

ECORIOFAB

REDUCIENDO EL IMPACTO AMBIENTAL EN LA FABRICACIÓN DE CALZADO A TRAVÉS DE LA IMPRESIÓN 3D

CENTRO TECNOLÓGICO DEL CALZADO DE LA RIOJA. ARNEDO

El proyecto ECORIOFAB representa un esfuerzo significativo para abordar uno de los problemas ambientales más urgentes de la actualidad: la sostenibilidad en la industria del calzado. En un sector cada vez más consciente de la importancia de la responsabilidad ambiental, la necesidad de reducir el impacto de la fabricación de calzado se ha convertido en una prioridad. ECORIOFAB es una iniciativa que busca reducir este impacto mediante la reutilización de componentes y la aplicación de tecnología de impresión 3D, con un enfoque específico en la fabricación de plantillas y punteras de calzado de seguridad.

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto ECORIOFAB parte de la premisa fundamental de reducir el impacto ambiental de la fabricación de calzado, una industria que históricamente ha generado una cantidad significativa de residuos. Para abordar este desafío, se propone el reciclaje de componentes esenciales del calzado, como suelas, plantillas y tacones, reintroduciéndolos en el proceso de fabricación. La clave para lograr esta meta es la tecnología de impresión 3D, que permite la creación eficiente y sostenible de prototipos y piezas finales de calzado.

El proyecto se centra en dos tecnologías de impresión 3D específicas: Fused Deposition Modeling (FDM) para la fabricación de plantillas y Selective Laser Sintering (SLS) para la creación de punteras de calzado de seguridad. Estas tecnologías se seleccionan cuidadosamente para garantizar la calidad, durabilidad y funcionalidad de los productos finales.



FASES DEL PROYECTO ECORIOFAB

El proyecto ECORIOFAB se desarrolla a través de diversas etapas que abarcan desde la planificación hasta la fabricación de prototipos y pruebas. Estas etapas son las siguientes:

- Diseño de Experimentos (DoE).** En esta fase inicial, se realizan experimentos para determinar las condiciones óptimas de impresión para cada componente, como las plantillas y las punteras de seguridad. Se presta especial atención a factores críticos como el porcentaje de relleno y el patrón de relleno.
- Caracterización de Materiales.** Se lleva a cabo un proceso de caracterización de los materiales que se utilizarán en la impresión, con el objetivo de definir la proporción adecuada de residuos a incorporar en cada composición. Esta etapa es esencial para garantizar la calidad y la durabilidad de los productos finales.
- Ensayos Normalizados.** Se realizan una serie de ensayos normalizados para obtener datos precisos que servirán para seleccionar los mejores compuestos. Estos ensayos son fundamentales para asegurar que los productos finales cumplen con los estándares de calidad y seguridad.
- Fabricación de Prototipos.** Una vez que se han determinado las condiciones óptimas de impresión y se han caracterizado los materiales, se procede a la fabricación de los prototipos finales. Estos prototipos serán sometidos a pruebas exhaustivas para asegurar su funcionalidad y durabilidad.

OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS DE IMPRESIÓN

La optimización de los parámetros de impresión es un aspecto fundamental del proyecto ECORIOFAB. Se toman decisiones importantes sobre los materiales base de impresión y la incorporación de residuos. Se trabajará en dos líneas principales:

Impresión de Plantillas con Tecnología FDM: Para garantizar la flexibilidad y comodidad de las plantillas, se utiliza TPU como material base.

Impresión de Punteras de Calzado de Seguridad mediante SLS: Las punteras deben cumplir con estándares de seguridad rigurosos, por lo que se utiliza una resina de alta resistencia al impacto como material base.

PLANTILLAS IMPRESAS MEDIANTE FDM

La fabricación de plantillas mediante FDM es un proceso que requiere una atención especial al relleno de estas. Se realizan pruebas de compresión utilizando diferentes patrones de relleno, con un 20% de densidad. Estas pruebas permiten determinar cuál es el patrón de relleno más adecuado.

PATRONES DE RELLENO

Todos los posibles patrones de relleno disponibles en el software Cura son analizados y probados. Las catorce probetas de compresión se ensayan y se recopilan datos de fuerza y desplazamiento en el tercer ciclo. Luego, se aplica una fórmula para calcular el módulo de compresión y se compara con la cantidad de material utilizado para determinar el óptimo.

ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

Además de las pruebas de compresión, se decidió imprimir y ensayar una probeta de tracción. Estos ensayos se realizan con materiales genéricos de impresión que tienen durezas Shore adecuadas, que varían entre 60A, 70A y 82A. Los resultados de estos ensayos son esenciales para comprender la resistencia y durabilidad de los productos finales.



RESULTADOS PARA EL MODELO DE LA CURVA DE COMPRESIÓN

Los resultados de los ensayos son sometidos al método de algoritmos genéticos para obtener los parámetros de Mooney-Rivlin, Arruda-Boyce, Gent y Ogden. La elección del modelo que mejor se ajusta a la curva de compresión real se basa en la minimización del error.

IMPRESIÓN CON RESIDUO EN FDM

Se han realizado pruebas de impresión con un 5% de residuo, combinando TPU en granza con cuatro materiales diferentes: ABS (para tacones), caucho (para suelas), goma EVA (para suelas) y poliuretano (para calzado de seguridad). Todos estos materiales provienen de residuos de calzado.

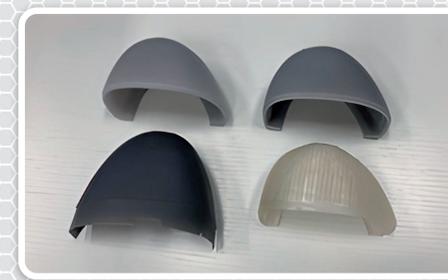
Se ha seleccionado la impresora NXPRO Pellet para estas pruebas debido a su capacidad para imprimir material en granza sin necesidad de extruir filamento, lo que ahorra tiempo y conserva las propiedades del material. Los resultados de las impresiones muestran las siguientes tendencias:

ABS. A medida que aumenta la carga de residuo, la dureza Shore del material aumenta, lo que lo hace demasiado duro para aplicaciones en plantillas o suelas.

Caucho. No se logra introducir una carga de residuo significativamente alta, ya que las impresiones comenzaron a fallar a partir del 15%.

Poliuretano. El residuo de poliuretano no se funde completamente, aunque queda incorporado en las probetas. Sin embargo, el material resulta ser demasiado blando debido a la expansión del poliuretano con el calor.

EVA. El EVA es la elección óptima para desarrollar las plantillas, ya que se comporta bien con cualquier carga de residuo y ofrece una mezcla adecuada con el TPU base, además de mantener la dureza necesaria.



IMPRESIÓN CON RESIDUO EN SLA

En este conjunto de pruebas, se utiliza la impresora Formlabs 3L debido a su fácil acceso al tanque de resina, donde se añade el residuo seleccionado. La resina Tough 1500 de Formlabs se elige debido a su alta resistencia, y el residuo de poliuretano se microniza y mezcla completamente con la resina base.

Aunque se imprimen probetas de compresión y de Charpy con diferentes cargas de residuo, los resultados demuestran que la resistencia del material se mantiene constante, independientemente de la cantidad de residuo utilizada.

Sin embargo, se observa un desafío en la viscosidad de la resina. La composición de la resina hace que su viscosidad sea elevada, lo que, en algunas ocasiones, dificulta el proceso de impresión. Esto ocurre principalmente cuando la carga de residuo es baja, pero a medida que se aumenta la carga de residuo, la viscosidad disminuye y mejora la imprimibilidad del material.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

El proyecto ECORIOFAB representa un enfoque innovador para abordar el impacto ambiental en la fabricación de calzado. Al reciclar componentes y utilizar tecnología de impresión 3D, se abre la puerta a una producción más sostenible y eficiente. Los resultados obtenidos en la optimización de los parámetros de impresión sugieren que el EVA es la opción óptima para las plantillas impresas mediante FDM.

Sin embargo, este es solo el comienzo de un camino hacia una fabricación de calzado más sostenible. Se requiere un trabajo continuo para perfeccionar los procesos, explorar nuevas combinaciones de materiales y aumentar la eficiencia de la impresión 3D. Además, se deben realizar pruebas exhaustivas en los prototipos finales para garantizar que cumplan con los estándares de calidad y seguridad necesarios en la industria del calzado.

En última instancia, el proyecto ECORIOFAB tiene el potencial de cambiar la forma en que se fabrica el calzado, reduciendo significativamente su impacto ambiental y fomentando prácticas más sostenibles en la industria. La impresión 3D y el reciclaje de residuos son herramientas clave en este esfuerzo por hacer del calzado un producto más respetuoso con el medio ambiente y más acorde con las necesidades de una sociedad preocupada por la sostenibilidad.