REWIND, por una energía eólica más circular

Reunión en las instalaciones de Aimplas en Paterna, Valencia

HELENA ABRIL LANZUELA
Técnico Dinamización en AEMAC

El Proyecto REWIND comienza su andadura en Valencia, con el principal objetivo de aumentar la circularidad de los sistemas de energía eólica al final de su vida útil, trabajando desde el desmantelamiento, la reutilización y el reciclaje eficiente.

El proyecto financiado por la Unión Europea y CINEA (Agencia Europea del Clima, Infraestructura y Medioambiente) bajo el programa Horizon Europe CL5 y el Gran Agreement Nº 101147226 con 4M€ está liderado por Aimplas, el Instituto Tecnológico del Plástico de la Comunidad Valenciana, donde tuvo lugar el comienzo del proyecto, el pasado mes de Mayo.

El consorcio está formado por catorce miembros de siete países, con presencia destacada de España que aporta cinco socios al proyecto. Además de los centros tecnológicos Aimplas y Tekniker, con amplia experiencia en el sector de los materiales compuestos y ambos asociados de AEMAC, participan dos PYMES: BCircular y CompositePatch. BCircular es una start-up localizada en Cataluña y dedicada a la explotación de tecnologías de reciclado mediante pirólisis de composites y principalmente a I+D+I en este campo, en REWIND será responsable de obtener fibras recicladas de alta calidad, que posteriormente serán modificadas por otros socios para obtenerlas en diversos formatos. CompositePatch, empresa de Euskadi que se dedica al diseño de soluciones de reparación de composites para diferentes sectores, a partir de las materias primas recicladas obtenidas en el proyecto, fabricará nuevos kits de parches reciclables para energía eólica. Y la Asociación Española de Materiales Compuestos (AEMAC), que participará como líder del paquete de trabajo de comunicación, diseminación y explotación de resultados, siendo REWIND su primera experiencia en proyectos europeos.

El resto de miembros del consorcio, multidisciplinar y complementario son nueve y proceden de seis países de la comunidad europea. Desde Francia participan dos entidades, el Grupo SUEZ que desarrollará herramientas de corte, caracterización y metodología para mejorar la reutilización y reciclaje de las palas eólicas y el Centro Técnico Industrial de los Plásticos y Composites (ICP) que trabajará en una metodología predictiva para cuantificar las propiedades mecánicas residuales de las palas y modelar las soluciones técnicas propuestas. Desde Alemania, igualmente dos entidades, el Instituto Alemán de Investigación Textil y de fibras (DITF) que fabricará tejidos combinando fibras de vidrio y de carbono reciclados durante el proyecto, con hilos híbridos termoplásticos o de fibra natural y la Universidad de Pforzheim (HSPF) que experimentará con una innovadora tecnología de electropulso para el procesamiento y la separación de materiales compuestos. Y desde Italia, la empresa ALKE que creará prototipos en un vehículo eléctrico, reutilizando pie-

Miembros del consorcio en la reunión de comienzo de proyecto, en Plaza la Virgen, Valencia

zas de aerogeneradores y validará las condiciones reales de conducción y CIAOTECH del grupo PNO que se encargará de la explotación de resultados, participando en el análisis de mercado y el plan de negocio, trabajando con el resto de socios para llevar la tecnología REWIND al mercado, al final del proyecto.

A estos tres países, se suman Grecia, con la participación del Laboratorio de Investigación en Materiales Compuestos Avanzados, Nanomateriales y Nanotecnología de la Universidad Nacional Técnica de Atenas (R-NANO, NTUA) que aplicarán el ensimaje mediante evaluación de las características morfológicas de las fibras recicladas y la unión interfacial con las resinas, adicionando nanopartículas para mejorar la eficiencia de fabricación. Dinamarca, con la presencia de Miljoskarm que se encargará de diseñar y desarrollar nuevos productos aislantes acústicos para el sector de construcción. Y Turquía con TPI Composites, que fabricará un demostrador utilizando todos los materiales reciclados obtenidos en el proyecto (resina y fibras), para ello, llevará a cabo un análisis de viabilidad técnica y validación de la circularidad, mediante ensayos de fabricación de piezas compuestas por el método de infusión a vacío a partir de materias primas recicladas en el proyecto.

PROBLEMÁTICA DE LA ENERGÍA EÓLICA

En el año 2022, el mercado mundial de materiales compuestos reforzados con fibra (carbono, vidrio, aramida y natural) se valoró en 113.700 M$ y se prevé que alcance los 168.600 M$ en 2027, con un crecimiento anual del 8,2% de 2020 a 2027, que incluye importantes sectores como son el aeroespacial, energía eólica, construcción y automoción. El mercado de la energía eólica está utilizando composites para aumentar la longitud de las palas de las turbinas y mejorar así la eficiencia en la generación de energía.

Según WindEurope, al menos 14.000 palas de aerogeneradores (WTB) serán retiradas del servicio en Europa en 2023 para ser recicladas, y más de 350.000 toneladas de palas retiradas del servicio lo serán en 2030. Alemania y España serán los países con mayor número de palas desmanteladas, seguidos de Dinamarca. En la actualidad la circularidad del WTB es prácticamente nula ya que la gestión de los WTB al final de su vida útil se basa en i) reutilización de "palas en buen estado" en parques eólicos secundarios; ii) vertido, alrededor del 60% (la mayoría están enterradas); iii) trituración y quema en fábricas de cemento para la recuperación de energía (downcycling); iv) reutilización como arte/mueble urbano (algunos ejemplos en Dinamarca, pero se trata de una tendencia menor). Teniendo en cuenta que el vertido de composites ha empezado a prohibirse en algunos países europeos (como Alemania, Austria, Finlandia y los Países Bajos) y el hecho de que la Comisión Europea pretende reducir la cantidad de residuos que pueden ir al vertedero al 10% para 2030, es urgente aumentar la cantidad de residuos de composites que se reciclan para reducir la demanda de energía primaria y el calentamiento global.

A escala mundial, se calcula que actualmente se utilizan 2,5 Mt de materiales compuestos en las turbinas eólicas, pero el reciclaje rentable de los materiales compuestos sigue siendo un reto. Aproximadamente el 70% de la composición de las palas está formada por composites y, conociendo las limitaciones actuales de las tecnologías de reciclado (no respetuosas con el medio ambiente o económicamente poco atractivas o no disponibles a escala industrial), es urgente a) aplicar nuevas innovaciones en las tecnologías de reciclado de materiales compuestos con bajo impacto

Desmantelamiento de palas de composites en las instalaciones de SUEZ Group, Francia

ambiental, como la pirólisis catalítica y la solvólisis para reducir la demanda de energía, pero también para mejorar la calidad de los materiales secundarios recuperados, como monómeros y fibras; b) encontrar nuevas metodologías para promover la reutilización en sectores de composites muy exigentes.

PROYECTO REWIND, UNA SOLUCIÓN PARA LAS PALAS

La idea de crear el consorcio para el proyecto REWIND, surge desde Aimplas, tras su experiencia en varios proyectos en el sector de la energía eólica y ser consciente de que la problemática de la reciclabilidad de los materiales compuestos sigue en vigor. En concreto, dirigieron el proyecto EROS (desde el área de reciclado químico, liderado por Nora Lardiés) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación, que tenía como objetivo implantar un sistema real de economía circular que partía en el reciclaje de palas eólicas y residuos del sector aeronáutico para cerrar el ciclo en su aplicación en otros sectores como la industria cerámica y el sector del transporte, reduciendo el consumo de recursos fósiles y el impacto negativo de estos materiales al final de su vida útil en el medio ambiente. De igual modo, participaron en el proyecto EOLO+, (desde el área de construcción y energías renovables eficientes) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades bajo el programa Retos Colaboración y cofinanciado por los fondos FEDER, en el que se desarrollaron tecnologías para mejorar la resistencia a la erosión y disminuir el peso de las palas de aerogeneradores. Y en el proyecto FLOTANT, financiado por el programa H2020 mejorando la ingeniería conceptual y básica, incluyendo los sistemas de amarre, anclaje y exportación de energía, de una estructura flotante híbrida de bajo coste, fabricada en hormigón y plástico, e implementada para parques eólicos de aguas profundas.

Llegados a este punto, tras la experiencia adquirida y junto a la necesidad de dar una respuesta al sector de la energía eólica y a la sociedad en su conjunto, desde Aimplas, y en concreto su investigadora principal Nora Lardiés Miazza, doctora en Químicas por la Universidad de Zaragoza y Técnico Senior en el Departamento de Reciclado Químico, deciden apostar por REWIND. En palabras de Nora Lardiés, "REWIND tiene como objetivo desarrollar tecnologías críticas para el desmantelamiento de las palas de turbinas eólicas al final de su vida útil e implementar nuevas metodologías para la reutilización y el reciclaje de composites, con el fin de aumentar la circularidad de las palas. Es importante destacar que en este proyecto se va a reciclar íntegramente el composite que este más degradado, es decir, se va a obtener fibra, y resinas recicladas a partir de la matriz, las partes de las palas menos degradadas se van a reutilizar, subiendo así un escalón en la jerarquía de residuos. De esta manera, se pretende incrementar las aplicaciones industriales y evitar el actual vertido o incineración. Se espera que la composición de los residuos de palas sea múltiple, como las opciones existentes en el mercado de las palas de aerogeneradores, por una parte, la combinación de resina

epoxi con fibra de carbono (CF), de resina epoxi con fibra de vidrio (GF) e igualmente de resina de poliéster con fibra de vidrio (GF)".

Las nuevas metodologías abordarán los siguientes desafíos:

1. Estudio y desarrollo de un desmantelamiento adecuado, inspección de calidad y caracterización de residuos para poder entender sus propiedades, de forma que se podrá decidir si las piezas de composite desechadas deben ser reutilizadas o recicladas.
2. Mostrar aplicaciones potenciales de alto valor para los composites al final de su vida útil: la reutilización se demostrará mediante la fabricación de varios demostradores (para los sectores de la construcción y automoción). Para ello se utilizarán herramientas de software y hardware para facilitar los procesos de fragmentación (ambos sectores son grandes contribuyentes a las emisiones globales de CO_2, buscan continuamente materiales circulares y tratan de maximizar la reciclabilidad de los materiales utilizados).
3. Se desarrollarán y probarán nuevos métodos innovadores de pirólisis y solvólisis para el reciclaje con la intención de reducir significativamente la temperatura y el tiempo de procesamiento de aquellas partes que no puedan ser reutilizadas. Esto permitirá ahorrar energía y mejorar la calidad de los materiales recuperados (fibras y resinas: poliéster reciclada, epoxi reciclada y epoxi vitrimer basadas en monómeros reciclados). Los materiales secundarios obtenidos se utilizarán para fabricar varios demostradores para el sector de la energía eólica: una pequeña sección de raíz de pala eólica y parches de composite para la reparación de palas.

Para alcanzar los objetivos de REWIND se subdividen las tareas en varias líneas de trabajo. En primer lugar, el desmantelamiento de palas en parques eólicos y la fragmentación de piezas de composite que han llegado a su fin de vida, denominado en inglés end-of-life (EoL), las tareas se realizarán conjuntamente por la Universidad de Pforzheim, Tekniker y el Grupo SUEZ. La segunda línea de trabajo se centra en el análisis, la inspección y la clasificación de las piezas de composite EoL, donde desarrollará su actividad el Centro Tecnológico Industrial de los Polímeros y Composites (IPC). La tercera línea es el reciclado químico de composites, tanto de refuerzos como de resinas, que se realizará por las tecnologías de solvólisis, donde trabajará Aimplas en exclusiva y la pirólisis, con Aimplas y BCircular. La cuarta línea se enfocará en el desarrollo de productos intermedios a partir de fibras recuperadas, como el ensimaje, hilado y tejido de fibras, participando el Instituto Alemán de Investigación Textil y de fibras (DITF) y National Technical University of

We ensure that systems work better.

VULKAN

Industrial solutions for
engineering machinery

VULKAN Española
Avda. Montes de Oca, 19 - Nave 7 | 28703 SS Reyes (Madrid)
Phone +34 91 359 09 71 | es.info@vulkan.com

vulkan.com

Vista del Laboratorio de Reciclado Químico de Aimplas, en Paterna (Valencia)

Athens (NTUA) y la síntesis de nuevas resinas termoestables y resinas vitriméricas 3R a partir de monómeros recuperados, función que correrá a cargo de Aimplas. Por último, se incluye la fabricación de piezas de composites para diferentes industrias, con materias primas recicladas por socios del proyecto y partes de piezas obtenidas del desmantelamiento; en el caso del sector eólico, contribuirán principalmente TPI Composites y Composite Patch, en automoción se contará con ALKE SRL y en el sector de construcción con Miljoskarm. Las organizaciones IPC, AEMAC y Ciaotech cubrirán áreas transversales, como evaluaciones ambientales, económicas y sociales, evaluación de la circularidad, diseño eco/circular de productos, explotación y las actividades de comunicación y difusión.

TECNOLOGÍA DE AIMPLAS

REWIND demostrará la efectividad de la pirolisis asistida por catalizadores a nivel de planta piloto y utilizará un nuevo catalizador comercial y un nuevo catalizador inorgánico sintetizado logrando rendimientos hasta del 80%. Esto también permitirá 1) reducir la demanda de energía en comparación con la pirolisis convencional (al menos en un 20%) y reducir la temperatura del proceso (al menos 80ºC), 2) Aumentar las propiedades mecánicas de las fibras recuperadas (vidrio y carbono) gracias a las temperaturas más bajas, lo que resulta en una fibra más limpia y con menos defectos superficiales.

En el proyecto REWIND también se demostrará la viabilidad del proceso de solvólisis a escala de planta piloto mediante un estudio profundo de diferentes solvólisis en condiciones subcríticas y supercríticas. Las condiciones de la solvólisis se optimizarán para cada residuo de matriz (poliéster y epoxi) centrándose en solventes no tóxicos y reutilizables como agua, alcohol y sus mezclas en condiciones supercríticas aunque también se estudiarán otros reactantes más fuertes en condiciones sub-críticas centrándose en la amigabilidad de la industrialización. El uso de catalizadores verdes en la solvólisis de compuestos tiene el potencial de reducir el impacto ambiental de los residuos compuestos

» Aimplas pretende anticiparse a los futuros requisitos reglamentarios para residuos de composites, que se implantarán en nuestro país, en un futuro cercano.

y mejorar la sostenibilidad de los materiales compuestos. Además, se obtendrán precursores para producir resinas de poliéster recicladas a partir de la purificación del líquido de solvólisis de los residuos de compuestos de poliéster y resinas de epoxi recicladas y resinas de vitrímero 3R después de la purificación del líquido de solvólisis destilado de los residuos de composites a base de epoxi. Con estas resinas 3R se impulsará la economía circular de la fracción orgánica de los composites, que hasta ahora se consideraba un deshecho. Además, la utilización de esta fracción permitirá desarrollar la próxima generación de materiales compuestos con una reparabilidad o reprocesabilidad mucho más fácil cuando llegue su fin de vida.

La investigadora principal, Nora Lardiés Miazza, señala que "las resinas vitrímeras obtenidas serán validadas en varios procesos relacionados con las palas eólicas. Las principales innovaciones de REWIND respecto a las fibras son 1) Desarrollo de nuevos ensimajes 'sizing' específicamente diseñados para lograr una mayor compatibilidad y rendimiento general del material compuesto; 2) hilado y tejido de las fibras recicladas para maximizar las propiedades finales de los nuevos composites fabricados con las fibras recicladas, incrementando el valor de estos materiales reciclados".

PARTICIPACIÓN DE TEKNIKER

Tekniker trabajará en el desarrollo de software para acelerar y optimizar el proceso de corte y reducción de tamaño de componentes desechados. El software permitirá optimizar el aprovechamiento del material mediante estrategias de

anidamiento y desplegado de superficies. Para ambos casos, es necesario contar con la geometría 3D inicial e información adicional del material, como áreas con alto contenido de fibra identificadas en la caracterización de los residuos.

La experiencia de Tekniker en este campo ha sido adquirida a través de los últimos años con la participación en el desarrollo proyectos alineados con el área de sostenibilidad. En palabras de Alejandro Sandá, ingeniero Industrial y actualmente Investigador en la unidad de Tecnologías Avanzadas de Fabricación "se trata de desarrollar herramientas que permitan superar las barreras tecnológicas que dificultan alinearse con la estrategia 9R de forma rentable. En este marco el software a desarrollar es clave para facilitar la refabricación de piezas inútiles o su reconversión para otras aplicaciones".

Una vez definidas las zonas de corte mediante las herramientas de software desarrolladas, Tekniker seleccionará tecnologías de corte flexibles y rápidas procurando afectar lo menos posible la estructura interna del material y, si es necesario, las tecnologías serán adaptadas y desarrolladas con el objetivo de acelerar el proceso de corte o reducción de tamaño. La selección de la técnica se basará principalmente en el grosor y la composición del material compuesto desechado, incluyendo procesos láser y mecánicos que utilizan cortadores convencionales o asistidos por ultrasonido. Las condiciones de corte se ajustarán debidamente según los parámetros de cada técnica: modo de onda, avance, potencia y presión de gas para el láser, y velocidad de rotación, avance y profundidad de corte para el corte mecánico.

» Tekniker trabajará en el desarrollo de software para acelerar y optimizar el proceso de corte y reducción de tamaño de componentes desechados.

La segunda opción para la reducción de tamaño es la transformación de las piezas desechadas en fragmentos en el rango de centímetros a milímetros. La aplicación prevista es la reutilización de estos fragmentos más pequeños en otras aplicaciones o utilizarlos como un pretratamiento necesario para procesos posteriores de reciclaje. Tomando la trituración mecánica como tecnología base, que proporcionará un punto de partida experimental, se desarrollarán técnicas adicionales para este propósito.

Tekniker desarrollará un novedoso proceso de delaminación mecánica en cintas que contienen fibras largas (Delaminación de Fibras Largas, LFD). Estas cintas obtenidas permitirán ser utilizadas en los procesos de bobinado o

Vista del Laboratorio de Reciclado Mecánico de Tekniker, en Eibar (Gipuzkoa)

creación de tejidos mezclándolo con otros materiales plásticos. Así mismo, estas cintas con una longitud de fibra larga podrán utilizarse en procesos de reciclado posteriores como la solvólisis o la pirólisis para la obtención de fibras más largas y de mejor calidad.

CONCLUSIONES

REWIND se enmarca en el "topic" HORIZONTE -CL5-2023-D3-02-15 que aborda las tecnologías críticas para mejorar la vida útil, el desmantelamiento eficiente y aumentar la circularidad de los sistemas de energía eólica marina y terrestre, y en este sentido se esperan obtener resultados relevantes, tras sus cuatro años de duración.

Por una parte, mejorar la sostenibilidad general de los sistemas de energía eólica sobre la base de un análisis del ciclo de vida integrado, abordando los aspectos sociales, económicos y medioambientales, así como la circularidad prevista, alineándose con los objetivos del sector y la sociedad. Para ello, se focalizará en el aumento de la vida útil de las turbinas eólicas, su fiabilidad y reciclabilidad, con el desarrollo de nuevas materias primas a partir del reciclaje de palas de composites y su incorporación para la fabricación de nuevos productos de reparación. Del mismo modo, se centrará en el desarrollo de un desmantelamiento más eficiente y una mejora de la circularidad de los componentes de los aerogeneradores. Y en la búsqueda de nuevos mercados potenciales para el reciclaje y/o la reutilización de las palas eólicas, como son los sectores de construcción y automoción.

Aimplas en su compromiso de contribuir a las directivas europeas de residuos y las estrategias de cero residuos, pretende con la consecución de este proyecto anticiparse a los futuros requisitos reglamentarios para residuos de composites, que se implantarán en nuestro país, en un futuro cercano. Fomentando su posición como un actor estratégico en la definición de objetivos para el reciclaje de turbinas eólicas hacia una mayor circularidad, como ya ocurre en Alemania, Austria, Países Bajos y Finlandia, con la prohibición de depositar en vertederos o incinerar materiales compuestos. En este empeño ha involucrado a cuatro entidades más de nuestro país, cinco en total. Estas sinergias creadas entre la comunidad española de los materiales compuestos, a través de la consecución de proyectos financiados por Horizon Europe, permiten explorar alternativas y desarrollar la base de la investigación y un ecosistema necesario para disponer de una tecnología propia. Una tecnología que será necesaria para cumplir con los objetivos definidos en las estrategias de cero residuos y colocar a España a la vanguardia, ahora en el reciclado de aerogeneradores, como en su día lo fue en su fabricación y en la potencia instalada - actualmente sigue siendo el quinto país del mundo, con casi 30.000 MW a lo largo y ancho de su geografía.

AEMAC
www.aemac.org

REWIND
www.rewind-project.eu

Revista dirigida a la industria metalúrgica

infoedita
www.infoedita.es

nº55 - Septiembre 2024

Metalindustria

www.metalindustria.com

Entrevista

Jon Núñez Barrenechea, especialista en Tecnología de AFM Cluster

Artículo

REWIND, por una energía eólica más circular

Artículo

El reto de la soldadura de chapas finas en ingeniería mecánica

Ferias

La tecnologia se transforma en negocio en una gran edición de BIEMH

Tribuna de Andrés Barceló, director general de UNESID