

## **ENGEL skinmelt allana el camino para aumentar el uso de materiales reciclados**

### **Reciclaje que penetra en la piel**

En su estrategia para los plásticos dentro de la economía circular y en su plan de acción para la economía circular, la Comisión Europea establece que, de aquí a 2025, el uso anual de materiales reciclados para fabricar productos de plástico en la Unión Europea debe aumentar, de los 4-5 millones de toneladas actuales, a 10 millones de toneladas [1-4]. Además, la comisión reafirma su intención de introducir una parte obligatoria de material reciclado en la fabricación de determinados grupos de productos. Para poder alcanzar estos objetivos, hacen falta —además del compromiso de los actores del mercado y una mayor capacidad de acondicionamiento de los residuos plásticos recogidos por separado— sobre todo nuevas tecnologías de procesamiento que permitan usar materiales reciclados para una variedad aún más amplia de productos y en porcentajes mayores [5]. ENGEL skinmelt contribuye a ello.

El procedimiento de dos componentes fue desarrollado para fabricar lo que se conoce como piezas tipo sándwich, que tienen un núcleo hecho de residuos plásticos acondicionados y una superficie de material nuevo. La novedad reside en la posibilidad de utilizar un alto porcentaje de material reciclado aunque la geometría de la pieza sea compleja. skinmelt se presentó por vez primera en la feria K2019 con la fabricación de cajas de transporte (**imagen**

**de portada**). La cantidad de material reciclado superó el 50%. Los dos materiales procesados, tanto el reciclado como el nuevo, eran polipropileno. “Esto garantiza que los productos sándwich puedan reciclarse fácilmente al final de su vida útil”, explica Steinbichler.

A diferencia de la coinyección clásica, en el procedimiento skinmelt los dos materiales fundidos se superponen uno después de otro en el cilindro de inyección principal antes de la inyección. En primer lugar, se produce la llegada de la piel, formada por material nuevo, a la cavidad. Después, esta es empujada por el flujo posterior de polipropileno reciclado y presionada contra la pared de la cavidad mientras el núcleo se va llenando con el material reciclado. La cantidad de material reciclado que se puede usar depende, fundamentalmente, de la geometría de la pieza moldeada y del patrón de llenado de la cavidad. La posición de inyección seleccionada y la proporción de viscosidad del material de la piel y del núcleo tienen un papel muy importante.

### **Una celda de producción muy compacta**

Para poder garantizar la estabilidad y la precisión dimensional del producto incluso con una alta proporción de material reciclado, el procesamiento debe tener un alto grado de reproducibilidad. Para ello, ENGEL ha desarrollado una solución de fabricación particularmente compacta basada en una máquina de moldeo por inyección duo de dos platinas. En la duo 3660H/1560W/450 combi que se utilizó en la feria K para producir cajas de transporte, la segunda unidad de plastificación para el material de la piel se encuentra situada en ángulo agudo encima de la unidad de inyección horizontal en la que se funde el material reciclado (**imagen 1**). Este tipo de fabricación permite ahorrar mucho espacio. La clara visualización y animación de todo el proceso en el control CC300 de la máquina es otra de las propuestas exclusivas de venta de las que puede presumir la solución de ENGEL. Gracias a ello, la proporción de la mezcla se puede ajustar muy fácilmente, lo que permite optimizar el porcentaje de reciclado.

Para la presentación en la feria K, ENGEL trabajó con empresas asociadas. El molde fue provisto por HAIDLMAIR, una empresa especializada en la fabricación de moldes para contenedores de almacenamiento y logística que aprovechó para su intralogística las cajas de transporte producidas (**imagen 2**). El material reciclado fue suministrado por Grünen Punkt –

Duales System Deutschland (DSD), la compañía alemana de separación y reciclaje de residuos. El regranulado de PP de la marca Systalen procedió de residuos domésticos recogidos y clasificados en la bolsa amarilla o el contenedor amarillo.

### **Utilidad práctica confirmada por ensayos**

Para confirmar que las cajas de transporte fabricadas mediante el procedimiento skinmelt eran utilizables, se efectuaron ensayos de apilamiento bajo presión en el Centro de Transferencia para Tecnología de Plásticos de Wels, Austria. Tres cajas apiladas fueron sometidas a presión y comprimidas a una velocidad constante de 10 mm/min y se registraron las señales de fuerza y recorrido. Para poder evaluar los resultados de las mediciones, se ensayaron con fines comparativos cajas de transporte geoméricamente idénticas sin estructura de sándwich íntegramente fabricadas, por un lado, del material nuevo y, por otro, del material reciclado. La **imagen 3** muestra la disposición de ensayo con tres cajas de transporte con estructura de sándwich apiladas. La imagen izquierda muestra su estado justo antes de que se iniciara el ensayo, es decir, sin aplicar presión. La imagen derecha muestra las cajas apiladas sometidas a una fuerte presión que comprime las paredes laterales y los nervios de refuerzo.

Las curvas de fuerza-recorrido obtenidas en los ensayos de apilamiento bajo presión se pueden ver en la **imagen 4** junto con las fuerzas máximas alcanzadas y las compresiones resultantes hasta alcanzar la fuerza máxima respectiva. En cada caso se indica el valor medio de tres ensayos. Es interesante observar que las cajas íntegramente hechas de material reciclado alcanzan los valores con diferencia más altos de fuerza máxima y compresión. Sin embargo, tanto la evolución de las curvas de fuerza-recorrido como la medida de la desviación estándar de los valores de compresión revelan que, cuando se usan residuos plásticos acondicionados, se producen dispersiones considerables de las propiedades. En comparación, los tres ensayos con cajas totalmente hechas de material nuevo muestran curvas aproximadamente coincidentes y las desviaciones estándar resultantes son pequeñas. Las cajas skinmelt, de manera similar a las que están hechas solo de material reciclado, muestran una ligera tendencia a una mayor dispersión, pero no manifiestan ninguna merma respecto a la fuerza máxima que pueden soportar. El hecho de que la fuerza portante, claramente mayor, del material reciclado no se refleje en la estabilidad de las cajas skinmelt es debido, muy probablemente, al porcentaje comparativamente bajo de material reciclado que hay en los

nervios de refuerzo encargados de conferir dicha estabilidad. Estos representan el final del recorrido de flujo y por tanto están llenos principalmente del material de la piel: eso explica por qué la estabilidad de las cajas skinmelt es comparable a la de las cajas de transporte enteramente hechas de material nuevo. En conclusión inversa, ello implica que, para fabricar las cajas apilables examinadas, también se podría utilizar como componente para el núcleo –por lo menos en lo que respecta a las propiedades de apilamiento– un material reciclado de menor rendimiento y, por tanto, más económico.

No obstante, lo que en cualquier caso debe tenerse en cuenta es la mayor dispersión que existe en los valores de medición procedentes de ensayos mecánicos con materiales de reciclaje. Este comportamiento, típico sobre todo de los materiales procedentes del consumo, se debe tener en cuenta y reflejar en unas medidas de seguridad adecuadas a la hora de dimensionar la pieza.

Los ensayos realizados confirman la utilidad práctica de las cajas de transporte producidas mediante el proceso de dos componentes skinmelt. Para poder evaluar de modo concluyente la seguridad del producto, se llevaron a cabo otros ensayos, sobre todo de resistencia al impacto y al uso continuo.

### **El material reciclado aumenta la solidez**

Las características mecánicas se ensayaron en profundidad en el Institute of Polymeric Materials and Testing (instituto de materiales poliméricos y ensayo) de la Universidad Johannes Kepler de Linz, Austria. Para ello, en las paredes laterales largas de las cajas de transporte se troquelaron objetos de ensayo polivalentes del tipo 5A de acuerdo con la norma DIN EN ISO 527-2. Se consideró que las paredes laterales eran adecuadas para tomar de ellas los objetos de ensayo debido a dos motivos. El primero es que, cuando se llena la cavidad, en ellas existe una determinada dirección de flujo predominante del material fundido desde el fondo de la caja hacia el borde superior. La orientación elegida del eje longitudinal del objeto de ensayo es paralela a esta dirección de flujo predominante. El segundo motivo es que, en las paredes laterales de las cajas skinmelt, se da una proporción equilibrada entre el componente de la piel y el del núcleo. Eso garantiza que lo que se comprueba es realmente la estructura de sándwich.

Los resultados de la caracterización mecánica de las paredes laterales aparecen reunidos en la **imagen 5**. La medición de dureza según Shore D confirma la equivalencia que, tras los

ensayos preliminares, cabía esperar entre las cajas de material nuevo y las skinmelt con estructura de sándwich. A la mayor dureza de la superficie del material del núcleo se superpone el material de la piel. Mediante ensayos de tracción repetitivos a una velocidad de comprobación constante de 10 mm/min se averiguaron, además, valores de módulo de elasticidad, solidez y alargamiento previo a la rotura de las distintas paredes de las cajas de transporte. En cuanto al módulo de elasticidad de las paredes laterales, apenas hay diferencia entre el material nuevo y el reciclado, y por consiguiente también en la unión tipo sándwich tienen aproximadamente los mismos valores de rigidez. En cambio, en lo que respecta a la solidez, la diferencia es importante. Con 28 MPa, la solidez del material reciclado es claramente superior a la del nuevo (23 MPa), lo cual influye, aunque sea levemente, en la solidez de la unión de sándwich.

Al comparar los valores del alargamiento previo a la rotura, se observa que el uso de material reciclado reduce claramente la capacidad de deformación plástica aunque dicho material esté solamente en el núcleo.

En comparación con los ensayos de apilamiento bajo presión, resulta llamativo el claro aumento de la desviación estándar relativa (es decir, del tamaño de las barras de error en relación a la altura absoluta de esas barras) del material reciclado y de la unión de sándwich. Sin embargo, esto no debería tener importancia alguna para la mayoría de características y funciones del producto, por lo que nada se opone al uso sensato y seguro de materiales reciclados. Esto es válido, sobre todo, para aquellas características de la pieza que tienen que ver con el comportamiento elástico del material o con el comportamiento previo a que se alcance el límite de fluencia (pre-yield). Para aquellos productos cuya funcionalidad y seguridad dependen en gran medida de la deformación plástica, la absorción de energía y el comportamiento más allá del límite elástico, es necesario reunir más conocimientos sólidos sobre el uso de material reciclado.

## **Conclusión**

El uso de plásticos reciclados aumentará debido, en una parte importante, a las normas reguladoras. Los procedimientos de moldeo por inyección de varios componentes, como el skinmelt de ENGEL, ofrecen la posibilidad de aumentar el uso de materiales reciclados incluso en productos cuya apariencia y calidad de superficie deben cumplir requisitos estrictos.

tos. Gracias a la posibilidad de modificar individualmente el material de la piel, son imaginables incluso aplicaciones en el sector alimentario. Si se eligen hábilmente el método de procesamiento y el diseño del molde, la superficie de la pieza puede ser en su totalidad de material nuevo y, al mismo tiempo, se puede emplear una cantidad de material reciclado superior al 50 por ciento. Algunas características del material reciclado y reacondicionado presente en el núcleo de la pieza, por ejemplo su coloración o la dureza de su superficie, pueden ser ocultadas totalmente por el material de la piel. Al mismo tiempo, otras características del núcleo, como, en su caso, una mayor rigidez o solidez, pueden influir positivamente sobre el rendimiento del producto con estructura de sándwich. Para usos aún más exigentes con perfiles de carga más complejos, será importante –de modo parecido a como sucede con la elección y ajuste adecuados del componente de la piel y el núcleo– el trabajo de equipo en los consorcios de desarrollo para afrontar con éxito, mediante las correspondientes innovaciones, los desafíos que surjan en ellos.

### **Autores**

DI Markus Gall trabaja como científico en el Institute of Polymeric Materials and Testing de la Universidad Johannes Kepler de Linz, Austria; [markus.gall@jku.at](mailto:markus.gall@jku.at)

DI Günther Klammer es jefe del área de Sistemas de Plastificación y Reciclaje de ENGEL AUSTRIA en Schwertberg, Austria; [guenther.klammer@engel.at](mailto:guenther.klammer@engel.at)

DI Raffael Rathner trabaja como científico en el Institute of Polymer Extrusion and Compounding de la universidad Johannes Kepler; [raffael.rathner@jku.at](mailto:raffael.rathner@jku.at)

o. Univ.-Prof. DI Dr. mont. Reinhold W. Lang es miembro de la junta directiva del Institute of Polymeric Materials and Testing de la universidad Johannes Kepler; [reinhold.lang@jku.at](mailto:reinhold.lang@jku.at)

Univ.-Prof. DI Dr. Georg Steinbichler es jefe del área de Investigación y Desarrollo de Tecnología de ENGEL AUSTRIA y miembro de la junta directiva del Institute of Polymer Injection Moulding and Process Automation de la universidad Johannes Kepler; [georg.steinbichler@engel.at](mailto:georg.steinbichler@engel.at)

## Literatura

1. COM (2018) 28 final, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, Comisión Europea, 16.01.2018, <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy-brochure.pdf>
2. COM (2020) 98 final, A new Circular Economy Action Plan - For a cleaner and more competitive Europe, Comisión Europea, 11.03.2020, [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf)
3. The Circular Economy for Plastics - A European Overview, PlasticsEurope AISBL, Noviembre de 2019, <https://www.plasticseurope.org/de/resources/publications/2606-circular-economy-plastics-european-overview>
4. 100+ signatories of Circular Plastics Alliance commit to use 10 million tonnes of recycled plastic in new products by 2025, European Circular Economy Stakeholder Platform, 20.09.2019, <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/news-and-events/all-news/100-signatories-circular-plastics-alliance-commit-use-10-million-tonnes-recycled-plastic-new-products>
5. Doriat, C.: Grüner wird's nicht, Kunststoffe 1/2020, p. 38



Imagen de portada: la tecnología skinmelt oculta el material reciclado bajo una superficie de material nuevo, por ejemplo en cajas de transporte. (Imagen: ENGEL)



Imagen 1: máquina de varios componentes compacta: En la máquina de moldeo por inyección ENGEL duo, específicamente diseñada para la tecnología skinmelt, la segunda unidad de plastificación para el material de la piel se encuentra situada en ángulo agudo encima de la unidad de inyección horizontal en la que se funde el material reciclado. (Imagen: ENGEL)



Imagen 2: el molde skinmelt utilizado en la feria K 2019 fue provisto por Haidlmair, una empresa especializada en la fabricación de moldes para contenedores de almacenamiento y logística que aprovechó para su intralogística las cajas de transporte producidas. (Imágenes: Haidlmair, ENGEL)



Fig. 3: cajas de transporte utilizadas en el ensayo de apilamiento bajo presión: La imagen izquierda muestra su estado antes de que se iniciara el ensayo y la derecha, después de aplicar una fuerte presión. (Imagen: Centro de Transferencia para Tecnología de Plásticos)

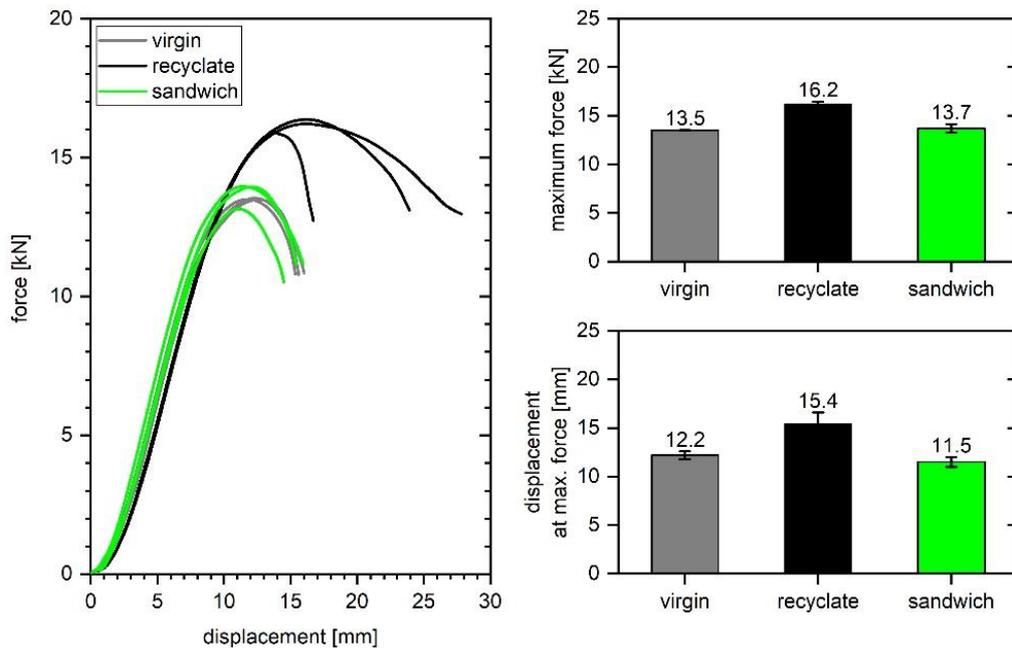


Imagen 4: las curvas de fuerza-recorrido (izquierda) indican que las cajas íntegramente hechas de material reciclado alcanzan los valores con diferencia más altos de fuerza máxima y compresión. Sin embargo, la fuerza portante, claramente mayor, del material reciclado no se refleja en la estabilidad de las cajas skinmelt. (Imagen: universidad Johannes Kepler)

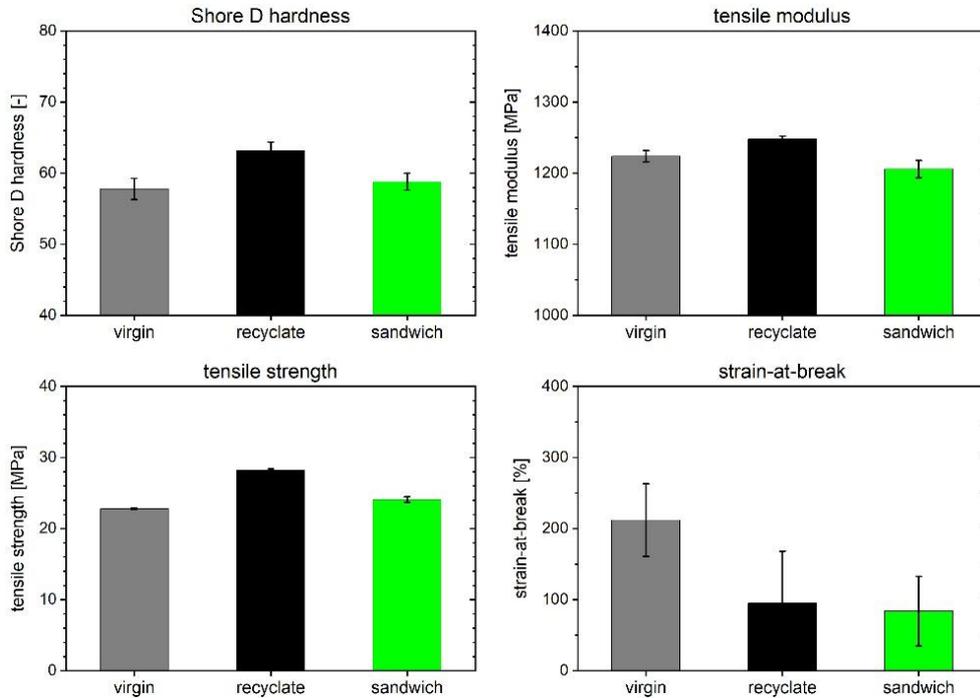


Imagen 5: resultados de la caracterización mecánica de las paredes laterales: la medición de dureza según Shore D confirma la equivalencia que, tras los ensayos preliminares, cabía esperar entre las cajas de material nuevo y las skinmelt con estructura de sándwich. (Imagen: universidad Johannes Kepler)