

La mejor opción para proteger lo más importante: acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) utilizado en la fabricación de equipos de seguridad por encima del cuello

Informe técnico:

Dr. Mandy Humphreys
directora técnica y de operaciones
de Centurion Safety Products Ltd

Presidenta del TC 158 (Comité Técnico Europeo para todos los equipos de protección para la cabeza).

Presidenta del PH6 (grupo nacional del RU a imagen del TC158).

Miembro del comité del PH2 (Comité Técnico del RU para los equipos de protección para los ojos y la cara).

Colaboradores:

Dr. Vannessa Goodship PHD
becaria de investigación principal
Universidad de Warwick

Dr. Kylash Makenji C.Eng, PHD
especialista en transferencia de
conocimientos
Universidad de Warwick

Índice

Fondo	3
¿Qué es el ABS?	4
¿Cómo creamos productos con ABS?	5
¿Por qué emplear ABS en los equipos de protección por encima del cuello?	6
ABS en el mercado de la protección para la cabeza	9
¿Qué material sería el más indicado para proteger lo más importante?	10
Referencias	10
Autora	11

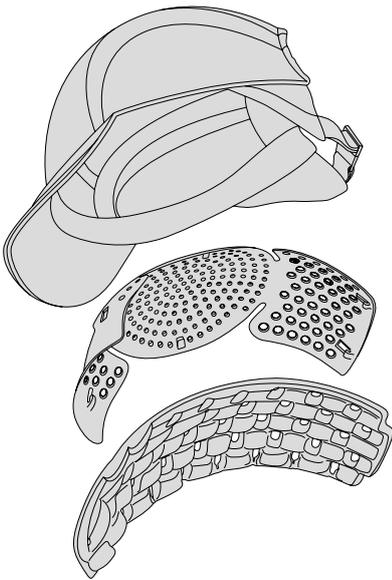
Fondo

El objetivo de esta página de documentación técnica es validar los fundamentos de Centurion Safety Products para el empleo de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) en la fabricación de sus equipos de protección por encima del cuello.

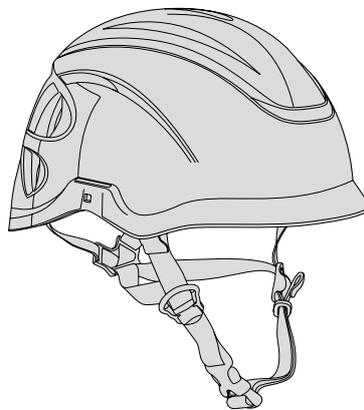
En la actualidad, las carcasas protectoras de la gama de productos de protección para la cabeza se fabrican con polietileno de alta densidad semicristalino (HDPE) o acrilonitrilo butadieno estireno amorfo (ABS).

Para los productos más básicos, se emplea con frecuencia HDPE, material que resulta más económico y fácil de manipular; los productos premium, por su parte, se fabrican con un grado de ingeniería específico de ABS.

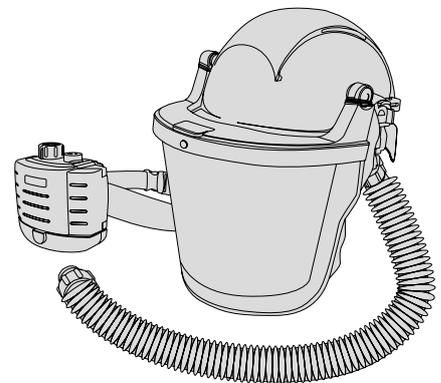
Actualmente, existe cierta confusión en el mercado respecto a la elección de polímeros y a la justificación de su empleo. Esto se debe a que las familias de polímeros de HDPE y ABS tienen miles de grados con propiedades que difieren significativamente entre sí. No se puede esperar que todos los grados de ABS o HDPE reúnan las características de rendimiento deseadas para cada producto final.



Protección con Gorra



Protección con Casco

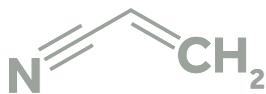


Protección con Respiratoria

Figura 1
Tipos de productos de ABS

¿Qué es el ABS?

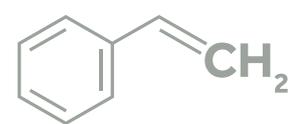
El ABS es un terpolímero, esto es, una larga cadena de unidades unidas entre sí mediante enlaces químicos y formadas por tres monómeros distintos, unidades básicas que se repiten para dar lugar a un material polimérico. La composición química del ABS se ilustra a Figura 2.



ACRYLONITRILE



1,3-BUTADIENE



STYRENE

Figura 2
Composición química del plástico

$(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_n$, que, en términos simples y genéricos, significa que una de cada una de las unidades monoméricas está unida en una secuencia repetitiva.

Cada monómero presente en el ABS obtiene su lugar en la formulación al aportar un conjunto de características de rendimiento::

1. **Acrylonitrile** ofrece resistencia al calor y a las sustancias químicas, así como resistencia a la tensión
2. **Butadiene** (caucho) aporta resistencia al impacto, dureza y buen rendimiento a bajas temperaturas
3. **Styrene** aporta el aspecto brillante, capacidad de proceso y rigidez

Durante la fase de distribución de partículas de "Butadieno" estas se manipulan y pueden tener otro efecto significativo en las propiedades del material, es decir, aumentar el tamaño de las partículas puede aumentar la dureza y aumentar la longitud de la cadena del polímero produce un material más fuerte. Todos estos factores se equilibran con la «facilidad de fabricación» del material plástico, esto es, los materiales con longitudes de cadenas de polímeros

excesivamente largas ofrecen buenas propiedades físicas. Sin embargo, estos tipos de materiales con cadenas largas tienen tasas de flujo de fusión muy bajas, lo que los hace complicados en el proceso de fusión. Las propiedades de los polímeros resultantes pueden manipularse mediante cambios en las proporciones de estos monómeros. Las proporciones típicas del ABS son: acrilonitrilo 20 %, butadieno 25 % y estireno 55 %. (Figura 3)

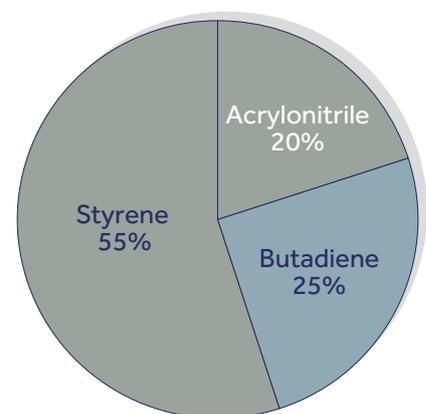


Figura 3
Mezcla molecular

¿Cómo creamos productos con ABS?

Las condiciones de procesamiento del material de ABS pueden manipularse para optimizar las características que se deseen, es decir, el moldeo a altas temperaturas mejorará el brillo y la resistencia al calor de las piezas moldeadas resultantes, mientras que el moldeo a temperaturas más bajas aumentará la resistencia al impacto del producto.

La resistencia uniforme del material es una función de su procesamiento posterior de carácter amorfo (no cristalino) y las cadenas largas de butadieno se entrecruzan con cadenas más cortas de polímero (estireno-coacrilonitrilo). Esto crea una «matriz» compleja que resulta fuerte y uniforme en todas las direcciones (figura 4). Ello contrasta con algunos otros polímeros (como el HDPE), que tienden a formar una estructura semicristalina con «cadenas» que tienen una configuración de zigzag plana plegada cada 5-15 nm y que pueden formar un laminar plano para ofrecer cierta resistencia mecánica

(figura 5). Algunas de estas cadenas, por ejemplo en HDPE, tienden a interconectarse a través de una región amorfa que forma esferulitas, «bolas» cristalizadas de laminar que pueden ser una fuente de fragilidad en el material. Durante la preparación optimizada de la fusión del ABS antes del moldeo por inyección, estas largas cadenas de butadieno están «alineadas» para ofrecer resistencia longitudinal al producto moldeado resultante. La naturaleza no newtoniana ni viscoelástica del ABS significa que las condiciones de moldeo deben controlarse atentamente.

Esto sirve para garantizar que el corte se mantenga al mínimo, para evitar presiones de inyección excesivas durante la fase de compresión del proceso de moldeo y para potenciar la formación lineal de las cadenas de butadieno. Todas estas características moleculares garantizan que el ABS ha «evolucionado» para tener características de rendimiento superlativo y, como tal, es un material ideal para aplicaciones estructurales donde se requieren resistencia al impacto, fuerza y rigidez.

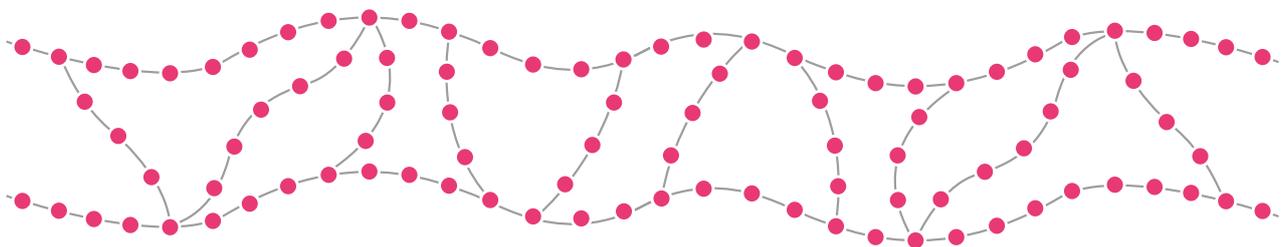


Figura 4
Polímero reticulado de ABS (matriz)

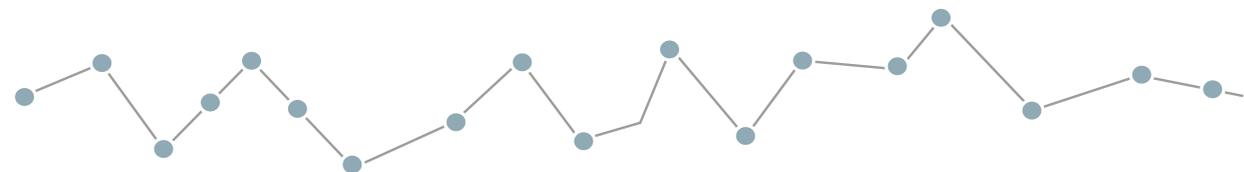


Figura 5
Lineal de HDPE

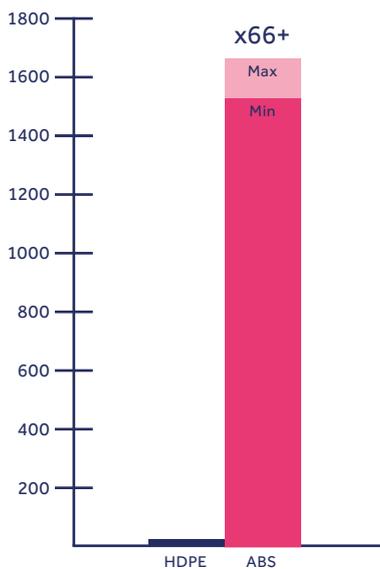
¿Por qué emplear ABS en los equipos de protección por encima del cuello?

Aunque el ABS tiene propiedades mejores, puede ser difícil de procesar. Los grados de gran tolerancia al impacto del ABS en términos de impacto y resistencia tienden a tener índices de flujo de fusión más bajos, ~1,8 g/10 mm, en comparación con el HDPE de hasta ~26 g/cc vía ISO 1133, lo que puede contribuir a que aparezcan dificultades durante el moldeo por inyección de este material, especialmente en secciones de paredes finas de formas complejas. Sin embargo, una vez que se controla, las piezas moldeadas se benefician de las características del ABS, como se destaca en la figura 6. Como en muchas otras cuestiones, los retos (en el procesamiento) bien valen las recompensas del rendimiento.

Figura 6

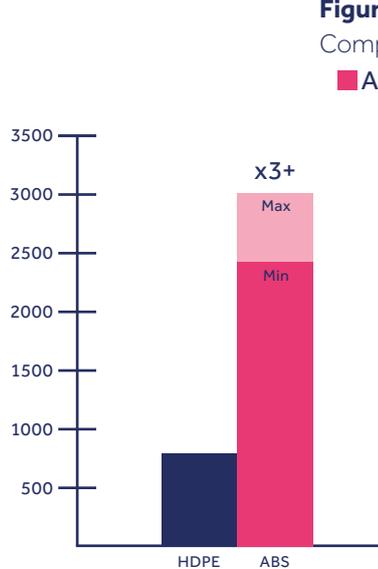
Comparación de materiales ABS-HDPE

Método de prueba	Descripción	ABS de gran impacto	HDPE
Módulo de compresión ASTM D695	Capacidad de un material para resistir la compresión bajo fuerza	1310-1650MPa	19-25MPa
Módulo de elasticidad de Young ISO 527	Define la relación entre la tensión y la deformación, p. ej., una cinta de goma tendrá un módulo bajo	2400-3000MPa	800MPa
Dureza mediante penetración de bola ISO 2039-1	Define la fuerza necesaria para crear una penetración de bola de acero de 5 mm	110-120N/mm	35-65N/mm



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Cuanto mayor sea el número, mayor la presión que se debe aplicar al material para deformarlo. Esta medición ofrece una señal muy clara del excelente rendimiento del ABS para mantener la integridad de la forma en la que se moldea. En la parte de la carcasa protectora del equipo de protección para la cabeza, este tipo de característica sería importante para las propiedades del producto, tales como mantener una baja deformación lateral al someterlo a tensión con el tiempo. Cuanto mayor sea el número, menos se estirará el material cuando esté sometido a tensión. Esta medición ofrece una señal muy clara del excelente rendimiento del ABS para resistir la deformación estructural bajo tensión. Existen aplicaciones específicas en las que un módulo de Young bajo es una característica excelente (por ejemplo, con una cinta de goma); sin embargo, en la parte de la carcasa protectora de los equipos de protección para la cabeza, una lectura alta de esta característica sería óptima para las propiedades del producto, puesto que la forma integral del material es crítica.



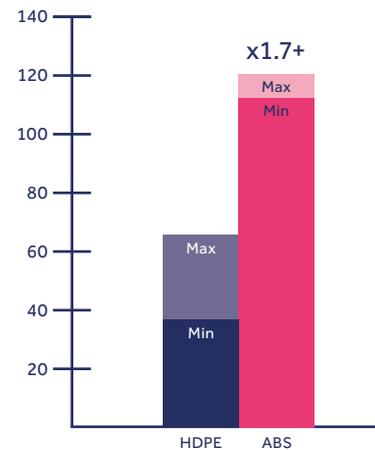
FUERZA TENSIL

Cuanto mayor sea el número, más fuerza se necesita para producir una penetración en el material de prueba. Esta medición ofrece una señal muy clara del excelente rendimiento del ABS para mantener su integridad estructural cuando se expone a un proyectil (en este caso, una bola de acero). En la parte de la carcasa protectora del equipo de protección para la cabeza, una lectura alta en esta área es muy beneficiosa, ya que el principal objetivo de los equipos industriales de protección para la cabeza es evitar lesiones al usuario causadas por objetos que caigan desde arriba.

Figura 7

Comparación de resistencia y dureza del ABS y HDPE

■ ABS ■ HDPE



DUREZA

Figura 7. El cuadro 1 muestra una selección de las propiedades relevantes del material en la fabricación de equipos de seguridad implicados en la protección contra impactos. Teniendo en cuenta los distintos entornos en los que se puede utilizar el producto, es de sentido común elegir un material que requiera un alto nivel de fuerza para provocar una penetración y una presión alta para «distorsionar» la estructura, es decir, los módulos de Young y de compresión. Con tan buenas propiedades del material, no sorprende que muchas industrias aboguen por utilizar hasta un 20 % de ABS reciclado en material puro, sin una pérdida sustancial de rendimiento, y que el ABS sea el termoplástico de ingeniería más vendido en el mundo. La gran estabilidad dimensional del ABS lo convierte en una opción excelente para la producción de material moldeado en grandes cantidades, ya que esto fomenta la consistencia del producto producido. La naturaleza amorfa del ABS contribuye a su respuesta de tensión relativamente plana a la temperatura, es decir, las propiedades del material y, por tanto, el rendimiento, son relativamente independientes de la temperatura dentro de un amplio rango de temperatura. Esto parece ser particularmente significativo a bajas temperaturas, donde el ABS mantiene su resistencia.

CRISTALES

Se ha observado que el HDPE contiene fases cristalinas y se ha demostrado que en muchos materiales pueden formarse defectos en el contorno de dichos cristales.

La tensión ambiental, y el agrietamiento del HDPE, es un fenómeno bien conocido. Esto se describe como una grieta interna o externa en un plástico, causada por tensiones tensiles que son menores que su resistencia mecánica a corto plazo. Este tipo de agrietamiento supone normalmente un agrietamiento frágil. Tiene otro nombre: «crecimiento lento de las grietas», que es la parte más siniestra de este fenómeno, donde pueden aparecer grietas y repercutir de forma catastrófica en el rendimiento del plástico muchos meses después de que se haya moldeado el producto. El fenómeno ha generado tanta preocupación en el pasado que se ha elaborado una prueba estándar,

la ASTM D883. Existen casos que suponen el agrietamiento de muestras tensionadas (la tensión se puede provocar en la interfaz de dos componentes, incluso cuando no se están usando), generalmente (aunque no siempre) en presencia de agentes humectantes de superficies, tales como alcoholes, jabones y tipos de sustancias tensoactivas. En la bibliografía, se plantea que, por lo general, estas grietas podrían surgir de imperfecciones microscópicas o contornos cristalinos y propagarse a través de regiones cristalinas de la estructura polimérica. A lo largo de los años, la química de los polímeros ha estudiado este asunto y su trabajo ha dado como resultado grados específicos de HDPE que, de acuerdo con los informes, tienen cierta resistencia al agrietamiento por tensión ambiental; no obstante, hay muchos que no. La resistencia al agrietamiento por tensión ambiental de grados particulares de HDPE se ha

completado según la norma ASTM D1693 y la exposición de Igepal, un tensoactivo que acelera la formación de grietas por tensión en estos materiales. Como el etileno es la materia prima más rentable asociada a la producción de polímeros, no es de extrañar que se utilice para fabricar plásticos de bajo coste como el HDPE, dado que su menor coste lo convierte en una elección popular. Las mejoras en las vías de síntesis, utilizando catalizadores Ziegler o de metaloceno de centro único, también han mejorado los controles de fabricación en la polimerización y, por tanto, las longitudes de las cadenas. La elección del grado de HDPE puede ser un reto, ya que la medición de la resistencia y la calidad puede ser complicada debido al impacto en el rendimiento del material asociado con las características cristalinas esferulíticas heterogéneas del material, es decir, la naturaleza molecular no uniforme del material.

ABS en el mercado de la protección para la cabeza

¿En qué puede beneficiar a los usuarios finales de equipos de protección para la cabeza?

- El producto cumple con «lo prometido»
- El producto tiene una durabilidad «razonable»
- El producto es cómodo
- El producto tiene una apariencia elegante en el lugar de trabajo

El ABS y el HDPE tienen distintas propiedades que se pueden aprovechar para la producción de una gran variedad de equipos de protección por encima del cuello. En el mercado se encuentran disponibles modelos de ABS y HDPE que cumplen con los estándares comerciales de rendimiento, de tal manera que, desde una perspectiva material, es posible estar a la altura de las necesidades de los usuarios finales.

Los fabricantes europeos suelen sostener que los productos cumplen con los estándares de rendimiento durante cinco años a partir de su fecha de fabricación. Centurion, que cree firmemente en la calidad de su gama de ABS, establece cinco años de duración en almacenamiento y otros cinco años en uso.

Los fabricantes suelen recomendar que se limpie el producto con una «solución jabonosa templada». Los jabones son, por su naturaleza, tensoactivos. Hasta el momento no se ha abordado lo suficiente si esta práctica aumenta el riesgo de agrietamiento por tensión ambiental en ciertos productos de HDPE que se encuentran en el mercado.

La comodidad que se percibe del producto se debe a la función de varios factores: el peso y el estilo/diseño son dos de los más importantes. Ya se han resaltado la resistencia y la «dureza» del ABS.

Estas propiedades del material permiten que las carcasas de los cascos tengan menor espesor y, por tanto, un peso más ligero para moldear: según análisis

comparativos, y en casos prácticos específicos, una mayor protección a las carcasas de HDPE, es decir, el grosor de la pared de Centurion Concept en la corona es de 3,4 mm, en comparación con el de una carcasa antigua de Centurion de HDPE 1100/1125 de 5,1 mm. O bien, la otra alternativa es que el grosor de la pared y el diseño de la carcasa del casco se mantengan iguales y los reclamos de rendimiento de la variante de ABS sean superiores. Centurion cuenta con un excelente caso práctico con el que produce y vende el mismo casco en dos polímeros diferentes: Reflex (fabricado con HDPE) y Reflex Plus (fabricado con ABS). Las diferencias de rendimiento se muestran en la figura 8.

Figura 8

Comparación de los productos Reflex y Reflex Plus

Cumplimiento de las especificaciones	Reflex	Reflex Plus
Material de base	HDPE	ABS
EN 397 (altura de caída de 1 metro) @ -30°C	SUPERADA	SUPERADA
EN 397 (altura de caída de 1 metro) @ -40°C	FALLIDA	SUPERADA
ANSI tipo I (altura de caída de 1,12 metros) @ -30°C	FALLIDA	SUPERADA
Peso de la carcasa (g)	~ 240	~ 272

¿Qué material sería el más indicado para proteger lo más importante?

Las propiedades materiales del ABS hacen posible su uso en las arduas condiciones a las que a menudo se exponen los cascos de seguridad, al mismo tiempo que cuentan con una carcasa protectora cuya ligereza permite trabajar con comodidad durante 8-12 horas sin interrupciones. El amplio intervalo de temperaturas en el que puede usarse y su eficacia frente a impactos convierten al ABS en una opción idónea para la fabricación de productos premium que tienen como objetivo la superación de los estándares establecidos hace mucho tiempo.

Está claro que hay productos moldeados para los que los grados específicos de HDPE son perfectamente apropiados; por ejemplo, cuando se estira o tensiona el producto de forma lineal. No obstante, la carcasa protectora de un casco puede sufrir un «ataque» desde cualquier ángulo y, por lo tanto, son preferibles materiales más resistentes. Cuando se trata de proteger el activo más importante de los trabajadores, nuestra recomendación es gastar un poco más para superar las normas y mantener la tranquilidad de todos.

REFERENCIAS:

Robeson. Environmental stress cracking – A review. Polymer Engineering & Science 2012; 53, Número 3 p453-467

Grassi, Pizzol & Forte. Influence of small rubber particles on environmental stress cracking. Journal of applied polymer science 2011, volumen 121, número 3, p 1697-1706

Rodriguez, Colen, Ober & Archer. Principle of Polymer Systems 2015 Handbook of Plastic Materials & Technology 1990



AUTORA DR. MANDY HUMPHREYS

Mandy obtuvo el título en Bioquímica/Microbiología y lo utilizó para comenzar su formación profesional como bioquímica y trabajar en I+D para Rhone Poulenc, en un principio como técnica de laboratorio. Más adelante, fue progresando hasta convertirse en líder de un equipo multidisciplinar al tiempo que completaba su tesis doctoral en la Universidad de Essex.

Desde que se unió a Centurion, Mandy ha optimizado los departamentos técnicos y de operaciones y ha sido fundamental para encabezar la ejecución de la galardonada gama Nexus.

Mandy es la actual presidenta del TC 158, Comité Técnico Europeo para los equipos de protección para la cabeza.

Mandy es también la presidenta del PH6, que se centra en aplicaciones individuales de equipos de protección para la cabeza que van desde cascos industriales a ecuestres, de piragüismo, etc. Este es el grupo del RU a imagen del TC158, que imita al TC158 y analiza a nivel nacional (RU) las áreas que se están tratando en el TC158 y asegura la representación del RU en el escenario europeo.

Mandy es también miembro del comité del PH2, el comité del RU para la protección de los ojos y la cara.



COLABORADORES



DR. KYLASH MAKENJI ESPECIALISTA EN TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS, UNIVERSIDAD DE WARWICK

El Dr. Kylash Makenji es ingeniero colegiado con gran experiencia en materiales de polímeros y en el desarrollo de innovadoras técnicas de procesamiento.

Kylash es licenciado en Ciencias y tiene un doctorado en Ingeniería por la Universidad de Warwick

DR. VANNESSA GOODSHIP BECARIA DE INVESTIGACIÓN PRINCIPAL, UNIVERSIDAD DE WARWICK

Como becaria de investigación principal en la Universidad de Warwick durante los últimos siete años, Vanessa Goodship es responsable de aportar conocimientos especializados en el área de la tecnología del plástico para la industria y el mundo académico.

Con un doctorado en Filosofía e Ingeniería, Vanessa está especializada en procesamiento de polímeros, materiales plásticos, reciclaje y componentes multifuncionales.

