



Envases de bebidas de PET reciclado

Características, procesabilidad y
posibilidades de aplicación de rPET



Índice

1. Situación de partida
2. Las características del material rPET y sus efectos sobre la fabricación de las botellas
3. Procesamiento de rPET en la Contiform de Krones
4. Control de entrada de mercancía como base de un proceso seguro
5. Determinación de la calidad del rPET
6. Calidad del rPET y rendimiento de las botellas
7. Posibles proporciones de material rPET en una botella
8. Design for Recycling
9. Aptitud de rPET para el uso con alimentos
10. ¿Revestimiento para compensar unas malas calidades de rPET?
11. rPET en aplicaciones asépticas
12. rPET en aplicaciones Hotfill
13. Conclusión y perspectivas



1. Situación de partida

Como miembro de la plataforma European Circular Economy Stakeholder Platform, Krones apuesta por mantener los materiales sintéticos de envase y embalaje en un circuito cerrado.¹ Nuestras tecnologías para fabricar y transformar el PET reciclado (rPET) están funcionando en las fábricas de clientes en todo el mundo – en parte desde hace décadas. Además, tenemos en nuestras fábricas de Flensburg y Neutraubling laboratorios propios en las que analizamos y probamos las propiedades del material, las posibilidades de aplicación y las condiciones de procesamiento de los diferentes tipos de plástico.

En este estudio queremos presentar los resultados más importantes de nuestra labor de investigación y de la práctica con el rPET o el material reciclado post-consumo (PCR) y contribuir de esta forma a que se pueda aprovechar mejor el potencial de sostenibilidad del rPET.

¹ <https://www.krones.com/es/empresa/prensa/krones-adhiere-a-la-iniciativa-ue-para-una-economia-circular.php>



2. Las características del material rPET y sus efectos sobre la fabricación de las botellas

El material reciclado para la fabricación de preformas y de botellas puede tener las siguientes tres características en diferentes grados:

- a) **Amarillamiento/Yellowing:** El creciente amarillamiento del material PET es consecuencia de los procesos de fusión y, en especial, si el flujo de material reciclado se encuentra muy contaminado. Mediante una coloración ligeramente azul se puede compensar en parte el tono amarillento. Si la coloración es homogénea no supone ningún problema para la máquina sopladora. Por contra, una coloración no uniforme resulta en una distribución inhomogénea del material – tanto dentro de un envase mismo como entre botella y botella.

- b) **Puntos negros:** Sustancias ajenas que se carbonizan durante el proceso de fusión del reciclaje o durante el moldeo por inyección aparecen como puntitos negros dentro de la pared de la preforma. Pueden llevar a unas temperaturas excesivas en determinados puntos. Como consecuencia, se forma material muy fino o débil en la pared del envase o incluso se reventa la botella.
- c) **Inhomogeneidades (oscilaciones de IV²):** Durante el proceso de reciclaje, la tecnología Kronos MetaPure permite aumentar el valor IV del material de entrada. No obstante, vale decir: Si se mezclan materiales de entrada de valores VI y proporciones de copolímero diferentes, esto se puede compensar solo en parte. También en este caso, una consecuencia posible es una distribución irregular del material – otra vez dentro de un envase mismo y de una botella a otra.

² IV = Viscosidad intrínseca; el valor IV sirve como característica de calidad importante del PET. Se mide en decilitros por gramo (dl/g) y sirve para medir la longitud de la cadena de las moléculas del PET.



3. Procesamiento de rPET en la Contiform de Kronos

Mientras que el material se suministra con calidad constante, no surgen mayores problemas durante el procesamiento del rPET. Además, la máquina sopladora Contiform de Kronos dispone de varias funciones para hacer frente a características de material variables:

- a) **Amarillamiento:** Fluctuaciones de color en el flujo de preformas que aparecen lentamente y que tienen como consecuencia una absorción diferente del calor se compensan por el controlador del módulo de calentamiento. Si las fluctuaciones del color son excesivas para una compensación automática, los diferentes matices de color se pueden detectar con una cámara de inspección y se pueden eliminar las preformas correspondientes.
- b) **Puntos negros:** La inspección en 360° de la pared del envase del sistema de control de preformas PET-View detecta manchas a partir de un tamaño de 0,5 milímetros. También la máquina sopladora puede detectar agujeros que resultan de los puntos negros. Pero si un sobrecalentamiento local produce agujeritos muy pequeños, puede pasar que ya no se reconozcan.
- c) **Inhomogeneidades:** Asimismo, unas diferencias en relación con la distribución del material exigida se pueden medir con PET-View y luego la botella defectuosa se puede rechazar de forma correspondiente.



4. Control de entrada de mercancía como base de un proceso seguro

Generalmente el control de entrada de mercancía tiene un papel fundamental. Por una parte, para que la sopladora no tenga que asumir la tarea de una máquina clasificadora para eliminar rPET de mala calidad. Por otra parte, si resulta un número excesivo de huecos en la producción de las botellas, esto puede tener más consecuencias para la producción. Para evitar las dos cosas, hay que comprobar la calidad de las preformas entrantes: O bien mediante un control visual, o bien mediante una prueba al azar del valor IV, de la constancia del color y del contenido de humedad.

Idealmente los octabins con preformas se tienen que procesar en el orden de su suministro. De esta forma los cambios paulatinos del material proveniente del moldeo por inyección llegan lentamente a la máquina sopladora, de forma que el controlador del módulo de calentamiento mencionado en el Punto 3a) puede compensar las diferencias.



4. Control de entrada de mercancía como base de un proceso seguro

Si los octabins no se procesan de acuerdo con su secuencia de entrada, aumenta el riesgo de que las preformas con unas características de absorción de rayos infrarrojos muy variadas lleguen simultáneamente a la máquina sopladora. En casos extremos, las diferencias son tan grandes que el sistema de control del módulo de calentamiento ya no las puede compensar. Como consecuencia, el horno entrega unas preformas vecinas con perfiles de temperatura muy diferentes a las estaciones de soplado. Una tal mezcla resulta imposible de compensar para la regulación del módulo de calentamiento. La temperatura de la preforma se regula mediante la activación de todo el horno de forma que, dependiendo del tamaño de la máquina, se calientan simultáneamente entre 300 y 400 preformas. En otras palabras: El sistema del horno lineal necesita una absorción del calor homogénea del flujo de preformas sin cambios bruscos, tanto para el rPET como para el material nuevo. Si este no es el caso, aumenta la tasa de desechos lo que no solo resulta en más trabajo para vaciar los contenedores de los desechos, sino que aumenta, sobre todo, los costes de la producción.





5. Determinación de la calidad del rPET

Se le atribuye al PET reciclado una buena calidad, si sus características del material más importantes corresponden con las del PET virgen. Los criterios de calidad son, por ejemplo:

- Valor IV (viscosidad intrínseca)
- Grado de contaminación
- Contenido de acetaldehído u otras sustancias migrantes
- Contenido de humedad
- Coloración del material

A modo de orientación sirven, por ejemplo, las indicaciones de la asociación de aseguramiento de calidad RAL-Gütegemeinschaft que propone valores máximos admisibles.





6. Calidad del rPET y rendimiento de las botellas

Si el material tiene una buena calidad constante, no se pueden constatar mayores diferencias en el rendimiento de las botellas en comparación con el PET virgen. Dado que, durante el proceso de reciclaje, las características del rPET se pueden elevar a un nivel similar al aquél de la mercancía nueva, es comparable el rendimiento de las botellas en relación con la estanqueidad al CO₂, el agrietamiento por tensiones, la carga vertical, la presión del reventón y la estabilidad térmica. Sin embargo, si el amarillamiento no es uniforme, si existen demasiadas inhomogeneidades o si el número de puntos negros supera el valor límite, pueden resultar oscilaciones en el rendimiento de las botellas. Por ello resulta fundamental garantizar una buena calidad antes de la máquina sopladora.

En caso de combinaciones de envases/preformas que ya rozan el límite de las especificaciones, pueden resultar más problemas en el caso de rPET que en el uso del PET virgen debido a las divergencias de calidad con las que se debe contar. Por ejemplo, las botellas sometidas a un estiramiento alto pueden reventar con mayor frecuencia. Esto se debe tener en cuenta durante la fase de diseño y de desarrollo.



7. Posibles proporciones de material rPET en una botella

En qué proporción se pueden combinar PET reciclado y virgen en un mismo envase depende:

- de la calidad el reciclado post-consumo utilizado y
- de las respectivas especificaciones de preformas y botellas.

Si se trata de material reciclado limpio de pureza varietal, resulta posible producir con grandes proporciones de reciclado post-consumo – llegando incluso al 100 por cien con la especificación de la preforma o de la botella correspondiente.

Por ello hay que realizar siempre pruebas suficientes y lo mejor es hacerlo a gran escala en la línea. Un efecto secundario de la utilización de rPET es que la tasa de desechos aumenta ligeramente lo que se debe a veces a los inevitables puntos negros e inhomogeneidades.





8. Design for Recycling

El diseño para el reciclaje se divide en dos sectores grandes:

- a) Dimensionamiento de la botella para el proceso de reciclaje
- b) Consideración de las características del material y de la calidad del material reciclado

En lo que se refiere al Punto a) hay que decir, que las decisiones, que se toman en un momento temprano del proceso de diseño, pueden tener consecuencias esenciales sobre si una botella se puede devolver a una utilización de alta calidad, como, por ejemplo, la nueva producción de una botella.





8. Design for Recycling

El diseño de un envase primario comprende la selección de los materiales del envase, los colores, materiales de la barrera y aditivos, tapones, tintas de impresión y adhesivos. Todos los materiales añadidos influyen en el flujo de reciclaje y permiten una clasificación en tres categorías considerando sus consecuencias: una compatibilidad total, limitada y baja con el proceso de reciclaje.

Por este motivo es recomendable seleccionar materiales que

- se pueden **reciclar juntos** o que
- tienen una **densidad diferente** por lo que se separan con mayor facilidad.

Cuánto más limpio o más puro sea el material de entrada,

- tanta mayor es la calidad de salida del material de reciclaje,
- tantos menos problemas surgen en la máquina sopladora,
- tanto mejor es el rendimiento de las botellas y
- tanto mejor se puede volver a reciclar.

Detalles se encuentran en la norma «Design for Recycling» de Krones o en el sitio Web de la plataforma European PET Bottle Platform (EPBP): <https://www.epbp.org/design-guidelines>



9. Aptitud de rPET para el uso con alimentos

Todas las tecnologías para la producción de material de reciclaje de grado alimentario tienen que ser certificadas en la UE por la EFSA y en los EE. UU. por la FDA. La tecnología Kronos MetaPure posee ambas certificaciones.

Una condición imprescindible para obtener el certificado EFSA es un determinado rendimiento de descontaminación y de limpieza del proceso. Si un envase de un alimento consta de plástico reciclado, dentro de la UE tienen validez las siguientes cuotas de proveniencia vinculantes:³

- El 95 por ciento del material reciclado tiene que proceder de aplicaciones con alimentos.
- Como máximo el 5 por ciento del material reciclado puede proceder de aplicaciones no alimentarias.

El respeto de estas cuotas se tiene que regular y monitorizar dentro del proceso de reciclaje. Por consiguiente, la responsabilidad por la aptitud del rPET para el uso con alimentos está en manos de los fabricantes de material o de los recicladores. Además, la UE regula los valores de migración máximos admisibles que puede tener un producto final, como, por ejemplo, el agua sin gas, tras 365 días con una temperatura de almacenamiento de 25 °C.

³ En otros países tienen validez otros valores, dependiendo de las normas vigentes.



9. Aptitud de rPET para el uso con alimentos

Si se utiliza rPET defectuoso, la máquina sopladora no puede impedir una posible contaminación del futuro producto a llenar. Sencillamente porque ella no cambia la composición del material ni tampoco la inocuidad para los alimentos del material nuevo o reciclado.

Sin embargo, la Contiform puede dotarse de una tecnología de inspección adecuada de la pared lateral de las preformas para encontrar contaminaciones de un cierto tamaño (puntos negros) y rechazar las preformas defectuosas de forma correspondiente. Pero en este contexto la tecnología de inspección solamente se debe entender como seguro suplementario, dado que la calidad del material ya tiene que estar asegurada durante la producción del granulado y de las preformas.





10. ¿Revestimiento para compensar unas malas calidades de rPET?

En relación con la pregunta de si un revestimiento adicional de las botellas puede asegurar la buena calidad del producto, si el material de envase es de mala calidad, todavía hay dudas.

Para poder separar las bebidas envasadas del material de envase posiblemente malo habría que cumplir con las siguientes condiciones previas:

- El revestimiento se extiende en toda la superficie y resiste también a las cargas.
- Las botellas con un revestimiento defectuoso o faltante se pueden eliminar fiablemente del proceso.

Para poder cumplir con ambas condiciones, habría que controlar cada botella individual para determinar la presencia y la calidad del revestimiento – y eso sin dañarlo. Una tecnología de inspección capaz de hacer esto todavía no existe.

Quien, a pesar de todo, desee compensar unas calidades de material inferiores con un revestimiento, tiene que aceptar dos cosas: Primero, los costes de inversión y de operación de un sistema de revestimiento, así como, segundo, el riesgo residual relacionado con la falta de una inspección posible. Además, hay que comprobar con precisión, si bajo las normas legales locales vigentes es admisible emplear la tecnología de revestimiento y si esta es suficiente.

Frente a ello existe la posibilidad de apostar desde el principio por una alta calidad del rPET. Por los conocimientos actuales, no se puede prescindir de ella incluso empleando un revestimiento.



11. rPET en aplicaciones asépticas

El PET reciclado sirve también para las aplicaciones asépticas. La respectiva cantidad empleada depende esencialmente de tres factores:

- Calidad del material reciclado
- Fase del proceso en la aplicación aséptica
- Importancia de la aceptada tasa de rechazos inducida por el material que, por su parte, puede variar dependiendo de la configuración de la línea y del tiempo de producción

La tasa de rechazos aumenta a veces por los puntos negros y las inhomogeneidades inevitables. Este hecho puede representar un reto mayor en sistemas asépticos, porque al operador le faltan las ocasiones de intervenir manualmente en comparación con los sistemas convencionales.





12. rPET en aplicaciones Hotfill

También en las aplicaciones Hotfill se puede utilizar PET reciclado. En este caso, la cantidad posible depende esencialmente de dos factores:

a) Calidad y contenido de copolímero del rPET

Para el proceso Heatset, Kronos requiere un valor IV de 0,78 hasta 0,84 dl/g y un contenido de copolímero de menos de un 2 por ciento. Lo último representa posiblemente el mayor reto para la utilización de rPET en el proceso Heatset. Y es que todas las demás aplicaciones en el mercado se procesan con un contenido de copolímero mayor. Sin embargo, si el material reciclado se ha obtenido puramente de botellas Hotfill, su proporción puede aumentar claramente también en la aplicación Heatset.

b) Fase de proceso de la aplicación Heatset

Especialmente en las aplicaciones Hotfill hay aplicaciones en el mercado que se encuentran en el límite de lo técnicamente posible y que por ello ya no admiten variaciones del proceso adicionales debido a la parte rPET.





13. Conclusión y perspectivas

Desde hace años, en las líneas de producción de Krones hay aplicaciones con rPET. Los primeros proyectos de referencia se realizaron en el 2003. Con una proporción de rPET de un 30 por ciento ya entonces, se adelantaron a su tiempo en unos veinte años. Mientras tanto está muy extendido el uso del rPET, en la mayoría de los casos los clientes mismos realizaron los proyectos.

Gracias a la tecnología de reciclaje disponible en la actualidad, también la de la casa Krones, realizamos pruebas con envases con una proporción del material reciclado post-consumo de hasta un 100 por cien y llevamos las soluciones a la práctica. De costumbre se utiliza entre el 20 y el 60 por ciento. Pero sabemos que algunos de nuestros clientes utilizan proporciones mayores y que la tendencia apunta claramente en esta dirección.

No podemos más que aplaudir el hecho de que desde hace algún tiempo el tema del rPET se haya vuelto cada vez más importante. Pues los materiales de envase de alta calidad como el PET siguen siendo un recurso importante incluso después de su primer uso. Mantenerlos dentro de un circuito cerrado, no solo tiene sentido considerando el aspecto ecológico sino también el económico.

No importa si se trata de la tecnología o del know-how: con mucho gusto asistimos y asesoramos a las empresas sobre la cuestión de cómo pueden aprovechar para sí mismas las ventajas de la economía circular – y al mismo tiempo hacer una valiosa contribución a la protección del clima y de los recursos. Una vista general sobre nuestras soluciones y servicios acerca de los envases y embalajes de plástico con vistas de futuro encuentran en [krones.com](https://www.krones.com) bajo el tema «Plásticos y sostenibilidad».



13. Conclusión y perspectivas

Para más preguntas acerca del tema, diríjase a:

Aurelie Börmann

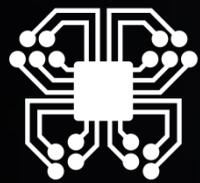
Tel.: +49 9401 70-5282

E-Mail: aurelie.boermann@krones.com

Jochen Forsthövel

Tel.: +49 9401 70-1804

E-Mail: jochen.forsthoevel@krones.com



We do more.

 KRONES