa fundida y la granulación, son sustancialmente amorfos. Con el fin de impedir la sinterización y aglomeración de los gránulos en el reactor de tratamiento en estado sólido, los gránulos se cristalizan en primer lugar durante un período comprendido entre 30 y 90 minutos a menor temperatura, por ejemplo 160-190 °C, típicamente en una corriente de gas inerte o aire. Debe señalarse que el «tratamiento en estado sólido» se refiere en esta invención a la policondensación en estado sólido per se, y no a los procedimientos combinados de cristalización y policondensación en estado sólido. Estos procedimientos son bien conocidos para los expertos en la materia, como queda demostrado en las patentes de EE. UU. n.º 5.597.891 y 6.159.406.

En el procedimiento convencional de fabricación de PET, el polímero se extrude directamente desde el reactor de policondensación para formar hebras. Las hebras extrudidas y calientes se ponen en contacto con agua fría antes de ser cortadas en gránulos, secadas y almacenadas en silos antes de la cristalización. En la patente de EE. UU. n.º 5.310.515 se dan a conocer procedimientos de granulación convencionales, así como un procedimiento de granulación en el que las hebras se estiran antes de la granulación. Los conocimientos convencionales dictan que por lo menos la superficie de los gránulos debe enfriarse hasta entre 20 °C y 30 °C con el fin de evitar la sinterización durante el almacenamiento. Durante el almacenamiento, el calor del interior de los gránulos, más caliente, se distribuye por todos los gránulos. Así pues, los gránulos calientes, es decir, los gránulos cuya parte exterior se encuentre a una temperatura significativamente más alta que 20 °C-30 °C podrían aglomerarse durante el almacenamiento, una vez alcanzado el equilibrio de la temperatura. Además de la disminución de la temperatura originada por el contacto con el agua, los gránulos pueden enfriarse adicionalmente hasta la temperatura deseada con aire frío o nitrógeno. Los gránulos se almacenan y, posteriormente, se recalientan más adelante hasta la temperatura de cristalización deseada. Estas etapas de calentamiento, enfriamiento y recalentamiento acarrearán una significativa pérdida de energía en un procedimiento que ya de por sí requiere un alto consumo de energía.

La patente de EE. UU. 2002/0171159 A1 se refiere a un procedimiento y un aparato para la formación de gotas fundidas de precursores de poliésteres o copoliésteres termoplásticos como monómero, oligómero o mezcla de monómero/glicol fundido, o después de una policondensación parcial y fusión, para dar lugar a un precursor fundido, en el que el precursor en forma de gotas se introduce en un medio gaseoso, y el medio gaseoso, después de la entrada del precursor en forma de gotas en el medio gaseoso, acelera el proceso de cristalización al mantener el precursor en forma de gotas a una temperatura por encima de 100 °C y por debajo de su punto de fusión durante un tiempo limitado hasta que se haya completado la cristalización de la gota en la superficie del precursor.

10 En la patente de EE.UU. n.º A-4.231.991 también se describe un aparato para la cristalización de un material amorfo que se presenta en forma granular. El funcionamiento de dicho aparato se basa en admitir la resina sintética granulada en una zona de cristalización vertical y permitir que la resina granulada descienda a través de esta zona por acción de la gravedad. Se hace pasar una contracorriente de gas caliente a través de la resina granulada descendente, que calienta esta última hasta una temperatura a la que se transforma de un estado amorfo a un estado cristalino.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCIÓN

En la presente invención, los gránulos de PET procedentes del reactor de policondensación se enfrían solamente hasta una temperatura por debajo de la temperatura de transición vítrea del polímero o copolímero particular, y hasta 50 °C o por encima de esta temperatura, y se mantienen dentro de este intervalo de temperatura hasta la entrada al cristizador. A pesar de la temperatura más alta de los gránulos alimentados, no se produce su aglomeración.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIGURA 1 ilustra el procedimiento de la técnica anterior de producción de PET desde la policondensación hasta el tratamiento en estado sólido.

La FIGURA 2 ilustra una forma de realización del procedimiento de PET de la presente invención desde la policondensación hasta el tratamiento en estado sólido.

La FIGURA 3 ilustra aún otra forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERENTES

La esterificación, la oligomerización y otras etapas del procedimiento hasta la policondensación, inclusive, se pueden realizar de forma convencional o mediante cualquier procedimiento en el que se produzcan gránulos a partir de una masa fundida de polimerización. La mejora aportada por la presente invención tiene lugar durante y/o después de la granulación, y hasta la etapa de cristalización.

Los polímeros PET son convencionales y son polímeros preparados a partir de ácido tereftálico y etilenglicol. Si bien en principio se puede usar el tereftalato de dimetilo de la misma manera que el ácido tereftálico, se prefiere el uso de este último. Además, los polímeros PET pueden contener hasta el 20 % en moles, preferentemente hasta el 10 % en moles y, más preferiblemente, preferentemente, no más del 5 % en moles, de ácidos dicarboxílicos distintos del ácido tereftálico, y los mismos porcentajes molares de glicoles (dioles) distintos de etilenglicol.

Como ejemplos de otros ácidos carboxílicos adecuados que se pueden usar con el ácido tereftálico se encuentran el ácido isoftálico, el ácido ftálico, los ácidos naftalenodicarboxílicos, los ácidos ciclohexanodicarboxílicos, los ácidos dicarboxílicos alifáticos y similares. Esta lista es ilustrativa, no es limitativa. En algunos casos puede resultar útil la presencia de cantidades minoritarias de ácidos tricarboxílicos o tetracarboxílicos para generar poliésteres ramificados o parcialmente reticulados. Cuando se emplean mezclas de ácidos, los ácidos dicarboxílicos preferentes son el ácido isoftálico y los ácidos naftalenodicarboxílicos.

Como ejemplos de dioles distintos de etilenglicol que se pueden utilizar se incluyen, entre otros, 1,2-propanodiol (propilenglicol), 1,3-propanodiol (trimetilenglicol), dipropilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, 1,4-butanodiol, 1,6-hexanodiol, ciclohexanodiol, neopentilglicol y ciclohexanodimetanol. Entre los glicoles preferentes distintos de etilenglicol se incluyen el dietilenglicol y, muy preferente, el ciclohexanodimetanol («CHDM»), que generalmente se usa como una mezcla de isómeros. Además, se pueden usar polioles tales como pentaeritritol, glicerina y trimetilolpropano, en general en cantidades sumamente minoritarias, cuando se desean poliésteres ramificados o

parcialmente reticulados. Lo más preferentemente, solo se utilizan ácidos carboxílicos difuncionales y compuestos hidroxílicos difuncionales (glicoles). El procedimiento de la presente invención también es aplicable a otros poliésteres en los que los gránulos formados a partir de la masa fundida son amorfos.

5 En la descripción siguiente, todos los equipos a los que se hace referencia, tales como extrusoras, granuladores, secadores mecánicos, cristalizadores, así como las etapas del procedimiento realizadas en los mismos, son convencionales a menos que se indique lo contrario. Los granuladores son equipos comercializados por empresas tales como Reiter Automatic Apparate-Maschinenbau GmbH, Alemania, y Gala Industries, Eagle Rock, VA. Se describen ejemplos de granuladores en las patentes de EE. UU. 4.123.207; 4.500.271; 4.728.276; 5.059.103; 10 5.310.515; 5.403.176; y 6.551.087; mientras que se describe una variedad de secadores mecánicos en las patentes de EE. UU. 4.447.325; 4.565.015; 5.638.606; 6.138.375; y 6.237.244.

En la figura 1 se muestra un procedimiento de PET convencional. En la figura 1, el polímero de PET 1 se policondensa en la masa fundida a aproximadamente 285 °C en el reactor de policondensación 2. El polímero se 15 bombea a través de la salida 3 a la matriz de extrusión 4 a través de la cual el polímero fundido, todavía muy caliente, sale en forma de una pluralidad de hebras 5. Por debajo de la matriz puede estar dispuesta una placa acanalada 6, y las hebras extrudidas siguen los canales de la misma. El agua fría 7 se dirige sobre las hebras y la placa, enfriando las hebras rápidamente, por ejemplo, hasta una temperatura de superficie comprendida en el intervalo de entre 75 °C y 150 °C, después de lo cual las hebras entran a un granulador 8, que corta las hebras en 20 gránulos 9 de varios mm de longitud. Los gránulos todavía calientes caen en una corriente en movimiento de agua fría, generalmente comprendida entre 20 °C y 30 °C, en el conducto 10, que los transporta hasta un separador mecánico 19, es decir, un tamiz, y mediante aire suministrado a través de la línea 13 o por medios mecánicos, hasta el secador 12.

25 El secador 12 puede ser cualquier tipo de secador, tales como los suministrados por Reiter o Gala. Pueden usarse secadores de paletas, secadores de serpentín, secadores centrífugos y similares. En la figura 1 se muestra un secador de serpentín que presenta un pasaje de serpentín «en forma de S» de un material dotado de orificios. Los gránulos húmedos son dirigidos a través del secador por acción de la corriente de aire, agua y vapor de agua que escapa a través de las paredes dotadas de orificios del pasaje. El agua y el vapor de agua salen del secador a 30 través de la salida 15, y los gránulos fríos sustancialmente secos salen del secador 12 a través de la salida 16 y entran al silo de almacenamiento 17. Finalmente, los gránulos son transportados desde el silo de almacenamiento, a través del conducto 18, hasta un cristizador donde son cristalizados, al menos parcialmente. Debe considerarse que los gránulos, debido a su tránsito hasta el secador en agua fría, ya se encuentran a una temperatura relativamente baja, y además reducen aún más su temperatura en el secador, típicamente hasta el intervalo comprendido entre 20 °C y 30 °C en las superficies de los gránulos. Después de la cristalización, los gránulos son 35 típicamente transportados hasta un reactor de tratamiento en estado sólido en el que tiene lugar en estado sólido una policondensación adicional hasta una viscosidad inherente más alta. No obstante, la presente invención también resulta útil en procedimientos en los que no se realice la polimerización en estado sólido.

40 En las figuras 2 y 3 se muestran formas de realización de la presente invención. En la figura 2, se sigue el procedimiento de la figura 1, excepto por el hecho de que el agua que entra en contacto con las hebras, en lugar de enfriar las hebras sustancialmente, las enfría, por ejemplo, solo hasta aproximadamente 70 °C-90 °C, o gasta una temperatura próxima a la temperatura de transición vítrea («Tg») del polímero. La temperatura puede ser incluso superior a la temperatura de transición vítrea, puesto que no es necesario ningún almacenamiento intermedio, y la 45 temperatura disminuirá en cierta medida, preferentemente por debajo de la Tg, en la corriente de transporte mediante aire hasta el cristizador. La temperatura, por ejemplo, puede ser de 120 °C. En esta invención, estos gránulos se denominan «gránulos calientes». Los gránulos calientes son transportados, es decir, gracias a una corriente de aire, preferentemente directamente hasta el cristizador. Puesto que los gránulos aún están bastante calientes, cualquier cantidad de agua presente sobre los gránulos se evaporará rápidamente, ya sea durante el 50 tránsito o tras la entrada inicial al cristizador, que generalmente funciona a temperaturas por encima de 160 °C a presión ambiente o reducida, y generalmente en conjunción con una corriente de gas inerte. Es preferente que los gránulos permanezcan calientes, es decir, cerca o por encima de una temperatura mínima de 50 °C en la entrada del cristizador, preferentemente a aproximadamente 90 °C.

55 Así, como se ilustra en la figura 2, en una forma de realización del procedimiento de la presente invención, las hebras 5 se ponen en contacto con el agua 7, es decir, agua caliente o una cantidad limitada de agua más fría, y opcionalmente aire, antes de la granulación en el granulador 8. Seguidamente, los gránulos son transportados mediante aire a través del conducto 10 directamente hasta el cristizador 20, en el que se cristalizan en condiciones convencionales, es decir, 160 °C-190 °C en un flujo de gas inerte o aire, después de lo cual salen del cristizador a

través del conducto 21 y se dirigen de este modo al reactor de tratamiento en estado sólido, siempre y cuando se utilice este último.

La figura 3 representa una forma de realización preferente en la que se utiliza agua caliente para transportar los
5 gránulos 9 más allá del tamiz de eliminación de agua 19, y en la que el aire que circula a través de la entrada de aire 23 dirige los gránulos directamente hasta el cristalizador 20, o a través del secador opcional 24 y seguidamente hasta el cristalizador 20, saliendo del cristalizador a través del conducto 21 para entrar en el reactor de tratamiento en estado sólido opcional. Preferentemente, el agua recogida del tamiz de eliminación de agua 19 se recircula y se utiliza como el agua 7 para enfriar inicialmente las hebras, y/o como suministro de agua de transporte caliente al
10 conducto 10. Si se desea realizar el secado completo o parcial de los gránulos, tal y como se describió en una forma de realización en la figura 3, los gránulos pueden ser introducidos en un secador antes de ser transportados hasta el cristalizador. No obstante, el flujo de aire hacia el secador es tal que mientras que se elimina sustancialmente todo el agua, los gránulos permanecen a una temperatura relativamente alta, es decir, aproximadamente 70 °C-90 °C. Se debe indicar que en el procedimiento de la presente invención se puede utilizar cualquier tipo de secador y cualquier
15 tipo de cristalizador. Puesto que el cristalizador funciona a una temperatura relativamente alta y es capaz por sí mismo de evaporar cantidades relativamente grandes de agua, el secador puede ser de un tamaño relativamente pequeño. Tras el tamiz de eliminación de agua, los gránulos húmedos pueden presentar un contenido de agua del 40 %-60 % en peso. Gran parte de esta agua se puede eliminar mediante un secador simple, es decir, un secador centrífugo de tamaño relativamente pequeño, y los gránulos húmedos, que contienen ahora mucho menos agua, por
20 ejemplo, entre el 5 % y el 15% de agua, se introducen entonces en el cristalizador.

Debido a la temperatura relativamente alta de las hebras de poliéster fundidas al salir salen del reactor de policondensación, el procedimiento global posee una abundante energía térmica que se puede utilizar, por ejemplo, para calentar el aire necesario para el transporte de los gránulos secos, mojados o húmedos, o como alimentación al
25 cristalizador. Es importante recordar que se desea mantener la temperatura del gránulo tan alta como sea posible, pero preferentemente cercana o por debajo de la Tg del polímero, y en cualquier caso, por encima de 50 °C. Cuanto más alta sea la temperatura del gránulo en la entrada del cristalizador, mayor será el ahorro térmico conseguido, y más económico será el procedimiento. El procedimiento de la presente invención posee la ventaja de que se evita una parte sustancial del gasto energético adicional necesario para enfriar los gránulos y subsecuentemente
30 recalentarlos.

En la presente invención, el agua que entra en contacto con los gránulos será o bien una pequeña cantidad de agua fría cuya temperatura se eleva rápidamente y que resulta insuficiente para enfriar los gránulos sustancialmente por debajo de la Tg del polímero, o bien una cantidad más grande de agua caliente que tiene el mismo efecto.
35 Preferentemente, el suministro de agua se recircula y el exceso de calor se puede eliminar en un intercambiador de calor. El exceso de calor se puede utilizar en otras partes del procedimiento global. Preferentemente, la temperatura del agua se encuentra comprendida entre 40 °C y 70 °C, más preferentemente entre 50 °C y 70 °C, y lo más preferentemente entre 50 °C y 60 °C.

El agua que entra en contacto con los gránulos puede ser suministrada en su totalidad durante el enfriamiento inicial de las hebras calientes de PET fundido. En este caso, la temperatura de los gránulos, tanto exterior como interior, es preferentemente un poco superior a la Tg del polímero para facilitar la granulación. En lugar de introducir una corriente de agua fría, los gránulos se pueden poner en contacto con una corriente de aire, que además enfría la superficie de los gránulos hasta una temperatura inferior a la Tg, por ejemplo, sin limitación, a una temperatura
45 comprendida el intervalo de entre 70 °C y 90 °C. Si así se desea, el aire se puede recircular, lo cual normalmente garantizaría que la corriente de aire permaneciese caliente.

Alternativamente, como en la figura 3, se puede usar una corriente de agua para transferir los gránulos hasta el cristalizador, por ejemplo con un separador de agua localizado antes del cristalizador, como resulta actualmente
50 habitual antes de la entrada al silo de almacenamiento en el que se almacenan los gránulos antes de pasar al cristalizador. Sin embargo, en el caso de la presente invención, no es posible usar agua fría en esta forma de realización. En lugar de ello, se usa preferentemente agua caliente con una temperatura de aproximadamente 50 °C o más. La temperatura del agua puede ser menor que 50 °C cuando la distancia de transporte previa a la eliminación de agua, o la velocidad de la corriente de agua de transporte, o ambas, son tales que exista un tiempo de tránsito
55 corto que no permita que la temperatura del gránulo descienda por debajo del intervalo deseado. Preferentemente, esta agua se recircula después de la separación del agua de los gránulos, y opcionalmente también se complementa con el vapor de agua caliente que sale del cristalizador, de tal forma que se requerirá poco aporte de calor, o nada, para mantener la temperatura del agua. Preferentemente, no se requiere un aporte de calor adicional.

En la presente invención, los gránulos se alimentan directamente al cristizador, y en la forma de realización ilustrada en la figura 3, inmediatamente y opcionalmente a través de un secador. Así pues, es preferente que el transporte al cristizador sea sustancialmente continuo, sin almacenamiento a granel en un silo, como se realiza en la práctica actualmente. No obstante, la inclusión de una etapa de almacenamiento intermedio que interrumpa temporalmente el flujo continuo no se desviaría del espíritu de la invención. Tal etapa de almacenamiento intermedio, si se incluye, tendrá un tamaño mucho menor que un silo de almacenamiento, y solamente tendría el efecto de retrasar el flujo continuo del cristizador.

Se debe entender que cuando se hace referencia en las reivindicaciones a la temperatura del gránulo, esta temperatura es la temperatura del exterior de los gránulos. Si la temperatura exterior es superior a la Tg del polímero durante partes sustanciales de tiempo posterior a la granulación, los gránulos pueden mostrar aglomeración, particularmente cuando fluyen en una corriente de aire hasta el cristizador. La temperatura exterior se puede medir mediante cualquier procedimiento útil. Un procedimiento adecuado consiste en tomar una muestra fresca de gránulos e introducirlos en un recipiente aislado con una o, preferentemente, una pluralidad de sondas de temperatura de reacción rápida, y trazar un gráfico de la temperatura en función del tiempo. La extrapolación hacia atrás en el tiempo dará la temperatura del exterior de los gránulos, dado que a tiempo «cero», no se habrá difundido nada de calor desde el interior del gránulo. Sin embargo, puesto que la conducción de calor a través del polímero es relativamente lenta, la simple medición de la temperatura de una pequeña muestra a granel proporcionará una aproximación excelente a la temperatura exterior, y se puede usar para ese propósito en esta invención. En el caso de que se utilice agua caliente para transportar los gránulos, se puede suponer que la temperatura exterior del gránulo es la misma que la temperatura del agua en el punto de separación de gránulo/agua.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para reducir la utilización de energía en un procedimiento de producción de tereftalato de polietileno en el que, después de la policondensación, el tereftalato de polietileno se granula y se
5 cristaliza, que consiste en:
- a) solidificar tereftalato de polietileno fundido para formar gránulos de tereftalato de polietileno amorfos y enfriar los
gránulos a una temperatura comprendida entre aproximadamente 50 °C y aproximadamente la **temperatura de**
transición vítrea del tereftalato de polietileno para formar gránulos de tereftalato de polietileno calientes;
10 y
- b) transportar los citados gránulos de tereftalato de polietileno calientes a un cristalizador, en el que la temperatura
de los gránulos de tereftalato de polietileno calientes se encuentran en el intervalo comprendido entre
15 aproximadamente 50 °C y una temperatura inferior a la **temperatura de transición vítrea** del tereftalato de
polietileno en una entrada del cristalizador.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la citada etapa de
transporte comprende la introducción de los citados gránulos calientes desde una etapa de granulación a una
20 corriente de agua que presenta una temperatura comprendida entre aproximadamente 50 °C y 90 °C.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque antes de la citada etapa de
introducción de los citados gránulos calientes en el citado cristalizador, se elimina el agua de los citados gránulos de
tereftalato de polietileno calientes.
25
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el agua se elimina antes o durante la
citada etapa de transporte.
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el agua se elimina por medio de un
30 tamiz.
6. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que el agua se elimina en un secador mecánico.
7. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que el agua se elimina en un secador mecánico.
35
8. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que los citados gránulos calientes presentan una
temperatura comprendida en el intervalo de entre 70 °C y 90 °C en la entrada del citado cristalizador.
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la citada corriente de agua comprende
40 agua recirculada desde una etapa de eliminación de agua.
10. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que no se añade energía térmica al citado secador.
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la citada etapa de
45 transporte comprende la introducción de los citados gránulos calientes desde la citada etapa de granulación a una
corriente de gas.
12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la citada corriente de gas,
antes de entrar en contacto con los citados gránulos, presenta una temperatura comprendida en el intervalo de entre
50 40 °C y 90 °C.
13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la citada corriente de gas,
antes de entrar en contacto con los citados gránulos, presenta una temperatura comprendida en el intervalo de entre
55 50 °C y 70 °C.
14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque antes de la citada etapa de
introducción de los citados gránulos calientes en el citado cristalizador, se elimina de los citados gránulos de
tereftalato de polietileno calientes el agua procedente de las citadas etapas de solidificación y/o granulación.

15. El procedimiento según la reivindicación 14, en el que la citada agua se elimina en un secador mecánico.
16. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que los citados gránulos calientes presentan una temperatura comprendida en el intervalo de entre 70 °C y 90 °C en la entrada del citado cristizador.
17. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que antes de la citada etapa de granulación, el agua se elimina de las citadas hebras solidificadas mediante un chorro de aire.
- 10 18. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los citados gránulos de tereftalato de polietileno calientes se transportan directamente al citado cristizador sin almacenamiento intermedio.

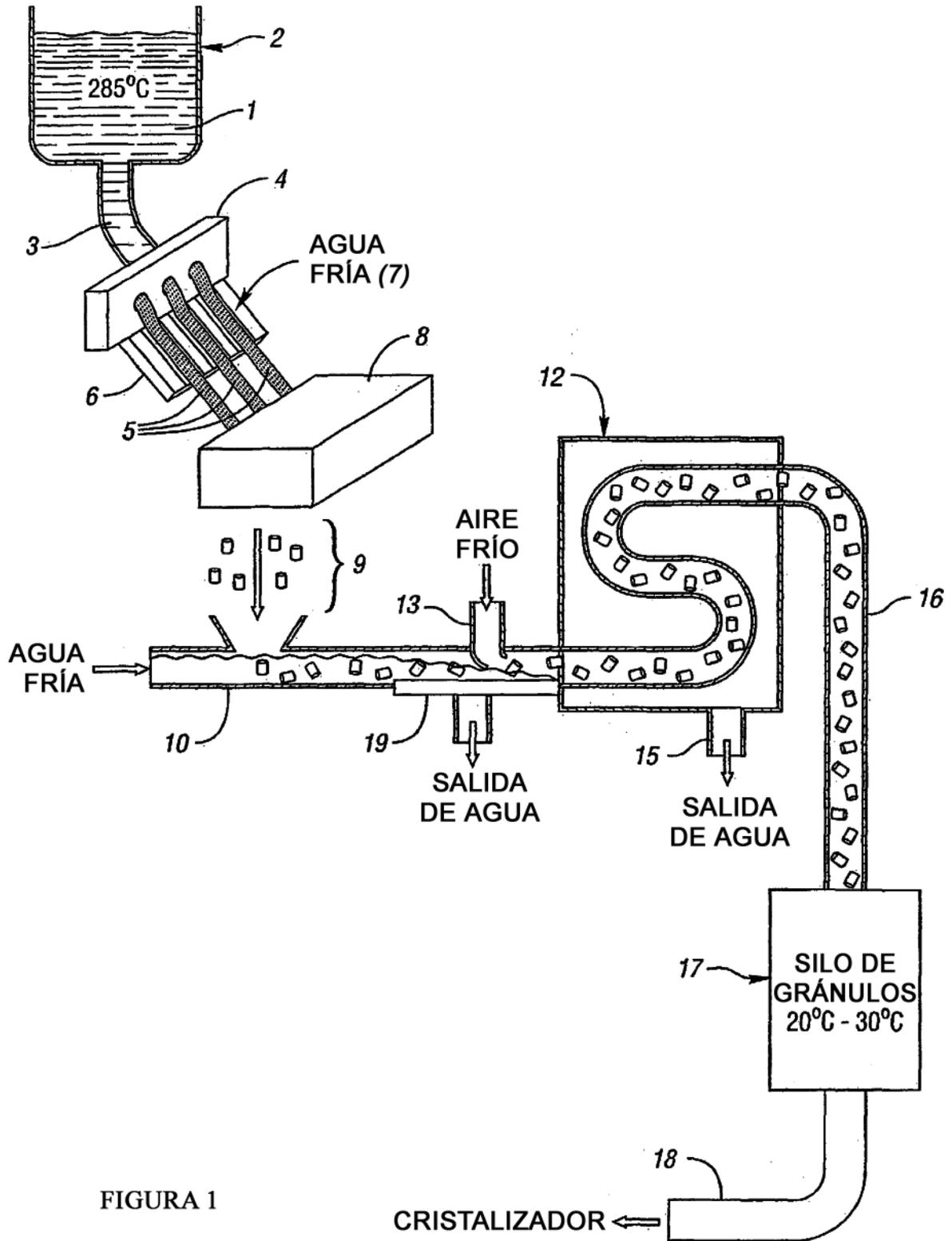


FIGURA 1

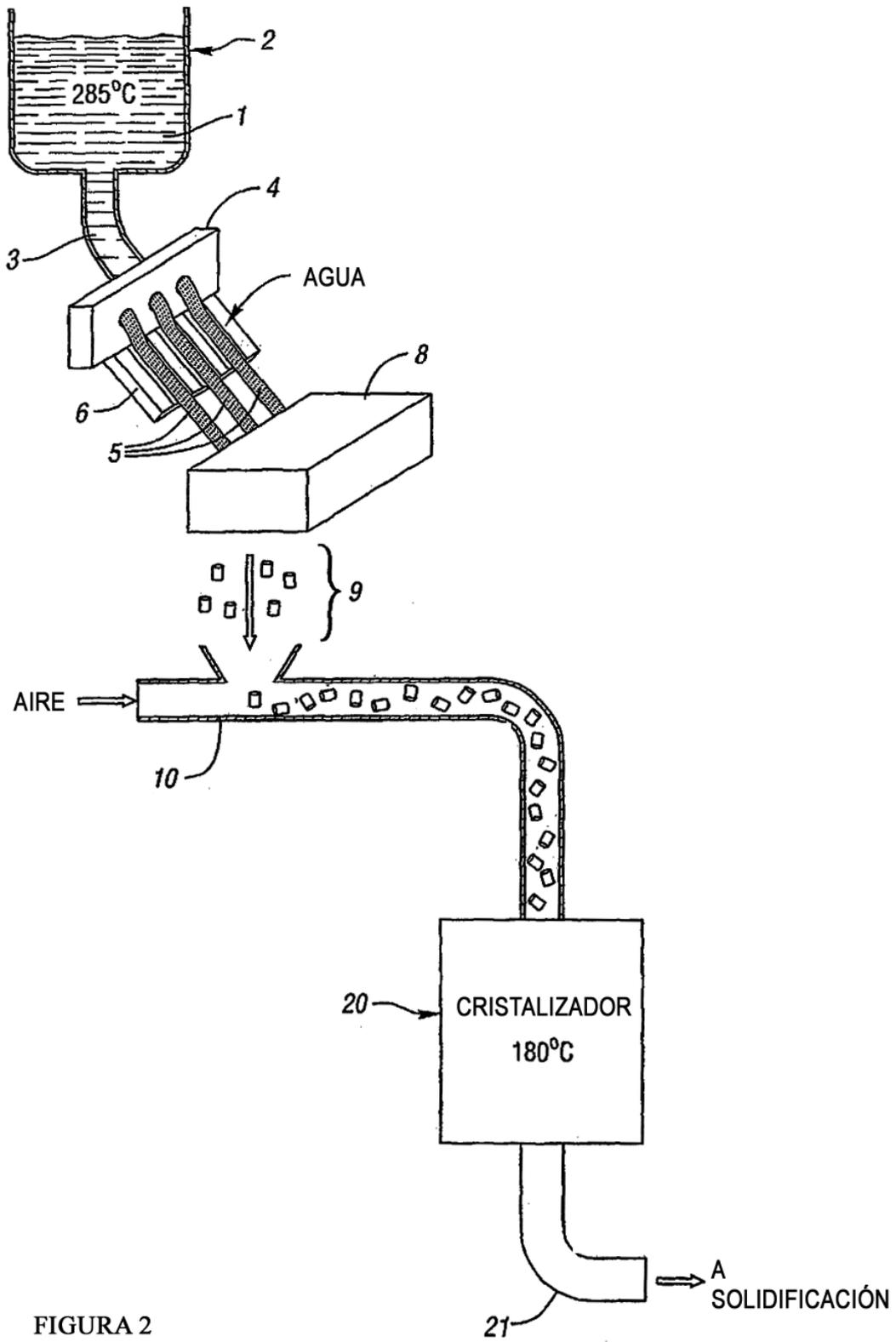


FIGURA 2

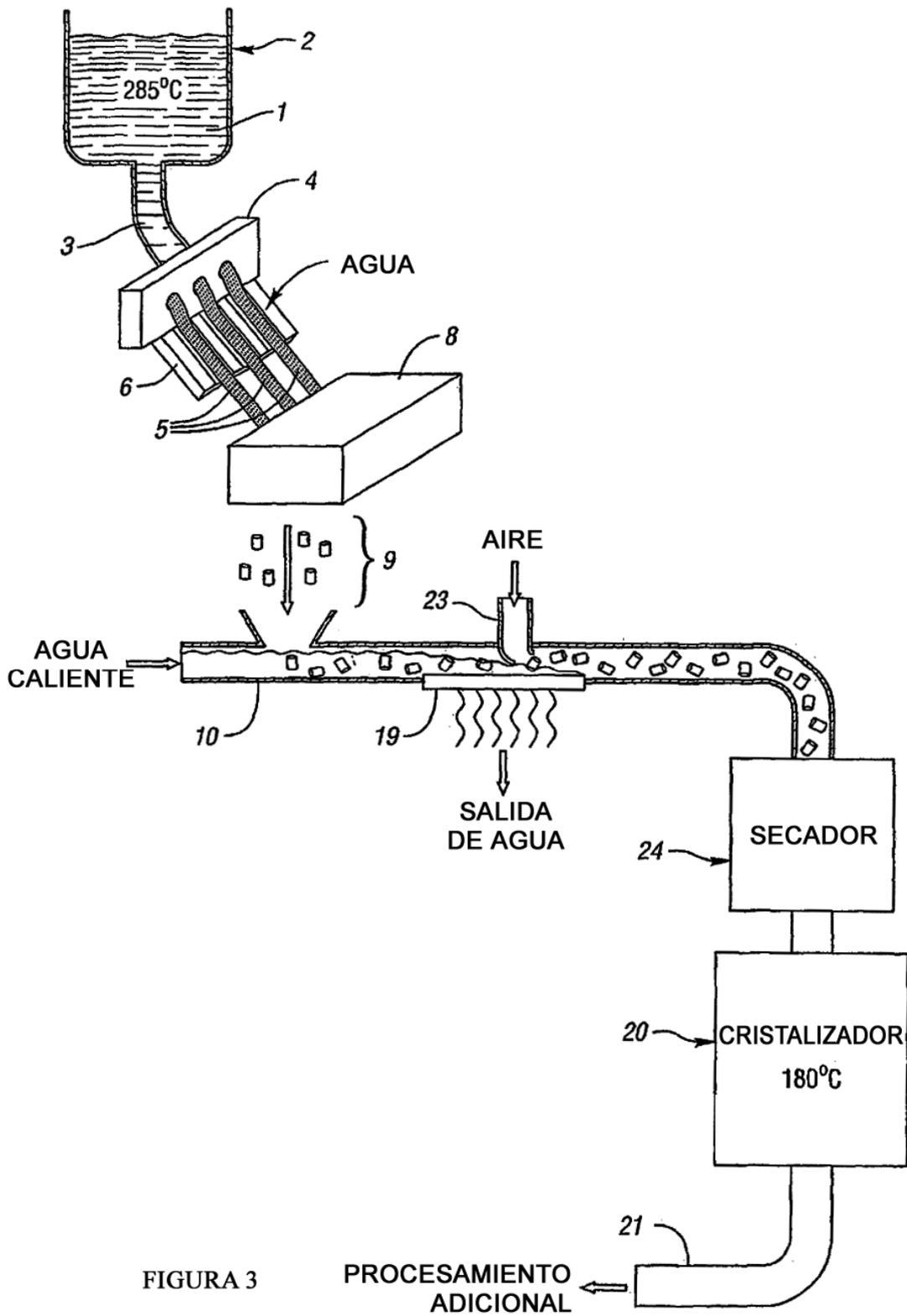


FIGURA 3