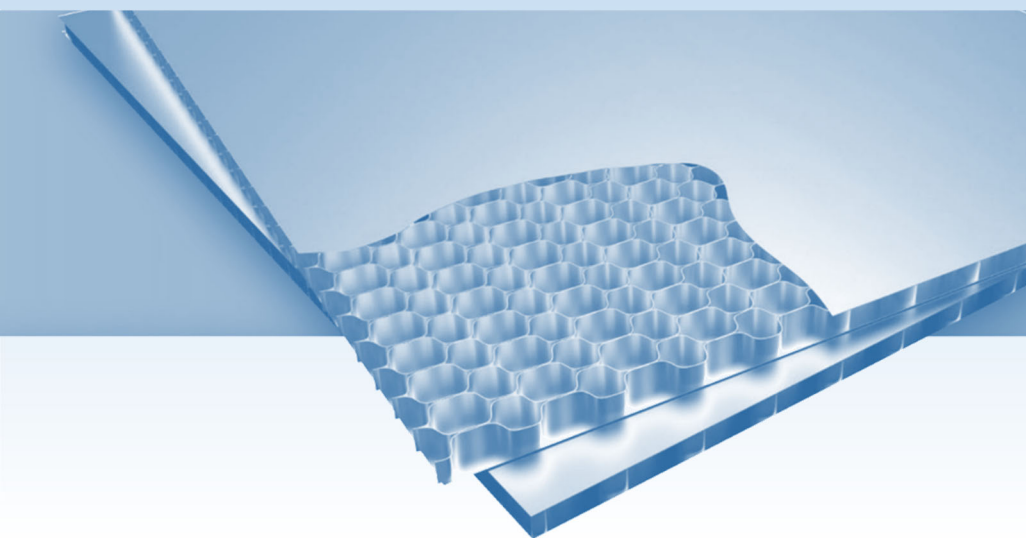




MATCOMP

XV CONGRESO NACIONAL
DE MATERIALES COMPUESTOS
13-15 JUNIO 2023
GIJÓN. ASTURIAS

GIJÓN, 13-15 JUNIO 2023

LIBRO DE RESÚMENES

ORGANIZADORES



Universidad de
Oviedo



OLMAR 
AUTOCLAVES & ADDITIVE MANUFACTURING



PATROCINADORES



75
Years

SICNOVA *gijón*

Convention Bureau



OLMAR 
AUTOCLAVES & ADDITIVE MANUFACTURING



ZÜND 
swiss cutting systems



 **ZIUR**
Composite Solutions

AIRBUS

ID EKO
MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE


composites
madrid23

 **CASTRO**
COMPOSITES

JEC
CONNECTING THE WORLD
WITH COMPOSITES

COMITÉS

COMITÉ ORGANIZADOR

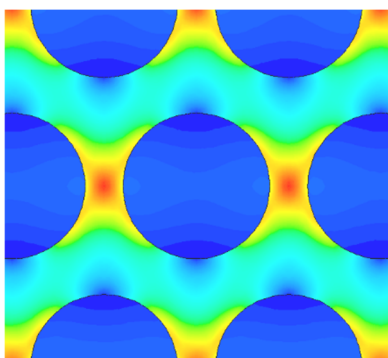
Jaime Viña (UNIOVI)	Patricia Álvarez Rodríguez (INCAR)
Antonio Argüelles (UNIOVI)	Ricardo Santamaría (INCAR)
Victoria Mollón (UNIOVI)	José A. Mori (OLMAR, S.A.)
Jorge Bonhomme (UNIOVI)	Roberto Fernández (OLMAR, S.A.)
Isabel Viña (UNIOVI)	Rafael Izquierdo (Presidente AEMAC)
Paula Vigón (UNIOVI)	Antonio Fernández (Secretario AEMAC)
Clara Blanco (INCAR)	Norbert Blanco (Tesorero AEMAC)
Victoria G. Rocha (INCAR)	Helena Abril (AEMAC)
Marcos Granda (INCAR)	

COMITÉ CIENTÍFICO

Jaime Viña (UNIOVI)	Rafael Izquierdo (Presidente AEMAC)
Antonio Argüelles (UNIOVI)	Antonio Fernández (UPM)
Victoria Mollón (UNIOVI)	Faustino Mújika (UPV/EHU)
Jorge Bonhomme (UNIOVI)	Jacinto Tortosa (FIDAMC)
Isabel Viña (UNIOVI)	Norbert Blanco (UdG)
Rosa Menéndez (INCAR)	Juan Salamero (ZIUR Composites)
Clara Blanco (INCAR)	Alberto Barroso (US)
Victoria G. Rocha (INCAR)	Carlos González (IMDEA)
Marcos Granda (INCAR)	Rafael Ávila (AIRBUS)
Ricardo Santamaría (INCAR)	María Sánchez (URJC)
Patricia Álvarez Rodríguez (INCAR)	Marianella Hernández (ICTP)
José A. Mori (OLMAR, S.A.)	Xabier Martínez (CIMNE)



PROGRAMA DEFINITIVO



PRESENTACIONES ORALES		
Martes, 13 de Junio de 2023		
08:30-9:00	Registro de Congresistas (Hall de entrada)	
09:00-09:30	Inauguración (Sala Ziur)	
09:30-10:30	Plenaria 1 (Sala Ziur) Professor Constantinos Soutis, Emeritus Chair in Aerospace Engineering, The University of Manchester. "Digital design of composite materials: Achievements and challenges"	

Sala Ziur			Sala Anfiteatro			Sala de Columnas		
Moderador: Jorge Bonhomme González (UNIOVI)			Moderador: Antonio Fernández López (UPM)			Moderador: Jon Aurrekoetxea Nabarte (Mondragon Goi Eskola Politeknikoa JMA S.Coop)		
10:30-10:45	27	Capacidad de absorción de energía de impacto de poliamidas prehomologadas frente a fuego para impresión 3D U. Morales; M. Iragi; U. Olaziregi; L. Aretxabaleta; J. Aurrekoetxea Mondragon Unibertsitatea	81	Automated fiber placement of thermoplastic materials: toward a new way controlling temperature homogeneity Cartié Denis; Réquillé Samuel; Blanchard Yvan y Fariñas Mael Coriolis Composites	17	MC4 - RE-Usage of uncured carbon fiber scrap material Jaime Sistach; Álvaro Calero; Bernardo López-Romano, María Ordoñez Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos (FIDAMC)		
10:45-11:00	117	Uso de videocorrelación digital de imágenes en la cuantificación de los diferentes modos de fractura en el ensayo Longitudinal Half Fixed Beam (LHFB) Miguel Lozano García; Anastasio López Menéndez; Antonio Argüelles Amado; Jaime Viña Olay; Paula Vigón Blanco Universidad de Oviedo	9	rCF LM PAEK Press-moulding process optimization through the introduction of a Waam mould core Alejandro Marqués Paola; Jose Antonio Dieste Marcial; Iván Monzón Catalán; Carlos Francisco Javierre Lardiés; Daniel Elduque Viñuales AITIP centro tecnológico	100	Materiales compuestos elastoméricos reforzados con fibras naturales y con capacidad autorreparadora Saul Utrera-Barrios; Océane Pinho Lopes; Marianella Hernández Santana CSIC		
11:00-11:15	65	Interface damage characterization of carbon-epoxy composite materials Davide Mocerino; Matteo Bruno; Miguel Alberto Monclús; David Garoz; Mario Rueda; Jon Mikel Molina; Mark Flores; Carlos González Imdea Materials	12	Efecto de los tratamientos superficiales en la interfase durante el proceso de sobre inyección de PEEK con fibra de carbono Julio Vidal; Pere Castell; Jose Antonio Dieste AITIP Centro Tecnológico	104	Alternativas sostenibles para la síntesis de poliuretanos: Nuevas rutas sin isocianatos y catalizadores no tóxicos Said El Khezraj; Manal Chaib; Suman Thakur; Mohammed Lahcini; Miguel A. Lopez-Manchado; Raquel Verdejo Consejo Superior de Investigaciones Científicas		
11:15-11:30	82	Caracterización de material compuesto a temperaturas criogénicas de 20K y la influencia del hidrogeno en sus propiedades mecánicas José Manuel Martínez Olmo; Miguel Gonzalez del Val; Fernando Cabrerizo García; Pilar Argumosa Martínez; Devora Hormigo Jurado INTA	16	Fabricación de revestimientos superior de ala en material compuesto de matriz termoplástica mediante consolidación in situ (ISC) Eduardo Lorenzo Villafraña; Mar Zuazo Ruiz; Patricia Tabarés Fernández; Rubén Tejerina Hernanz; Manuel Jesús Iglesias Vallejo FIDAMC	26	Validación de una tecnología a escala de laboratorio para el reciclado integral de palas de aerogeneradores Adriana Serras-Malillos; Alexander Lopez-Uriónabarrenechea; Esther Acha Peña; Borja Baltasar Perez-Martinez; Blanca María Caballero Iglesias Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea		
11:30-11:45	95	Ensayos de caracterización de la fractura intralaminar a altas velocidades de deformación Adrián Cimadevilla; ÁlvaroVaz-Romero; Jesús Pernas-Sánchez; Jose Alfonso Artero-Guerrero;Pere Maimí; Emilio Vicente González; Elisabeth De-Blanpre; Jacques Vincent Universidad Carlos III			105	Reciclado de una pala y su reutilización en la fabricación de una segunda generación Rafael Carnicero; Luis Cano; José Ignacio Cruz; Miguel A. López Manchado; Raquel Verdejo CSIC		

11:45-12:30	Pausa para café 1 (Sala Asturias)	
-------------	-----------------------------------	--

Moderador: Luis Carral (AIMEN)			Moderador: Jaime Sistach Martínez de Ubago (FIDAMC)			Moderadora: Esther Acha Peña (UPV-EHU)		
12:30-12:45	156	Caracterización de uniones de material compuesto soldadas por resistencia eléctrica. Efecto de parámetros de procesado. Jorge Sogorb; Marta Herrera; Sergio González; Fernando Lasagni Fundación Andaluza para el Desarrollo Aeroespacial - CATEC	18	Low cost composite methods for automotive racing applications Jaime Sistach; Fernando Romero; Jorge Sánchez Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos (FIDAMC)	31	Lighthweight polymer composite materials for automotive engineering. Optimization of manufacturing and end of life using life cycle assesment Hugo Afonso González; Julen Ibarretxe Uriguen; Adriana Serras Malillos; Alexander López Uriónabarrenechea; Esther Acha Peña; Udane Olaziregi Cuevas; Maider Iturrondobeitia Elacuria Universidad del País Vasco		
12:45-13:00	112	Aproximación analítica para el cálculo a flexión en dos planos aplicado a placas de composite unidireccional Ugutiz Garitaonandia Antsoategi; Neftalí Carbajal de la Red; Miren Isasa Gabiolondo; Faustino Mujika Garitano Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)	24	Integrated nano-enabled heaters for automotive composite panels to enable external airbag activation Richard Seddon; Maialen Chapartegui; Idoia Gaztelumendi; Sonia Florez; Nerea Romero; Ricardo Fernandez Fundacion Tecnalia Research and Innovation	33	Caracterización y propiedades de bio-aerogeles compuestos de gelatina Lucía G. De la Cruz; Tobias Abt; Nicolas Candau; Noel León; Miguel Sánchez-Soto Universidad Politécnica de Catalunya. Centre Català del Plàstic		
13:00-13:15	114	Nuevos modelos analíticos para los ensayos de viga en doble voladizo y de flexión con entalla final no simétricos Faustino Mujika Garitano; Ainhoa Arrese Arratibel; Juan de Gracia Igelmo; Ana Isabel Boyano Murillo Universidad del País Vasco (UPV/EHU)	25	Diseño de moldes de materiales compuestos para la fabricación aditiva basada en extrusión Eduard Bellvert ; Juan Carlos Antolín Urbaneja ; Haritz Vallejo Artola ; Jose Ignacio Hernández Vicente ; Jorge Gayoso López TECNALIA	34	Nuevas funcionalidades y oportunidades de reciclado de composites basados en epoxi dinámico Itxaso Azcune; Arrate Huegun; Ailaiz Rekondo CIDETEC		
13:15-13:30	40	Análisis del estado tensión-deformación de cortadura pura obtenido mediante el ensayo biaxial tracción-compresión Sergio Horta Muñoz; María del Carmen Serna Moreno Universidad de Castilla-La Mancha	37	Desarrollo de una tecnología basada en DOFS para la monitorización de procesos de fabricación e integración con material compuesto del Río Velilla; Antonio Fernández López Universidad Politécnica de Madrid	36	Solvólisis en condiciones moderadas de composites reforzados con fibra de carbono Laura Fulgencio Medrano, Asier Asueta Asensio, Sixto Arnalaz Aguilar, Jon Leivar Cilleruelo, Izotz Amundarain Hidalgo, Rafa Miguel Fernandez, Ana Iruskietia Uribe GAIKER		
13:30-13:45			41	Composite grafito-silicio en aplicaciones de gestión de energía Juan Piñuela-Noval; Daniel Fernández-González; Marco Agostini; Marta Suárez; Luis Felipe Verdeja; Maria Assunta Navarra; Adolfo Fernández; Sergio Brutti Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CINN-CSIC)	46	Revalorización de fibras de refuerzo recicladas mediante tecnologías textiles para la obtención de nuevos composites Iván Doménech Martínez; Jose Javier Pascual Bernabeu; Carlos Santamaría Guillem; Francesc Fornés Ballester AITEK - Asociación de Investigación de la industria textil		

Caracterización
Fabricación y aplicaciones industriales
Sostenibilidad y reciclaje

Materiales y estructuras
Daño, fatiga y fractura

Reparación y técnicas de unión
Modelos numéricos

PRESENTACIONES ORALES

Martes, 13 de Junio de 2023

13:45-15:15

Almuerzo (Hotel NH)

		Sala Ziur			Sala Anfiteatro			Sala de Columnas	
		Moderador: Faustino Mújika Garitano (UPV-EHU)				Moderadora: María Asunción Mendizábal		Moderador : Alexander López Urionabarrenechea	
15:15-15:30	123	Continuos ferromagnetic microwires for self-sensing structural carbon fiber composites Paula Corte-León; Rafael García-Etxabe; Diego Pineda; Bittor Muniozguren; Peio Olaskoaga; Francisco Javier Vallejo; Johan Malm; Christer Johansson; Valentina Zhukova; Mihail Ipatov; Arcady Zhukov UPV/EHU		42	Composites de grafito con carburo de cromo con potencial aplicación en disipación de calor Daniel Fernández-González; Marta Suárez; Juan Piñuela-Noval; Cristian Gómez-Rodríguez; Luis Antonio Díaz; Adolfo Fernández Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CINN-CSIC)		72	Nuevo concepto de eco-composite híbrido de fibra natural y láminas de madera (FWL). Fabricación, caracterización mecánica y envejecimiento en agua de mar Alberto Lopez-Arraza; Fabuer Ramon Valencia; Egoitz Urtaran; Germán Castillo-López; Jon Aurrekoetxea Universidad del País Vasco (UPV/EHU)	
15:30-15:45	129	Characterization Of Induction-Welded Thermoplastic Composites Jorge Sogorb; Neelmanee Sarin; Chris Worrall; Julian Wächter; Sergio González; Rubén Buelga; Fernando Lasagni Fundación Andaluza para el Desarrollo Aeroespacial - CATEC		45	Fabricación de una sección de coche de tren utilizando procesos de laminación en automático María Ordóñez Muñoz; Mar Zuazo Ruiz; Eduardo de la Guerra Ochoa; Xabier Valor Rafael; Javier Arrabal Tarancón; Carlos Eraso Alvarez; Bernardo López Romano FIDAMC		75	Análisis del ciclo de vida de los nuevos prototipos ligeros de TALGO Marta Cerdeira Peinado; Eduardo de la Guerra Ochoa; Francisco José García Piñeiro; Víctor Meroño Domínguez; Javier Fernández Valverde Patentes Talgo S.L.U.	
15:45-16:00	135	Composite material thermal characterization for a digital twin-based model of an automated tape laying process Jhonny de Sá Rodrigues INEGI - Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering		49	Mejora del comportamiento a impacto de placas forjadas de composite reforzadas con cintas de fibra continua Udane Olaziregi; Maider Baskaran; Unai Morales; Aritz Esnaola; Jon Aurrekoetxea Mondragon Unibertsitatea		77	Bio-based recyclable crosslinked polyurethanes based on a thermally reversible Diels-Alder adduct Ana Cristina Restrepo Montoya; Izaskun Larraza Arocena; Kizkitza Gonzalez Munduate; Ohiane Echeverria Altuna; Isabel Harismendy Ramirez de Arellano; Ainara Saralegi Otamendi; Arantxa Eceiza Mendiguren Universidad del País Vasco	
16:00-16:15	139	Programa de intercomparación para la caracterización estática y cíclica de los modos I y II en uniones adhesivas con materiales compuestos Serafín Sánchez-Carmona; Alberto Barroso Caro Universidad de Sevilla		50	Diseño y fabricación de núcleos mediante impresión 3D para la integración de células fotovoltaicas en paneles sandwich Itxaro Sukia; Aritz Esnaola; Jon Aizpuru; Werther Cambarau; Juan María Hernández; Jon Aurrekoetxea Mondragon Unibertsitatea		85	Comportamiento a impacto de composites de matriz termoplástica reforzada con fibras de basalto y fabricados mediante RTM Maider Baskaran; René Hoto; Juan Antonio García Manrique; Jon Aurrekoetxea Mondragon Unibertsitatea	
16:15-16:30				51	Rediseño de pieza de automoción en SMC mediante optimización topológica Kepa Zulueta; Iñaki Madina; Pablo Larreategi; Jose Luis Vilas; Alex Arrillaga Leartiker S Coop		90	Síntesis de sistemas híbridos acrílico-poliuretano biobasados con aplicaciones adhesivas Noelia Fernandez; Oihane Echeverría; Itxaso Calafel; Raquel Rodriguez TECNALIA	

16:30-17:15

Pausa para café 2 (Sala Asturias)

17:15-18:00

Sesión Posters (Sala Asturias)

Moderadora: María del Carmen Serna Moreno (UCLM)			Moderador: Rafael Ávila (AIRBUS)			Moderadora: Raquel Verdejo (ICTP-CSIC)		
18:00-18:15	144	Estudio experimental de la importancia de la rotura de fibras en la resistencia de los materiales compuestos de matriz termoplástica sometidos a compresión después de impacto Jesús Pernas Sánchez; Fernando Naya Montáns; Cristina Fernández Herrero; Pablo Zumel Vaquero Universidad Carlos III de Madrid	52	Customised and integrated sole for cycling manufactured by 3D printing of continuous carbon fibre reinforced polyamide Aritz Esnaola; Unai Morales; Mikel Iragi; Laurentzi Aretxabaleta; Jon Aurrekoetxea Mondragon Unibertsitatea	93	Materiales a partir de revalorización de paja de arroz mediante extracción de celulosa y lignina Víctor Manuel Serrano Martínez; María del Pilar Carbonell Blasco; Henoc Pérez Aguilar; Francisca Arán Ais; Elena Orgilés Calpena INESCOP		
18:15-18:30	148	Sensores piezoresistivos y piezoeléctricos basados en nanocompuestos de PVDF reforzados Víctor Díaz Mena; Xoan Xosé Fernández Sánchez Romate; David Martínez Díaz; María Sánchez Martínez; Alejandro Ureña Fernández Universidad Rey Juan Carlos	64	Determinación de tiempos de curado de un proceso de fabricación de piezas de curado ultravioleta Francisco Javier Vallejo Rasero ; Ion Ávila Perez; Arkaitz Uriarte Zearra IDEKO S.Coop.	97	Economía circular en el sector de composites: reciclado químico Alberto Barranca, Sergio Fita, Nora Lardiés-Miazza, Andrés Luengo-Baranguán AIMPLAS		
18:30-18:45	101	Metodología recomendada en la Especificación UNE 0074:2023 para determinar propiedades de cortadura mediante el ensayo biaxial tracción-compresión con probeta cruciforme María del Carmen Serna Moreno; Sergio Horta Muñoz; Juan José López Cela Universidad de Castilla-La Mancha	66	Modificación de las prestaciones de piezas impresas mediante su hibridación con resina termoestable José Luis Gómez Alonso; Santiago Neira Hernández , Alexandra Allue Salvador; Koldo Gondra Zubieta, Diego Pineda Matabuena GAIKER Centro Tecnológico	20	Nuevas formulaciones de BIO-PUR más sostenibles para la energía renovable offshore Oihane Echeverría-Altuna; Olatz Ollo, Izaskun Larraza; Isabel Harismendy; Arantxa Eceiza TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA)		
18:45-19:00	19	Soldadura de composites termoplásticos mediante calentamiento resistivo directo: diseño de utillajes, procedimiento de unión y fabricación de demostrador Miren Aroa Iriarte Legarreta; Miguel Segura Moreno; Sonia García Arrieta; Riccardo Mezzacasa Lasarte Tecnalia Research and Innovation	69	Impact properties of layer by layer in situ UV cured composites Imanol Ruiz de Eguino Aguirre; Iván Sáenz Domínguez; Iosu Tena Merino; Mariasun Sarriónandia Ariznabarreta; Jon Aurrekoetxea Narbarte Mondragon Unibertsitatea	23	Desarrollo de procesos de fabricación de estructuras híbridas de material termoplástico reciclado con insertos unidireccionales Amaia de la Calle Lizarazu; Oihane Echeverría Altuna; Olatz Ollo Escudero; Nerea Alberdi Olaizola; Rakel Pacheco Goñi; Isabel Harismendy Ramirez de Arellano Tecnalia		
19:00-19:15	131	Resistance welding of thermoplastic composite: from laboratory optimization to scale-up on a fuselage demonstrator Soraya Pintos Martínez; Noelia González Castro; Massimiliano Russellò; Julio Illade Quinteiro; David Castro Boga; Iván Monzón Catalán; Gonzalo Herranz Calvo Centro Tecnológico AIMEN	70	Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de piezas obtenidas mediante impresoras 3D: FDM y LFAM Amparo Borrell; Rut Benavente; Fidel Salas; Joaquín Lluch; Juan Antonio García-Manrique Universitat Politècnica de València	22	New Life for Aeronautical Dry Carbon Fiber Álvaro Calero Casanova; Tamara Blanco Varela; María Ordoñez Muñoz; Sofía Delgado Labranderò; Bernardo López Romano Airbus Operations, S.L.		
	Caracterización		Materiales y estructuras		Reparación y técnicas de unión			
	Fabricación y aplicaciones industriales		Daño, fatiga y fractura		Modelos numéricos			
	Sostenibilidad y reciclaje							

19:30

Espicha Asturiana (El Tendayu)

PRESENTACIONES ORALES

MIÉRCOLES, 14 de Junio de 2023

Sala Ziur			Sala Anfiteatro			Sala de Columnas		
Moderadora: Victoria García Rocha (ICAR-CSIC)			Moderador: Rafael Izquierdo (HEXCEL)			Moderador: Iván Domenech (AITEK)		
09:00-09:15	35	Preimpregnados "no perecederos" gracias al uso de resinas epoxi de carácter dinámico Aratz Genua Ferreras; Ibon Aranberri Askargorta; Asier Martínez Salaberria Fundación Cidetec	73	Implementation guidelines for the application of innovative composite manufacturing processes in the shipbuilding industry Iván Sáenz Domínguez; Iosu Tena Merino; Imanol Ruiz de Eguino Aguirre; Ander Arruti Lapeira; Rúben Pereira Ireuna Group		121	Nuevas tecnologías en reciclado químico de composites: microondas, catálisis y ensamblajes Alberto Barranca; Nora Lardiés-Miazza; Andrés Luengo-Baranguán AIMPLAS	
09:15-09:30	44	Effect of chemical environment on aging and mechanical performance of polymeric composite materials for bearing cages in rail applications Olalla Sánchez Sobrado; Nikolaj Višniakov; Gintautas Bureika; Ricardo Losada; Elena Rodríguez Senín AIMEN	74	Estructura ligera de coche (TALGO) de alta velocidad. Material compuesto en material rodante ferroviario Francisco José García Piñeiro; Eduardo de la Guerra Ochoa; Marta Cerdeira Peinado; Javier Fernández Valverde; Víctor Meroño Domínguez; Carlos Eraso Álvarez; Javier Arrabal Tarancón; Xabier Valor Rafael; Bernardo López Romano; María Ordoñez Muñoz; Miguel Seco Calleja Patentes Talgo S.L.U.		122	Reciclaje mecánico de materiales compuestos para fabricación de perfiles por pultrusión Eva Martínez Barriguete; Mónica Sánchez Hernández; Ana Rosa Pérez Menaza; Araceli Gálvez Moreno; Susana Quiles Díaz; Alfredo García Farre Acciona Infraestructuras	
09:30-09:45	54	Buckling CFRP Holed Plates Miguel Huertas Collado; Jose Antonio Martín Esteban AIRBUS	80	Aplicación de aprendizaje automático para la optimización del proceso de calentamiento en consolidación in situ de materiales compuestos con matriz de termoplástico Adrián Guillén Plaza; Isabel Martín Hernando; Katia Fernández Horcajo; Lorena Moreno Fernández; Mar Zuazo Ruiz; Félix Domínguez Escarriaza FIDAMC		130	Desarrollo de aditivos ignífugos de base biológica y estudio de su incorporación en matrices epoxi para el sector de construcción y movilidad Jose Vicente Izquierdo Núñez; Begoña Galindo Gallana; Antonio González Jiménez AIMPLAS	
09:45-10:00	59	Análisis experimental y numérico de la respuesta de un material compuesto de fibra de carbono ante una explosión Ramón del Cuvillo; Miguel Costas; Vegard Aune; Tore Barvik; José Alfonso Artero-Guerrero; Jesús Pernas-Sánchez; Jorge López-Puente Universidad Carlos III de Madrid	7	Tecnología de preformado aditivo aplicada a composites reforzados de carbono E. Hernández-Murillo Tecnalia		140	Impresión 3D mediante Direct Ink Write de materiales compuestos multifuncionales reforzados con fibra de carbono reciclada mecánicamente Alejandro Cortés Fernández; David Martínez-Díaz; Alberto Jiménez-Suárez; Silvia González Prolongo Universidad Rey Juan Carlos	
10:00-10:15	60	Valores admisibles del término de interacción de la Teoría de Fallo de Tsai-Wu para tensiones planas y ajuste de la envolvente de fallo a valores de ensayos Oswaldo Alejandro Pellejer Padial; Alberto Fernández Alonso; Liang Cui Ingeniacity / Surrey University	86	Fabricación de plataforma dron mediante impresión 3D con sensorica y cableado embebido E. Soria; R. Herrero; E. Tellechea; G. Argandoña; M. Lasheras; L. Jofré NAITEC (Centro tecnológico en automoción y mecatrónica)		143	Reciclado termoquímico de materiales compuestos de matriz epoxi con enlaces Diels-Alder Isaac Lorero Gómez; Mónica Campo Gómez; Alberto Jiménez Suárez; Silvia González Prolongo Universidad Rey Juan Carlos	

10:15-11:00

Pausa para café 3 (Sala Asturias)

Moderadora: Victoria Mollón (UNIOVI)			Moderador: Jacinto Tortosa Lozano (FIDAMC)			Moderadora: Marianella Hernández Santana (ICTP)		
11:00-11:15	63	Estudio morfológico de materiales compuestos refractarios de base magnesia (MgO) con adiciones de Hercinita (Fe2Al2O4) Cristian Gómez Rodríguez; Beatriz Adriana Escobedo Trujillo, Luis Felipe Verdeja González; Daniel Fernández González; Adolfo Fernández Valdes; Linda Viviana García Quiñonez; Guadalupe Alan Castillo Rodríguez Universidad Veracruzana	87	Design and manufacturing of thermoplastic curved fuselage panel for large passenger aircraft Isabel Martín Hernando; Katia Fernández Horcajo; José Cuenca Rincón; Susana Anaya Indurain; Kirsia Muñoz Sánchez FIDAMC		149	Propiedades de concreto reforzado con fibras de tetrapak para su uso en piezas de mampostería Diana Carolina Gámez-García; Héctor Saldaña-Márquez; Adrián Alcaraz-Codina; Ingrid Lucio-Pérez; Edwin Castañeda-Solis; Daniel Benavides-Martínez Universidad de Monterrey	
11:15-11:30	67	Ignifugación de preimpregnados con capas superficiales con grafito expandible Alexandra Allue Salvador; José Luis Gómez Alonso; Santiago Neira Hernández; Jesus Ballesterio Maestu; Rafael Blas García-Etxabe; Koldo Gondra Zubieta GAIKER Centro Tecnológico	91	Un gemelo digital para supervisar el proceso de inyección por transferencia de resina (RTM) Joaquín Fernández-León; Keayvan Keramati; Luis Baumela; Carlos González UPM/IMDEA		152	Síntesis de óxidos metálicos sobre fibras de carbono a partir de MOF para su empleo como electrodos de supercondensadores estructurales M. Sánchez; A. González-Banciella; M.V. Vázquez; D. Martínez-Díaz; A. Ureña Universidad Rey Juan Carlos	
11:30-11:45	68	Mejora de la resistividad eléctrica de morteros de cemento mediante nanotecnología Carmen Manteca Martínez; Benjamín Santos Varela; L. Pérez Gandarillas; Ángel Yedra Martínez Fundación Centro Tecnológico de Componentes (CTC)	96	INFINITE: Compuestos aeroespaciales sensorizados digitalmente desde su fabricación hasta el final de su vida útil Arkaitz Uriarte Zearra; Francisco Javier Vallejo Raserio; Pelo Olaskoaga Arrate; Rafael Blas García-Etxabe Monasterio; Diego Pineda Matabuena; Marta Botana-Galván IDEKO S.COOP.		159	Reutilización de fibras de vidrio recicladas en composites cerámicos tradicionales Jazmin Melissa Mayta; Berta Pérez; María Alejandra Mazo; Fausto Rubio; Aitana Tamayo; Juan Rubio Instituto de Cerámica y Vidrio. CSIC	
11:45-12:00	89	Tecnologías de fabricación avanzada en material compuesto termoplástico dirigidas al sector aeronáutico Mariasun Mendizabal; Sonia García-Arrieta; Eduard Bellvert; Maikel Mugika; Borja Rodríguez TECNALIA	103	Escalado y automatización de un recubrimiento antihielo para estructuras aeronáuticas María Rodríguez Gude; Ricardo Maeso Arribas; Javier Ávila García; Vanessa García Martínez FIDAMC		166	Reciclaje automatizado de sobrantes de composite preimpregnado unidireccional Oscar Gonzalo; Jose María Seara; Gotzone Aizpuru; Kepa Garmendia; Jose Antonio González; Javier del Pozo Fundación TEKNIKER	

Caracterización	Materiales y estructuras	Reparación y técnicas de unión
Fabricación y aplicaciones industriales	Daño, fatiga y fractura	Modelos numéricos
Sostenibilidad y reciclaje		

12:00-13:45	Visita
13:45-15:30	Almuerzo (Hotel NH)

PRESENTACIONES ORALES

MIÉRCOLES, 14 de Junio de 2023

15:30-16:30	Plenaria 2 (Sala Ziur); Maximilian Pelzmann; Artista Visual; "The fabrication and results using composite materials for indoor and outdoor Public Art"
16:30-17:15	Mesa Redonda (Sala Ziur)
17:15-18:00	Pausa para café 4 (Sala Asturias)

Sala Ziur		Sala Anfiteatro		Sala de Columnas	
Moderadora: María Sánchez Martínez (URJC)		Moderador: Javier Vallejo (IDEKO)		Moderadora: Ainhoa Arrese Arrese (UPV-EHU)	
18:00-18:15	92 Monitorización y control de laminados termoestables y termoplásticos a partir de la integración de sensores impresos Ana Pérez Márquez; Jon Maudes; Leire Bilbao; Celina Vaquero; Oihane Echeverria; Amaia De la Calle; Isabel Harismendy TECNALIA			38	Modelos de caracterización de impactos a baja energía y detección de daño en estructuras monocasco de pequeño espesor mediante Inteligencia Artificial Daniel del Río Velilla, Andrés Pedraza Rodríguez, Antonio Fernández López, Alfredo Güemes Gordo Universidad Politécnica de Madrid
18:15-18:30	109 Monitorización Estructural de Laminados CFRP con Filamentos de Nanotubos de Carbono Moisés Zarzoso; Anastasiia Mikhaltchik; Pablo Romero; Ricardo Losada; Juan José Vilatela; Carlos González Instituto IMDEA Materiales/Universidad Politécnica de Madrid	137	Smart manufacturing approach for developing shipyard 4.0 strategy Andrés Rodríguez Antuñano; Pablo Emilio Sánchez del Corral TSISL	61	Thermoplastic weld fatigue behavior analysis using structural health monitoring sensors data Mattia Mazzeschi; Karina Carla Nuñez Carrero; Maria Teresa Fernandez Peña; Esteban Cañibano Alvarez; Juan Carlos Merino Senovilla Fundación CIDAUT
18:15-18:30	111 Performance of eco-composite sandwich panels manufactured by vacuum bagging infusion Maria Helena Carvalho Teixeira; Susana Patricia Bastos de Sousa; Luis Manuel Machado Amorim; Andreia Isabel da Silva Araújo; Raquel Miriam Barbosa dos Santos INEGI - Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering			83	Estudio de la influencia en el comportamiento de deslaminación según el tipo de degradación ambiental en uniones adhesivas en composites epoxi reforzados con fibra de carbono Paula Vigón Blanco; Antonio Argüelles Amado; Victoria Mollón Sánchez; Jorge Bonhomme González; Miguel Lozano García; Jaime Viña Olay Universidad de Oviedo
18:30-18:45	120 Automatización del proceso de deposición de fibra seca para la fabricación de piezas estructurales del sector automoción Luis Carral Irijoa; Laura Mera Álvarez; Paula Rodríguez Alonso; Aitana Gutierrez Lorente; Francisco Ansedes Busto; María Ivetta Coto Moretti Centro Tecnológico AIMEN			84	Estudio del comportamiento de deslaminación en uniones adhesivas con adhesivo base epoxi en modo II Paula Vigón Blanco; Antonio Argüelles Amado; Isabel Viña Olay; Miguel Lozano García; Jaime Viña Olay Universidad de Oviedo
Caracterización		Materiales y estructuras		Reparación y técnicas de unión	
Fabricación y aplicaciones industriales		Daño, fatiga y fractura		Modelos numéricos	
Sostenibilidad y reciclaje					

18:45	Asamblea general AEMAC (Sala Ziur)
21:00	Cena del Congreso (Real Club Astur de Regatas)

PRESENTACIONES ORALES

Jueves, 15 de Junio de 2023

09:30-10:30 **Plenaria 3 (Sala Ziur) Professor José María Kenny, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, University of Perugia (Italia) "Polymer matrix bionanocomposites based on biopolymers and biofillers"**

Sala Ziur		Sala Anfiteatro		Sala de Columnas	
Moderador: Antonio Torres Marques (INEGI)		Moderador: Norbert Blanco Villaverde (UdG)		Moderadora: Inés Iváñez (UC3M)	
10:30-10:45		39	Análisis numérico del efecto de la velocidad de deformación en laminados CFRP tipo tejido con agujero José Manuel Rodríguez Sereno; Jesús Pernas Sánchez; José Alfonso Artero Guerrero; Jorge López Puente Universidad Carlos III de Madrid	126	Comportamiento de grietas de interfase ante estado de tensiones biaxiales debido al efecto borde en laminados de carbono/epoxi Serafín Sánchez-Carmona; Carlos Sandino; Elena Correa; Alberto Barroso; Federico París Universidad de Sevilla
10:45-11:00	125	55	Composite Buckling. Best practices in Airbus Commercial Alberto Montes Salmerón; José Antonio Rodríguez Sánchez Airbus	147	Análisis experimental del uso de láminas ultradelgadas en laminados cuasi-isótropos con impacto previo ante carga cíclica de tracción Carlos Sandino; Serafín Sánchez-Carmona; Elena Correa; Federico París Universidad de Sevilla
11:00-11:15	127	62	Analysis of composite beams using reduced-order modeling Rubio Serrano; Alex Ferrer Ferre; Joaquín Alberto Hernández Ortega; Xavier Martínez García Centre Internacional de Métodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE)	150	Análisis del daño en laminados cruzados simétricos a tracción en función del espesor de las láminas María Luisa Velasco López; Antonio Blázquez Gámez; Paula Caballos Galindo; Federico París Carballo Universidad de Sevilla
11:15-11:30	134	99	Nuevas oportunidades de diseño y fabricación de laminados double-double con dos materiales/ New oportunities for the design and manufacture of double-double laminates with two materials Mª Asun Cantera López de Silanes; Joseba Ansotegui Araico; Ana Boyano Murillo; Faustino Mujika Garitano Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU		
11:45-12:00	141	136	Thermal induced stress analysis in type V CFRP pressure vessels for cryogenic applications Paulo Teixeira Goncalves; Albertino Arteiro; Nuno Rocha; Bernardo Rocha; Rodrigo Pinto Carvalho INEGI		

12:00-12:30 **Pausa para café 5 (Sala Asturias)**

Moderador: Juan Salamero (Ziur Composites)		Moderador: Xavier Martínez García (CIMNE)		Moderador: Alberto Barroso (US)	
12:30-12:45		138	Implementation of a void formation and transport computational framework with applicability to liquid composite moulding João Machado; Pavel Simacek; Suresh Advani; Pedro Camanho; Nuno Correia INEGI	151	Estudio de la influencia de la secuencia de apilado en la rotura de laminados cross-ply fabricados con láminas ultradelgadas María Luisa Velasco López, Elena Correa Montoto, Serafín Sánchez Carmona; Federico París Carballo Universidad de Sevilla
12:45-13:00	155	164	Estudio de la influencia del espesor de lámina y secuencia de laminado en las tensiones por efecto borde J.Martín; J.M.González-Cantero; S.Rebollo; A. Torres; D.Meizoso; J.M.Blanco; J.A.Rodríguez Airbus	153	Caracterización de la tenacidad interlaminar en modo I en interfases mutidireccionales en un compuesto fabricado por impresión 3D Jonnathan Dario Santos; Norbert Blanco; José Manuel Guerrero Universitat de Girona
13:00-13:15	157	165	Buckling of circular cylindrical shells under in-plane and/or pressure loads Enrique Herencia Airbus	160	Caracterización de la fractura interlaminar por fatiga en modo II Ainhoa Arrese Arratibel; Faustino Mujika Garitano; Jordi Renart Canalias UPV/EHU
13:15-13:30	163		Enduredge: la gran innovación en materiales preimpregnados Philip Lunn ; Fernando Castro AIRTECH EUROPE		

13:30 **Clausura (Sala Ziur)**

14:00 **Almuerzo (Hotel NH)**

Caracterización	Materiales y estructuras	Reparación y técnicas de unión
Fabricación y aplicaciones industriales	Daño, fatiga y fractura	Modelos numéricos
Sostenibilidad y reciclaje		

SESIÓN DE PÓSTERS

Martes, 13 de Junio de 2023, de 17:15 a 18:00. Sala Asturias

6	Propiedades estructurales, ópticas y eléctricas de láminas semiconductoras TiO ₂ : Mn para células solares M ^a Begoña Asenjo Zamorano; José Javier Gandía Alabau CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas)	8	3DMIM: Inductorres fabricados por impresión 3D de PLA/PEG/Cu Celia Martín Pérez; Daniel Rodríguez Del Rosario; Dr. Ricardo Losada Mateo; Dr. Elena Rodríguez Senín, Eduardo Tabares Lorenzo; Dr. Antonia Jiménez Morales AIMEN	30	Análisis del fenómeno de impacto múltiple de alta velocidad en placas de laminado de material compuesto Marco A. Paredes-Gordillo; Inés Iváñez; Shirley K. García-Castillo; Carlos Navarro Universidad Carlos III de Madrid
106	Sustainable synthesis of iron oxide nanoparticles embedded into carbon foams Cristóbal Cuesta Collada; Roberto García Fernández; Elena Rodríguez Vázquez; María Antonia López Antón; María Rosa Martínez Tarazona Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC	98	Extrusion compounding asistida por ultrasonidos para mejorar la dispersión de nanorefuerzos Gaston Francucci; Elena Rodríguez Sierra; María Eugenia Rodríguez Sierra Eurecat Centro Tecnológico de Cataluña	110	Influencia de la no linealidad geométrica en la descomposición del modo mixto en probetas asimétricas Jorge Bonhomme; Victoria Mollón; Antonio Argüelles; Jaime Viña Universidad de Oviedo
29	Chemical treatment of recycled carbon fibres for revalorization in new composites María Asensio Valentín; Iván Doménech Martínez; Julia Guerrero Fernández; Mercedes Santiago-Calvo; Esteban Cañibano Alvarez; Jose Javier Pascual Bernabeu Fundación Cidaut	78	Polyamide biocomposites for fused filament fabrication Karina Carla Núñez Carrero; Manuel Herrero Villar; Luis Eduardo Alonso Pastor; Félix Lizalde-Arroyo; Miguel Ángel Rodríguez-Pérez; Juan Carlos Merino Senovilla; José María Pastor Barajas Universidad de Valladolid	57	Design of new sustainable polymer composites for packaging sector Mercedes Santiago-Calvo; María Asensio; Julia Guerrero; Carlos Alonso; María Teresa Fernández; Esteban Cañibano FUNDACIÓN CIDAUT
108	Nuevos materiales para fabricación aditiva basados en composite reciclado Andrea Torre Poza; Alberto Pedreira Estévez; Adrián Rodríguez Vázquez; Celia Martín Pérez; Ricardo Losada Mateo AIMEN Centro Tecnológico	116	Estudio del reciclado y reconformado de materiales compuestos y su posterior uso en la fabricación de materiales compuestos sostenibles Mónica Campo Gómez; Isaac Lorero Gómez; Alberto Jiménez Suárez; Silvia González Prolongo UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS	88	Thermoset polyurethanes derived from recycled and biobased sources Eider Mendiburu-Valor; Izaskun Larraza; Oihane Echeverría-Altuna; Isabel Harismendy; Cristina Peña-Rodríguez; Arantxa Eceiza UNIVERSIDAD PAÍS VASCO/EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA
76	Caracterización y evaluación cualitativa y cuantitativa de recubrimientos depositados por proyección térmica por plasma sobre sustratos poliméricos de altas prestaciones Guillermo Jorde Cerezo; Adrián Fernández Roiz; Jorge Velasco Manrique; Manuel Ignacio González Hernández Fundación Centro Tecnológico de Miranda de Ebro	94	Efecto del porcentaje y temperatura de procesamiento del grafeno en el dopado de fibras de carbono A. Vigil; Z. González; V.G. Rocha, C. Blanco; R. Santamaría; R. Menéndez; M. Granda; P. Álvarez INCAR-CSIC	167	Eco-design of lightweight structural parts for electric vehicles - alma project Raquel Ledo Bañobre, Vanesa Ventosinos Louzao, Alberto Tielas Macía, Rubén Vázquez Fernández CTAG - Automotive Technology Centre of Galicia
145	3D printing of graphite electrodes using whey as sustainable binder Pablo Rodríguez Lagar; Ricardo Santamaría; Clara Blanco; Jose Ángel Menéndez; Miguel Angel Lopez Morán; Victoria García Rocha INCAR-CSIC				

Caracterización
Fabricación y aplicaciones industriales
Sostenibilidad y reciclaje

Materiales y estructuras
Daño, fatiga y fractura

Reparación y técnicas de unión
Modelos numéricos



MATCOMP

XV CONGRESO NACIONAL
DE **MATERIALES COMPUESTOS**
13-15 JUNIO 2023
GIJÓN. ASTURIAS

RESÚMENES

ÍNDICE

CARACTERIZACIÓN:

PROPIEDADES ESTRUCTURALES, ÓPTICAS Y ELÉCTRICAS DE LÁMINAS SEMICONDUCTORAS TiO ₂ : MN PARA CÉLULAS SOLARES.....	11
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA DE IMPACTO DE POLIAMIDAS PREHOMOLOGADAS FRENTE FUEGO PARA IMPRESIÓN 3D	12
ANÁLISIS DEL ESTADO TENSIÓN-DEFORMACIÓN DE CORTADURA PURA OBTENIDO MEDIANTE EL ENSAYO BIAxIAL TRACCIÓN-COMPRESIÓN	13
INTERFACE DAMAGE CHARACTERIZATION OF CARBON-EPOXY COMPOSITE MATERIALS	14
CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL COMPUESTO A TEMPERATURAS CRIOGÉNICAS DE 20K Y LA INFLUENCIA DEL HIDRÓGENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS	16
ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA FRACTURA INTRALAMINAR A ALTAS VELOCIDADES DE DEFORMACIÓN	17
METODOLOGÍA RECOMENDADA EN LA ESPECIFICACIÓN UNE 0074:2023 PARA DETERMINAR PROPIEDADES DE CORTADURA MEDIANTE EL ENSAYO BIAxIAL TRACCIÓN-COMPRESIÓN CON PROBETA CRUCIFORME	18
EFFECT OF GRAPHENE RELATED MATERIALS ADDITION ON THE CRYOGENIC BEHAVIOR OF CFRP	20
SUSTAINABLE SYNTHESIS OF IRON OXIDE NANOPARTICLES EMBEDDED INTO CARBON FOAMS	21
APROXIMACIÓN ANALÍTICA PARA EL CÁLCULO A FLEXIÓN EN DOS PLANOS APLICADO A PLACAS DE COMPOSITE UNIDIRECCIONAL	22
NUEVOS MODELOS ANALÍTICOS PARA LOS ENSAYOS DE VIGA EN DOBLE VOLADIZO Y DE FLEXIÓN CON ENTALLA FINAL NO SIMÉTRICOS	23
USO DE VIDEOCORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES EN LA CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES MODOS DE FRACTURA EN EL ENSAYO LONGITUDINAL HALF FIXED BEAM (LHFB) .	24
CONTINUOS FERROMAGNETIC MICROWIRES FOR SELF-SENSING STRUCTURAL CARBON FIBER COMPOSITES	25
CHARACTERIZATION OF INDUCTION-WELDED	27
COMPOSITE MATERIAL THERMAL CHARACTERIZATION FOR A DIGITAL TWIN-BASED MODEL OF AN AUTOMATED TAPE LAYING PROCESS	28

PROGRAMA DE INTERCOMPARACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA Y CÍCLICA DE LOS MODOS I Y II EN UNIONES ADHESIVAS CON MATERIALES COMPUESTOS	29
ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA IMPORTANCIA DE LA ROTURA DE FIBRAS EN LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA SOMETIDOS A COMPRESIÓN DESPUÉS DE IMPACTO	30
SENSORES PIEZORESISTIVOS Y PIEZOELÉCTRICOS BASADOS EN NANOCOMPUESTOS DE PVDF REFORZADOS	31
CARACTERIZACIÓN DE UNIONES DE MATERIAL COMPUESTO SOLDADAS POR RESISTENCIA ELÉCTRICA. EFECTO DE PARÁMETROS DE PROCESADO.....	32

FABRICACIÓN Y APLICACIONES INDUSTRIALES:

TECNOLOGÍA DE PREFORMADO ADITIVO APLICADA A COMPOSITES REFORZADOS DE CARBONO	34
3DMIM: INDUCTORES FABRICADOS POR IMPRESIÓN 3D DE PLA/PEG/CU	35
RCF LM PAEK PRESS-MOULding PROCESS OPTIMIZATION THROUGH THE INTRODUCTION OF A WAAM MOULD CORE	36
EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN LA INTERFASE DURANTE EL PROCESO DE SOBRE INYECCIÓN DE PEEK CON FIBRA DE CARBONO	37
FABRICACIÓN DE UN DEMOSTRADOR DE TIMÓN DE DIRECCIÓN CON MATERIAL COMPUESTO TERMOPLÁSTICO LMPAEK	38
FABRICACIÓN DE REVESTIMIENTOS SUPERIOR DE ALA EN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA MEDIANTE CONSOLIDACIÓN <i>IN-SITU (ISC)</i>	39
LOW COST COMPOSITE METHODS FOR AUTOMOTIVE RACING APPLICATIONS.....	40
INTEGRATED NANO-ENABLED HEATERS FOR AUTOMOTIVE COMPOSITE PANELS TO ENABLE EXTERNAL AIRBAG ACTIVATION	41
DISEÑO DE MOLDES DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA FABRICACIÓN ADITIVA BASADA EN EXTRUSIÓN	42
DESARROLLO DE UNA TECNOLOGÍA BASADA EN DOFS PARA LA MONITORIZACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN E INTEGRACIÓN CON MATERIAL COMPUESTO	43
COMPOSITE GRAFITO-SILICIO EN APLICACIONES DE GESTIÓN DE ENERGÍA.....	44
COMPOSITES DE GRAFITO CON CARBURO DE CROMO CON POTENCIAL APLICACIÓN EN DISIPACIÓN DE CALOR	45
FABRICACIÓN DE UNA SECCIÓN DE COCHE DE TREN UTILIZANDO PROCESOS DE LAMINACIÓN EN AUTOMÁTICO	46

MEJORA DEL COMPORTAMIENTO A IMPACTO DE PLACAS FORJADAS DE COMPOSITE REFORZADAS CON CINTAS DE FIBRA CONTINUA	47
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE NUCLEOS MEDIANTE IMPRESIÓN 3D PARA LA INTEGRACION DE CELULAS FOTOVOLTAICAS EN PANELES SANDWICH	48
REDISEÑO DE PIEZA DE AUTOMOCION EN SMC MEDIANTE OPTIMIZACION TOPOLOGICA	49
CUSTOMISED AND INTEGRATED SOLE FOR CYCLING MANUFACTURED BY 3D PRINTING OF CONTINUOUS CARBON FIBRE REINFORCED POLYAMIDE	50
DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO POR ULTRAVIOLETA DE UN PROCESO DE FABRICACION DE PIEZAS	51
MODIFICACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE PIEZAS IMPRESAS MEDIANTE SU HIBRIDACIÓN CON RESINA TERMOESTABLE	52
IMPACT PROPERTIES OF LAYER BY LAYER IN SITU UV CURED COMPOSITES	53
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PIEZAS OBTENIDAS MEDIANTE IMPRESORAS 3D: FDM Y LFAM	54
IMPLEMENTATION GUIDELINES FOR THE APPLICATION OF INNOVATIVE COMPOSITE MANUFACTURING PROCESSES IN THE SHIPBUILDING INDUSTRY	55
ESTRUCTURA LIGERA DE COCHE (TALGO) DE ALTA VELOCIDAD. MATERIAL COMPUESTO EN MATERIAL RODANTE FERROVIARIO.....	56
APLICACIÓN DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO EN CONSOLIDACIÓN IN SITU DE MATERIALES COMPUESTOS CON MATRIZ DE TERMOPLÁSTICO	57
AUTOMATED FIBER PLACEMENT OF THERMOPLASTIC MATERIALS: TOWARD A NEW WAY OF CONTROLLING TEMPERATURE HOMOGENEITY	58
FABRICACION DE PATAFORMA DRON MEDIANTE IMPRESIÓN 3D CON SENSORICA Y CABLEADO EMBEBIDO	59
DESIGN AND MANUFACTURING OF THERMOPLASTIC CURVED FUSELAGE PANEL FOR LARGE PASSENGER AIRCRAFT.....	60
UN GEMELO DIGITAL PARA SUPERVISAR EL PROCESO DE INYECCIÓN POR TRANSFERENCIA DE RESINA (RTM)	61
INFINITE: COMPUESTOS AEROSPACIALES SENSORIZADOS DIGITALMENTE DESDE SU FABRICACIÓN HASTA EL FINAL DE SU VIDA ÚTIL	62
EXTRUSIÓN COMPOUNDING ASISTIDA POR ULTRASONIDOS - VALIDACIÓN EXPERIMENTAL ...	63
ESCALADO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTIHIELO PARA ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS	64
SMART MANUFACTURING APPROACH FOR DEVELOPING SHIPYARD 4.0 STRATEGY.....	65

MATERIALES Y ESTRUCTURAS:

PREIMPREGNADOS “NO PERECEDEROS” GRACIAS AL USO DE RESINAS EPOXI DE CARÁCTER DINAMICO	67
EFFECT OF CHEMICAL ENVIRONMENT ON AGING AND MECHANICAL PERFORMANCE OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS FOR BEARING CAGES IN RAIL APPLICATIONS.....	68
BUCKLING OF COMPOSITE MATERIAL PANELS WITH HOLES.....	69
ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO	70
VALORES ADMISIBLES DEL TÉRMINO DE INTERACCIÓN DE LA TEORÍA DE FALLO DE TSAI-WU PARA TENSIONES PLANAS Y AJUSTE DE LA ENVOLVENTE DE FALLO A VALORES DE ENSAYO	71
ESTUDIO MORFOLÓGICO DE MATERIALES COMPUESTOS REFRACTARIOS DE BASE MAGNESIA (MGO) CON ADICIONES DE HERCINITA ($\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$).....	72
IGNIFUGACIÓN DE PREIMPREGNADOS CON CAPAS SUPERFICIALES CON GRAFITO EXPANDIBLE	73
MEJORA DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE MORTEROS DE CEMENTO MEDIANTE NANOTECNOLOGÍA.....	74
CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE RECUBRIMIENTOS DEPOSITADOS POR PROYECCIÓN TÉRMICA POR PLASMA SOBRE SUSTRATOS POLIMÉRICOS DE ALTAS PRESTACIONES	75
TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN AVANZADA EN MATERIAL COMPUESTO TERMOPLÁSTICO DIRIGIDAS AL SECTOR AERONÁUTICO	76
MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE LAMINADOS TERMOESTABLES Y TERMOPLÁSTICOS A PARTIR DE LA INTEGRACIÓN DE SENSORES IMPRESOS.....	77
EFFECTO DEL PORCENTAJE Y TEMPERATURA DE PROCESADO DEL GRAFENO EN EL DOPADO DE FIBRAS DE CARBONO	78
MONITORIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LAMINADOS CFRP CON FILAMENTOS DE NANOTUBOS DE CARBONO	79
PERFORMANCE OF ECO-COMPOSITE SANDWICH PANELS MANUFACTURED BY VACUUM BAGGING INFUSION	80
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DEPOSICIÓN DE FIBRA SECA PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS ESTRUCTURALES DEL SECTOR AUTOMOCIÓN	81
ANALYSIS OF FIBER-REINFORCED THERMOPLASTIC COMPOSITE/METAL SHEETS FOR THE AUTOMOTIVE SECTOR	82
PANELES ALTAMENTE INTEGRADOS PARA ESTRUCTURAS DE FUSELAJE	83
SENSORES PIEZORESISTIVOS BASADOS EN POLIMEROS DE ALTA FLEXIBILIDAD DOPADOS CON NANOESTRUCTURAS DE CARBONO PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS	84

MOVING TOWARDS A STRUCTURAL BATTERY: DEVELOPMENT OF A NOVEL LFP-BASED CATHODE WITH ENHANCED PROPERTIES.....	85
3D PRINTING OF GRAPHITE ELECTRODES USING WHEY AS SUSTAINABLE BINDER	86
DESARROLLO DE SENSORES DE TEMPERATURA BASADOS EN POLÍMEROS FLEXIBLES REFORZADOS CON NANOPARTÍCULAS DE CARBONO	87
NANOCOMPOSITES DE OXICARBURO DE SILICIO REFORZADO CON NITRURO DE SILICIO DE ELEVADAS PRESTACIONES TERMICAS Y MECÁNICAS.....	88
ENDUREDGE: LA GRAN INNOVACIÓN EN MATERIALES PRE-IMPREGNADOS	89

SOSTENIBILIDAD Y RECICLAJE:

RE-USAGE OF UNCURED CARBON FIBER SCRAP MATERIAL	91
NUEVAS FORMULACIONES DE BIO-PUR MÁS SOSTENIBLES PARA LA ENERGÍA RENOVABLE OFFSHORE	92
NEW LIFE FOR AERONAUTICAL DRY CARBON FIBER	93
DESARROLLO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS HIBRIDAS DE MATERIAL TERMOPLASTICO RECICLADO CON INSERTOS UNIDIRECCIONALES	94
VALIDACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA A ESCALA DE LABORATORIO PARA EL RECICLADO INTEGRAL DE PALAS DE AEROGENERADORES.	95
CHEMICAL TREATMENT OF RECYCLED CARBON FIBRES FOR REVALORIZATION IN NEW COMPOSITES	96
LIGHTWEIGHT POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR AUTOMOTIVE ENGINEERING. OPTIMIZATION OF MANUFACTURING AND END OF LIFE USING LIFE CYCLE ASSESMENT.....	97
CARACTERIZACIÓN Y PROPIEDADES DE BIO-AEROGEL COMPUESTOS DE GELATINA.	98
NUEVAS FUNCIONALIDADES Y OPORTUNIDADES DE RECICLADO DE COMPOSITES BASADOS EN EPOXI DINÁMICO	99
SOLVÓLISIS EN CONDICIONES MODERADAS DE COMPOSITES REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO	100
REVALORIZACIÓN DE FIBRAS DE REFUERZO RECICLADAS MEDIANTE TECNOLOGÍAS TEXTILES PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVOS COMPOSITES TERMOPLÁSTICOS	101
DESIGN OF NEW SUSTAINABLE POLYMER COMPOSITES FOR PACKAGING SECTOR	102
NUEVO CONCEPTO DE ECO-COMPOSITE HÍBRIDO DE FIBRA NATURAL Y LÁMINAS DE MADERA (FWL). FABRICACIÓN, CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y ENVEJECIMIENTO EN AGUA DE MAR.	103
ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS NUEVOS PROTOTIPOS LIGEROS TALGO	104

BIO-BASED RECYCLABLE CROSSLINKED POLYURETHANES BASED ON A THERMALLY REVERSIBLE DIELS-ALDER ADDUCT	105
POLYAMIDE BIOCOMPOSITES FOR FUSED FILAMENT FABRICATION.	106
COMPORTAMIENTO A IMPACTO DE COMPOSITES DE MATRIZ TERMOPLASTICA REFORZADA CON FIBRAS DE BASALTO Y FABRICADOS MEDIANTE RTM	107
THERMOSET POLYURETHANES DERIVED FROM RECYCLED AND BIOBASED SOURCES	108
SÍNTESIS DE SISTEMAS HÍBRIDOS ACRÍLICO-POLIURETANO BIOBASADOS CON APLICACIONES ADHESIVAS	109
MATERIALES A PARTIR DE REVALORIZACION DE PAJA DE ARROZ MEDIANTE EXTRACCION DE CELULOSA Y LIGNINA	110
ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE COMPOSITES: RECICLADO QUÍMICO	111
MATERIALES COMPUESTOS ELASTOMÉRICOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES Y CON CAPACIDAD AUTORREPARADORA	112
ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA LA SÍNTESIS DE POLIURETANOS: NUEVAS RUTAS SIN ISOCIANATOS Y CATALIZADORES NO TÓXICOS	113
RECICLADO DE UNA PALA Y SU REUTILIZACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE UNA SEGUNDA GENERACIÓN	114
NUEVOS MATERIALES PARA FABRICACIÓN ADITIVA BASADOS EN COMPOSITE RECICLADO...	115
ESTUDIO DEL RECICLADO Y RECONFORMADO DE MATERIALES COMPUESTOS Y SU POSTERIOR USO EN LA FABRICACION DE MATERIALES COMPUESTOS SOSTENIBLES.....	116
NUEVAS TECNOLOGÍAS EN RECICLADO QUÍMICO DE COMPOSITES: MICROONDAS, CATÁLISIS Y ENSIMAJES.....	117
RECICLAJE MECÁNICO DE MATERIALES COMPUESTOS PARA FABRICACIÓN DE PERFILERÍA POR PULTRUSIÓN	118
“DESARROLLO DE ADITIVOS IGNÍFUGOS DE BASE BIOLÓGICA Y ESTUDIO DE SU INCORPORACIÓN EN MATRICES EPOXI PARA EL SECTOR DE CONSTRUCCIÓN Y MOVILIDAD”	119
IMPRESIÓN 3D MEDIANTE DIRECT INK WRITE DE MATERIALES COMPUESTOS MULTIFUNCIONALES REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO RECICLADA MECÁNICAMENTE	120
RECICLADO TERMOQUÍMICO DE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ EPOXI CON ENLACES DIELS-ALDER.....	121
PROPIEDADES DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE TETRAKAP PARA SU USO EN PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.....	122
SÍNTESIS DE ÓXIDOS METÁLICOS SOBRE FIBRAS DE CARBONO A PARTIR DE MOF PARA SU EMPLEO COMO ELECTRODOS DE SUPERCONDENSADORES ESTRUCTURALES.....	123
REUTILIZACIÓN DE FIBRAS DE VIDRIO RECICLADAS EN COMPOSITES CERÁMICAS TRADICIONALES	124

RECICLAJE AUTOMATIZADO DE SOBRANTES DE COMPOSITE PREIMPREGNADO UNIDIRECCIONAL	125
ECO-DESIGN OF LIGHTWEIGHT STRUCTURAL PARTS FOR ELECTRIC VEHICLES – ALMA PROJECT	126

MODELOS NUMÉRICOS:

ANÁLISIS NUMÉRICO DEL EFECTO DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN EN LAMINADOS CFRP TIPO TEJIDO CON AGUJERO	128
COMPOSITE BUCKLING. BEST PRACTICES IN AIRBUS COMMERCIAL.....	129
ANALYSIS OF COMPOSITE BEAMS USING REDUCED-ORDER MODELING	130
NUEVAS OPORTUNIDADES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LAMINADOS DOUBLE-DOUBLE CON DOS MATERIALES/ NEW OPPORTUNITIES FOR THE DESIGN AND MANUFACTURE OF DOUBLE-DOUBLE LAMINATES WITH TWO MATERIALS	131
THERMAL INDUCED STRESS ANALYSIS IN TYPE V CFRP PRESSURE VESSELS FOR CRYOGENIC APPLICATIONS.	133
IMPLEMENTATION OF A VOID FORMATION AND TRANSPORT COMPUTATIONAL FRAMEWORK WITH APPLICABILITY TO LIQUID COMPOSITE MOULDING	134
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LÁMINA Y SECUENCIA DE LAMINADO EN LAS TENSIONES POR EFECTO BORDE	135
BUCKLING OF CIRCULAR CYLINDRICAL SHELLS UNDER IN-PLANE AND/OR PRESSURE LOADS .	136

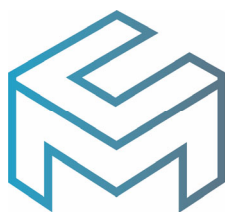
DAÑO, FATIGA Y FRACTURA:

ANÁLISIS DEL FENÓMENO DE IMPACTO MÚLTIPLE DE ALTA VELOCIDAD EN PLACAS DE LAMINADO DE MATERIAL COMPUESTO.....	138
MODELOS DE CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS A BAJA ENERGÍA Y DETECCIÓN DE DAÑO EN ESTRUCTURAS MONOCASCO DE PEQUEÑO ESPESOR MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL...	139
THERMOPLASTIC WELD FATIGUE BEHAVIOUR ANALYSIS USING STRUCTURAL HEALTH MONITORING SENSORS DATA	140
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE DESLAMINACIÓN SEGÚN EL TIPO DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN UNIONES ADHESIVAS EN COMPOSITES EPOXI REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO.....	141
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE DELAMINACIÓN EN UNIONES ADHESIVAS CON ADHESIVO BASE EPOXI EN MODO II	142

INFLUENCIA DE LA NOLINEALIDAD GEOMÉTRICA EN LA DESCOMPOSICIÓN DEL MODO MIXTO EN PROBETAS ASIMÉTRICAS	143
COMPORTAMIENTO DE GRIETAS DE INTERFASE ANTE ESTADO DE TENSIONES BIAJIALES DEBIDO AL EFECTO BORDE EN LAMINADOS DE CARBONO/EPOXI	144
ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL USO DE LÁMINAS ULTRADELGADAS EN LAMINADOS CUASI-ISÓTROPAS CON IMPACTO PREVIO ANTE CARGA CÍCLICA DE TRACCIÓN	145
ANÁLISIS DEL DAÑO EN LAMINADOS CRUZADOS SIMÉTRICOS A TRACCIÓN EN FUNCION DEL ESPESOR DE LAS LÁMINAS	146
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA SECUENCIA DE APILADO EN LA ROTURA DE LAMINADOS CROSS-PLY FABRICADOS CON LÁMINAS ULTRADELGADAS.....	147
CARACTERIZACIÓN DE LA TENACIDAD INTERLAMINAR EN MODO I EN INTERFASES MULTIDIRECCIONALES EN UN COMPUESTO FABRICADO POR IMPRESIÓN 3D.....	148
CARACTERIZACIÓN DE LA FRACTURA INTERLAMINAR POR FATIGA EN MODO II	149

REPARACIÓN Y TÉCNICAS DE UNIÓN:

SOLDADURA DE COMPOSITES TERMOPLÁSTICOS MEDIANTE CALENTAMIENTO RESISTIVO DIRECTO: DISEÑO DE UTILLAJES, PROCEDIMIENTO DE UNIÓN Y FABRICACIÓN DE DEMOSTRADOR	151
RESISTANCE WELDING OF THERMOPLASTIC COMPOSITE: FROM LABORATORY OPTIMIZATION TO SCALE-UP ON A FUSELAGE DEMONSTRATOR.....	152



PROPIEDADES ESTRUCTURALES, ÓPTICAS Y ELÉCTRICAS DE LÁMINAS SEMICONDUCTORAS TiO_2 : MN PARA CÉLULAS SOLARES

B. Asenjo^{1*}, J.J. Gandía¹

¹CIEMAT, Departamento de Energía, Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid, Spain

*mbegona.asenjo@direccioncorreo.es

RESUMEN

El TiO_2 es un óxido semiconductor con muchas aplicaciones debido a sus propiedades, en fotocatalisis, en células solares, para dispositivos biomédicos, sensores etc. Es un semiconductor de tipo n con una banda prohibida de energía (~ 3.2 eV), por lo que para aumentar el transporte de electrones y por tanto su eficiencia en células solares fotovoltaicas se suele dopar con iones de metales de transición y así no alterar su estabilidad química y mecánica.

El Mn es uno de los dopantes más prometedores de las láminas de TiO_2 .

En este trabajo se estudió el efecto de la incorporación del dopante Mn sobre las propiedades estructurales, ópticas y eléctricas de las láminas de TiO_2 crecidas por métodos químicos en diferentes condiciones y depositadas por la técnica spin coating sobre sustratos de vidrios.

Se variaron tanto los precursores de Titanio ($\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}$ y $\text{C}_{16}\text{H}_{36}\text{O}_4\text{Ti}$) como sus concentraciones, el tiempo de reacción y las condiciones del depósito.

Se ha podido observar mediante caracterización óptica que la transmitancia de las láminas disminuye con el espesor, cuando se parte del precursor butóxido ($\text{C}_{16}\text{H}_{36}\text{O}_4\text{Ti}$) y cuando se aumenta la concentración del dopante Mn. Del mismo modo también se observó que cuánto mayor era su concentración, el valor de la energía gap decrecía.

La resistividad eléctrica varía dependiendo de la fuente de titanio utilizada, siendo menor cuando se parte del butóxido y disminuye al aumentar el porcentaje del dopante para las mismas disoluciones de partida.

Las láminas obtenidas fueron sometidas a tratamientos térmicos a 400°C en aire, observándose el aumento de la cristalinidad.

PALABRAS CLAVE: Semiconductor, óxido de titanio, célula solar, lámina delgada, spin-coating

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA DE IMPACTO DE POLIAMIDAS PREHOMOLOGADAS FRENTE FUEGO PARA IMPRESIÓN 3D

U. Morales*¹, M. Iragi¹, U. Olaziregi¹, L. Aretxabaleta¹, J. Aurrekoetxea¹

¹Mondragon Unibertsitatea, C/Loramendi 4, 20500, Arrasate-Mondragon, Spain

*umorales@mondragon.edu

RESUMEN

Recientes avances en el desarrollo de nuevos conceptos de estructuras ferroviarias exigen diseños de estructuras ligeras para no sólo para reducir su consumo energético sino también para reducir la carga transmitida a la vía. Los polímeros reforzados con fibras (FRP) han ganado atención en la industria del ferrocarril debido a sus propiedades de ligereza, resistencia y rigidez específicas y resistencia a la corrosión. La mayoría de los estudios publicados sobre el diseño de estructuras aligeradas, tanto para caja como para rodal, se centran en polímeros termoeestables reforzados con fibras continuas (cFRP). Sin embargo, la seguridad frente a descarrilamiento y en caso de incendio nunca debe verse comprometida como resultado de este proceso de reducción de peso.

Por ello, las estructuras deben ser resistentes a impactos y los materiales empleados cumplir con la norma EN-45545 a fin de minimizar el riesgo para los pasajeros. En la bibliografía existen una gran variedad de sistemas de protección frente a fuego y humos para componentes y estructuras en composite. En el presente trabajo se ha analizado la influencia de la carga ignífuga en las propiedades a impacto de una poliamida 6 reforzada con fibra de carbono continua y fabricada mediante fabricación aditiva de extrusión pre-impregnada (FFF). En el estudio se ha llevado a cabo la caracterización a impacto de un panel sándwich con núcleo celular bio-inspirado. A partir de los resultados, se ha podido concluir que los materiales pre-homologados a fuego tienen una capacidad de absorción de energía (*SEA*) similar a la de la poliamida 6 empleada en el *compounding*.

PALABRAS CLAVE: Impacto, fuego, matriz termoplástica, fabricación aditiva, ferrocarril.

ANÁLISIS DEL ESTADO TENSION-DEFORMACIÓN DE CORTADURA PURA OBTENIDO MEDIANTE EL ENSAYO BIAXIAL TRACCIÓN-COMPRESIÓN

S. Horta Muñoz*, M.C. Serna Moreno

Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela de Ingeniería Industrial y Aeroespacial de
Toledo, Instituto de Investigación Aplicada a la Industria Aeronáutica, Av. Carlos III,
Campus Fábrica de Armas, Toledo, 45004, España

*Sergio.Horta@uclm.es

RESUMEN

Los ensayos de caracterización de propiedades de cortadura en materiales compuestos con fibra unidireccional presentan dificultades a la hora de obtener estados de tensión tangencial puros y uniformes hasta el momento de la rotura, por lo que los métodos estandarizados más aplicados limitan su rango de aplicación en pequeñas deformaciones. En el presente trabajo se propone el análisis detallado del ensayo de tracción-compresión aplicado sobre probetas cruciformes con laminados $\pm 45^\circ$ simétricos para la caracterización de las propiedades, apoyado en simulaciones mediante el método de los elementos finitos y ensayos experimentales [1]. Se hace un especial énfasis en la verificación del estado de cortadura alcanzado, comparando la respuesta lineal obtenida con ensayos uniaxiales que generen también estados de tensión-deformación tangencial sobre las direcciones principales del material. Además, el uso de Correlación Digital de Imagen durante el ensayo, en conjunto con simulaciones numéricas permite verificar la aparición o retraso de la respuesta no-lineal en las diferentes regiones de la probeta cruciforme, de forma que se pueda garantizar la validez de este ensayo.

REFERENCIAS:

[1] S. Horta Muñoz, M.C. Serna Moreno, Tension-compression biaxial test with $\pm 45^\circ$ symmetric angle-ply laminates for determining the pure shear response in principal material directions of a lamina (en revisión).

PALABRAS CLAVE: CFRP, ensayo biaxial, probeta cruciforme, FEM, comportamiento no-lineal.

INTERFACE DAMAGE CHARACTERIZATION OF CARBON-EPOXY COMPOSITE MATERIALS

D. Mocerino^{*1}, M. Bruno², M.A. Monclús¹, D. Garoz³, M. Rueda¹, J. M. Molina^{1,4}, M. Flores⁵ y C. González^{1,6}

¹ IMDEA Materials Institute, C/Eric Kandel 2, 28906 Getafe, Madrid, Spain

² Department of Chemical, Materials and Production Engineering, University of Naples Federico II, Piazzale Tecchio 80, 80125 Naples, Italy

³ Department of Energy Engineering and Nuclear Fusion Institute - GV, Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S de Ingenieros Industriales, 28006 Madrid, Spain

⁴ Mechanical Engineering Department, Universidad Politécnica de Madrid, 28006 Madrid, Spain

⁵ U.S. Air Force Research Laboratory, 2941 Hobson Way, Dayton, 45433, Ohio, USA

⁶ Department of Materials Science, Universidad Politécnica de Madrid, E. T. S. de Ingenieros de Caminos, 28040 Madrid, Spain

*davide.mocerino@imdea.org

RESUMEN

Composite materials, such as fiber-reinforced polymers, are widely used in different fields due to their high strength-to-weight ratio and other desirable properties. However, the complex failure mechanisms make it difficult to predict their behavior, and understanding the fiber-matrix interface properties is crucial in developing accurate predictive models.

To this end, this work suggests a novel experimental methodology for in situ tests to investigate the interface properties of unidirectional epoxy-carbon fiber composite materials. Using a Focus Ion Beam microscope, micro-cantilever specimens were realized and tested.

Finite Element Techniques with Abaqus to identify the interface attributes of composite materials supported the experiments. By utilizing various appropriately designed indenter geometries, the models and tests provided valuable information on the debonding behavior of the interface under modes I and II.

The experimental campaign successfully isolated the interface debonding process and identified the corresponding opening or sliding loads. Moreover, the numerical model made it easier to comprehend how the crack developed. The validity of computer models was established by comparing the experimental stress-strain curves, which exhibited flawless repeatability of the elastic component and good approximation of the damage evolution part.

This effort significantly advanced our knowledge of and ability to characterize composite material interfaces. The findings have important implications for the design of composite materials and structures, as a better understanding of the interface behavior can lead to improved performance and durability. Overall, this research represents an important contribution to the field of composite materials and paves the way for further investigations in this area.

PALABRAS CLAVE: Fibre-reinforced polymer composite, Micromechanics, FEM, Interface characterization

CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL COMPUESTO A TEMPERATURAS CRIOGÉNICAS DE 20K Y LA INFLUENCIA DEL HIDROGENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS

M. Frovel*, J.M. Martinez, M. Gonzalez, F. Cabrerizo, P. Argumosa y D. Hormigo

¹Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, INTA. Área de Materiales Compuestos

*frovelm@inta.es

RESUMEN

El uso de hidrógeno como fuente de energía es una estrategia prometedora para reemplazar los combustibles fósiles, además de las baterías y los biocombustibles. La industria aeroespacial europea ya está trabajando en el desarrollo de tecnologías de propulsión con emisiones reducidas o nulas y considera en gran medida la tecnología del hidrógeno. Se favorece en la aeronáutica almacenar el H₂ en forma líquido, LH₂, a temperaturas de 20K para tener la mayor densidad de energía del combustible posible. Esto significa, que todos los materiales en contacto con el LH₂ necesiten estar caracterizados a esta temperatura.

El INTA ha empezado a realizar ensayos criogénicos de materiales compuestos hace 27 años. Inicialmente en el ámbito de la caracterización de materiales compuestos de tanques para lanzadores reutilizables. Más adelante se ha investigado también la monitorización estructural de tanques de LH₂, la detección de fugas de hidrogeno y pilas de combustible. Actualmente, el INTA está involucrado en la caracterización de materiales compuestos en proyectos de tanques de LH₂ y las estructuras de material compuesto que llevan estos tanques para la aviación sostenible.

El artículo da una visión de las actividades realizadas en el campo de los ensayos criogénicos de materiales compuestos y facilita datos obtenidos en estos ensayos, comparando el comportamiento de diferentes materiales y diferentes tipos de ensayos. Además, se van a explicar las nuevas líneas de investigación que se están realizando en el INTA en la caracterización de materiales compuestos y su comportamiento antes y después de estar en contacto con el hidrogeno.

PALABRAS CLAVE: Hidrógeno, aviación, material compuesto, ensayos mecánicos, ensayos criogénicos

ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA FRACTURA INTRALAMINAR A ALTAS VELOCIDADES DE DEFORMACIÓN

A. Cimadevilla¹, A. Vaz-Romero¹, J. Pernas-Sánchez¹, J. A. Artero-Guerrero¹, P. Maimí², E. V. González², E. De Blanpre³, V. Jacques³

¹Department of Continuum Mechanics and Structural Analysis, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Madrid, Spain Email: jartero@ing.uc3m.es, web page:

<https://www.dynamicsuc3m.com/>

²AMADE Research Group

Polytechnic School, University of Girona, Campus Montilivi s/n, E-17003 Girona, Spain
Email: emilio.gonzalez@udg.edu, web page: <http://amade.udg.edu/>

³ Dassault Aviation, Paris, France

Email: Vincent.Jacques@dassault-aviation.com

*acimadev@ing.ucm3.es

El comportamiento de los materiales compuestos en condiciones de cargas dinámicas ha sido un tema de investigación durante las dos últimas décadas. Cuando se someten a condiciones dinámicas, los materiales compuestos muestran una sensibilidad significativa a la velocidad de deformación. Esto es crítico para una correcta simulación del comportamiento de estructuras de material compuesto sometidas ante impacto.

Actualmente, se han realizado unos pocos estudios relativos al análisis de la sensibilidad a la velocidad de deformación por parte de la tenacidad a la fractura. Estos estudios han informado de conclusiones divergentes para el mismo material, lo que indica que la técnica óptima para caracterizar esta propiedad bajo cargas de alta velocidad de deformación sigue sin resolverse.

Los ensayos realizados en la Split Hopkinson Pressure Bar se han centrado en maximizar el equilibrio mecánico durante el ensayo dinámico de la probeta Compact Tensión, modificando el pulso incidente que se aplica durante el ensayo. También se ha rediseñado el útil de sujeción de la probeta con la barra Hopkinson, manteniendo la impedancia mecánica del sistema constante a lo largo de toda barra. La obtención de datos se realiza utilizando la cámara de alta velocidad Phantom TMX6410 a 700.000 fps.

PALABRAS CLAVE: Altas velocidades de deformación, Material compuesto, Propiedades mecánicas, Split Hopkinson Pressure Bar.

METODOLOGÍA RECOMENDADA EN LA ESPECIFICACIÓN UNE 0074:2023 PARA DETERMINAR PROPIEDADES DE CORTADURA MEDIANTE EL ENSAYO BIAxIAL TRACCIÓN- COMPRESIÓN CON PROBETA CRUCIFORME

M.C. Serna Moreno^{*1}, S. Horta Muñoz¹, J.J. López Cela²

¹Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela de Ingeniería Industrial y Aeroespacial de Toledo, Instituto de Investigación Aplicada a la Industria Aeronáutica, Av. Carlos III, Real Fábrica de Armas, Toledo, 45004, España

²Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Ciudad Real, Instituto de Investigaciones Energéticas y Aplicaciones Industriales, Av. Camilo José Cela s/n, Edificio Politécnico, Ciudad Real, 13071, España

*mariacarmen.serna@uclm.es

RESUMEN

El ensayo biaxial tracción-compresión con probeta cruciforme sobre laminados angle-ply $\pm 45^\circ$ simétricos se propone como una alternativa que mejora los resultados de las metodologías existentes para determinar las propiedades de cortadura pura en direcciones principales del material [1]. El método satisface los principales requisitos exigidos a los ensayos de cortadura: i) concentra tensiones y deformaciones uniformes en la zona cargada biaxialmente, de las que se puede extraer la respuesta a cortadura; ii) es posible observar la evolución lineal y no lineal tensión-deformación hasta niveles de fallo superiores a los de los ensayos tradicionales; iii) el fallo se desencadena en la región cargada biaxialmente, lo que permite calcular no solo la rigidez a cortadura durante la etapa lineal, sino también la resistencia a cortadura. Además, en laminados de matriz polimérica reforzados con fibra de carbono, se consigue incrementar hasta el 40% el nivel de deformación de cortadura en el momento de fallo utilizando un accesorio antipandeo biaxial que evita la aparición de inestabilidades en los brazos de la probeta [2].

En este trabajo se ha seguido la metodología de ensayo recomendada en la Especificación UNE 0074:2023 [3], que ha sido elaborado por el Comité Técnico CTN 53/GT 8. La Especificación se basa en la investigación previa realizada en los proyectos COMMUL y BISHEAR desarrollados dentro del marco del Programa Estatal de I+D+i Orientado a los Retos de la Sociedad de 2016 y los Proyectos “Prueba de Concepto” de 2021.

PALABRAS CLAVE: Ensayo biaxial, respuesta a cortadura, fibra de carbono, DIC.

REFERENCIAS:

- [1] S Horta Muñoz, MC Serna Moreno, Tension-compression biaxial test with $\pm 45^\circ$ symmetric angle-ply laminates for determining the pure shear response in principal material directions of a lamina, (en revisión).
- [2] MC Serna Moreno, S Horta Muñoz, Modelo de utilidad UCLM, Dispositivo para evitar el pandeo en ensayos biaxiales de probetas cruciformes, N° de publicación: ES1295252 (España), 10-01-2023.

[3] ESPECIFICACION UNE 0074, Materiales plásticos. Método de ensayo de cortadura mediante tracción-compresión sobre probeta cruciforme, 2023.

EFFECT OF GRAPHENE RELATED MATERIALS ADDITION ON THE CRYOGENIC BEHAVIOR OF CFRP

V. García-Martínez*, S. Calvo, M.R. Martínez-Miranda, E. Pérez, M.R. Gude
FIDAMC, Foundation for the Research, Development and Application of Composite Materials

*Vanessa.García@fidamc.es

RESUME

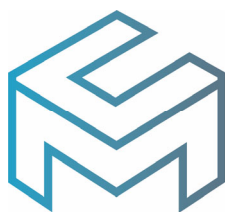
Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) composites have been widely used in aerospace industry owing to their high strength and stiffness to weight ratio. Although these materials are frequently used for structural components in aircraft industry, in the last years they are also promising candidates to develop innovative cryogenic hydrogen storage tanks to support future aircraft fueled by liquid hydrogen. However, the brittleness and low fracture toughness of epoxy matrix make it hard to satisfy the strict requirements of advance cryogenic applications, so its modification is generally needed to reach a high mechanical performance in these severe conditions.

Recently, graphene related-materials (GRM) have been employed to improve the mechanical properties of CFRP due to their outstanding mechanical performance and large specific surface area. Although several studies have proved that composites containing GRM present better properties than those without this nanofiller at room temperature, their performance at cryogenic temperatures are hardly found. Large thermal stresses were generated during the cooling process which produce micro-cracks and weaken the interfacial adhesion reducing the mechanical properties of CFRP.

In this study, woven CFRP composites with low contents of GNPs (0.4 and 0.8 wt.%) were treated at cryogenic conditions and the effect of nanofiller addition on interlaminar shear strength (ILSS), in-plane shear strength (IPSS), dynamo-mechanical properties as well as the coefficient of thermal expansion was evaluated.

This work has been developed in the frame of Graphene Flagship which is a project founded by the research program of European Union Horizon 2020 (Gran Agreement nº 881603).

KEYWORDS: CFRP, Graphene-related materials, cryogenic conditions, mechanical properties



SUSTAINABLE SYNTHESIS OF IRON OXIDE NANOPARTICLES EMBEDDED INTO CARBON FOAMS

**C. Cuesta, R. García, E. Rodríguez, M.A. López-Antón and
M. R. Martínez-Tarazona**

Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC, C/ Francisco Pintado Fe,
26, 33011 Oviedo, Spain
crisobal.cuesta@incar.csic.es

ABSTRACT

Carbon foams display a dominant open cellular structure that can be endowed with tailored texture and morphology by feedstock selection and modification of the preparation process. On the other hand, iron oxides and hydroxides have proven beneficial in biomedical applications, environmental remediation and energy storage. This work focuses on the synthesis of a carbon foam from sucrose, using $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ as an additive.

A sucrose-based carbon foam with 10% Fe (SF(10Fe)) was obtained by heating sucrose in an acidic aqueous solution of iron nitrate at 80 °C to form a viscous resin, which was subsequently heated up to 170 °C under air for foaming and setting. The water vapor generated as a result of condensation reactions and the NO_x arising from iron nitrate decomposition act as foaming agents. The green foam thus obtained was finally carbonized under Ar at 900 °C for further volatile release and the formation of the carbonaceous matrix.

SF(10Fe) characteristics were compared with those of a foam obtained only with sucrose (SF). Texture was characterized by nitrogen adsorption isotherms, helium pycnometry and mercury porosimetry. The carbonaceous structure and the crystalline iron species were identified by powder X-ray diffraction, and iron particle size and distribution was examined by scanning electron microscopy.

The iron nitrate acts as an activator for the development of micro- and mesoporosity in the macroporous network. Simultaneously, the additive favors in situ growth of iron oxide nanoparticles on the carbon foam matrix. During carbonization, the iron species formed catalyze an incipient graphitization.

KEYWORDS: carbon foams; sucrose; iron species

APROXIMACIÓN ANALÍTICA PARA EL CÁLCULO A FLEXIÓN EN DOS PLANOS APLICADO A PLACAS DE COMPOSITE UNIDIRECCIONAL

U.Garitaonaindia*, N. Carbajal, M. Isasa y F. Mujika

GRUPO MECÁNICA DE MATERIALES

Departamento de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa

Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián

*ugutz.garitaonaindia@ehu.eus

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla un nuevo procedimiento analítico para obtener el campo de desplazamientos y el de momentos flectores de una placa de composite unidireccional sometida a flexión en dos planos. La configuración analizada consiste en una placa plana apoyada en cuatro puntos al que se aplica una fuerza puntual en el centro.

El procedimiento de cálculo utilizado es el método de la carga unitaria, basado en la energía de deformación. Se han considerado tanto los efectos creados por los momentos flectores como los esfuerzos cortantes. De esta forma, se han obtenido aproximaciones analíticas realizando sucesivas iteraciones.

Los resultados obtenidos analíticamente han sido validados comparándolos con la bibliografía existente y con simulaciones numéricas realizadas con el software de elementos finitos ABAQUS.

PALABRAS CLAVE: Aproximación analítica, laminados unidireccionales, ensayo de flexión, simulación numérica.

NUEVOS MODELOS ANALÍTICOS PARA LOS ENSAYOS DE VIGA EN DOBLE VOLADIZO Y DE FLEXIÓN CON ENTALLA FINAL NO SIMÉTRICOS

F. Mujika^{*}, A. Arrese, J. de Gracia y A. Boyano

¹Grupo Mecánica de Materiales, MECMAT. Departamento de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián

*faustino.mujika@ehu.eus

RESUMEN

La fractura interlaminar en materiales compuestos se analiza habitualmente mediante los ensayos de Viga en Doble Voladizo (*Double Cantilever Beam*, DCB) y de Flexión con Entalla Final (*End Notched Flexure*, ENF) en modos I y II, respectivamente. Estas mismas configuraciones se utilizan también para caracterizar uniones adhesivas, con brazos de grieta simétricos para que la fractura se produzca en modo puro. En caso de que exista asimetría geométrica o material, se puede producir combinación de modos I/II. En este trabajo, se abordan nuevos planteamientos analíticos para los ensayos asimétricos ADCB y AENF, suponiendo distribuciones de tensiones normales y tangenciales en la unión de los brazos de grieta.

Además de la flexibilidad de la probeta y de la tasa crítica de liberación de energía total, se determinan las tasas de energía correspondientes a modo I y modo II, con un planteamiento local en la punta de grieta. Dicho planteamiento es equivalente a la Técnica de Cierre Virtual de Grieta (*Virtual Crack Closure Technique*, VCCT) o al Método de Extensión en Dos Etapas (*Two-Step Extension Method*, TSEM), utilizados cuando el problema se aborda numéricamente con el Método de los Elementos Finitos.

Como aspectos novedosos respecto a trabajos presentados en anteriores congresos MATCOMP abordando la misma temática, se incluye el efecto de las tensiones higrótérmicas y las distribuciones continuas de tensiones normales y tangenciales.

Se analizan problemas de uniones adhesivas bimateriales o de deslaminación de laminados asimétricos, comparando resultados analíticos y numéricos.

PALABRAS CLAVE: fractura interlaminar; modo I, modo II, combinación de modos I-II.

USO DE VIDEOCORRELACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES EN LA CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES MODOS DE FRACTURA EN EL ENSAYO LONGITUDINAL HALF FIXED BEAM (LHFB)

M. Lozano^{*1}, A. López¹, A. Argüelles¹, J. Viña¹ y P. Vigón¹

¹Universidad de Oviedo

*lozanomiguel@uniovi.es

RESUMEN

Uno de los fallos con mayores repercusiones prácticas en los elementos estructurales fabricados con materiales compuestos laminados consiste en la formación y crecimiento de grietas interlaminares (deslaminación) bajo carga estática y dinámica. A pesar que las grietas pueden estar sometidas a tres modos diferentes de tensión, la tenacidad del material en modo III es mayor que en los otros dos, por lo que la deslaminación se da principalmente en los modos I o II. Esto es cierto cuando hay más de un modo de fractura actuando en el elemento, sin embargo, utilizando una metodología de ensayos que permite ensayar en modo III puro o casi puro, como por ejemplo mediante el método Longitudinal Half Fixed Beam (LHFB), es posible caracterizar el material frente a este modo. Así pues, el grado de pureza del modo III, frente a los modos I y II residuales, será un indicador importante de la bondad de la metodología de ensayo.

En este trabajo de investigación se ha conseguido determinar el grado de pureza del modo III en ensayos tipo LHFB, mediante la utilización de un equipo de video correlación digital de imágenes (DIC). Esta técnica permitió analizar los desplazamientos en X, Y y Z, en probetas con longitudes iniciales de grieta de 1, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mm, en materiales AS4/8552 y AS4/3501-6.

Considerando los desplazamientos medidos con DIC durante los diferentes ensayos, se podido determinar el nivel de combinación de modos I, II y III, alcanzado durante los ensayos.

PALABRAS CLAVE: Modo III, DIC, LHFB, fractura, deslaminación.

CONTINUOUS FERROMAGNETIC MICROWIRES FOR SELF-SENSING STRUCTURAL CARBON FIBER COMPOSITES

P. Corte-León^{1*}, R. Garcia-Etxabe², D. Pineda², B. Muniozguren², P. Olaskoaga³, F.J. Vallejo³, J. Malm⁴, C. Johansson⁴, V. Zhukova¹, M. Ipatov¹ and A. Zhukov^{1,5}

¹Dept. Advanced Polymers and Materials, and Dept. Appl. Phys. University of Basque Country, UPV/EHU, 20018 San Sebastian, Spain

²GAIKER Technology Centre, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Spain

³IDEKO, Arriaga Industrialdea, 2, E-20870, Elgoibar, Spain

⁴RISE Research Institutes of Sweden, Digital Systems, Göteborg, Sweden

⁵IKERBASQUE, Basque Foundation for Science, 48011 Bilbao, Spain

*paula.corte@ehu.eus

RESUMEN

Glass-coated ferromagnetic microwires have demonstrated their potential use as wireless sensors for structural composite parts. Continuous microwires facilitate their integration into carbon non-crimp fabrics and the automation of the embedding process into industrial parts. However, up to now there have been very few studies in composites with both carbon fibers and microwire inclusions.

This work focuses on free space microwave measurements of composites made from carbon fibers and ferromagnetic microwire inclusions focusing on the electromagnetic properties of the continuous glass coated Co-rich ferromagnetic microwires, presenting vanishing magnetostriction coefficient and high frequency magnetoimpedance with high sensitivity to applied stress, temperature and magnetic field [1]. The integration of such ferromagnetic microwires into composite materials significantly modifies the effective microwave response, making it possible to obtain a new tunable and self-sensing composite material [1].

Glass-coated Co-rich microwires have been prepared by Taylor-Ulitovsky technique [2]. Hysteresis loops of single microwires have been measured using fluxmetric method [3]. The reflection (R) and transmission (T) coefficients were measured using the free space microwave measurement system [1]. The experimental set-up consists of a pair of broadband horn antennas (1-17 GHz) and a vector network analyzer. The composites were placed in 60 x 60 cm² window to avoid the edge effects. In spite of the influence of the conductive carbon fibers, application of an external low frequency modulated magnetic field allows sensitive and stable extraction of the response signal (R and T coefficients) from the ferromagnetic microwire inclusions.

References

1. Makhnovskiy, D., Zhukov, A., Zhukova, V. and Gonzalez, J. “Tunable and self-sensing microwire composite materials incorporating ferromagnetic microwires,” *Advances in Science and Technology*, vol. 54, 201–210, 2008.
2. Zhukov, A., Corte-Leon, P., Gonzalez-Legarreta, L., Ipatov, M., Blanco, J.M., Gonzalez, A., Zhukova, V. “Advanced functional magnetic microwires for technological applications”, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, vol. 55, 253003, 2002.
3. Gonzalez-Legarreta, L., Corte-Leon, P., Zhukova, V., Ipatov, M., Blanco, J. M., Gonzalez, J., Zhukov, A. “Optimization of magnetic properties and GMI effect of Thin Co-rich Microwires for GMI Microsensors”, *Sensors*, vol. 20, 1558, 2020.

PALABRAS CLAVE: Non-destructive monitoring, Internal stresses, Glass-coated microwires, Fiber reinforced composites, Magnetoelastic anisotropy

CHARACTERIZATION OF INDUCTION-WELDED THERMOPLASTIC COMPOSITES

J. Sogorb^{1*}, N. Sarin², C. Worrall², J. Wächter³, S. González¹, R. Buelga⁴, F. Lasagni¹

¹CATEC-Advanced Center for Aerospace Technologies,

²The Welding Institute

³Direct Manufacturing Research Center – Paderborn University

⁴Airbus Defence and Space (CBC).

*jsogorb@catec.aero

ABSTRACT

Rib-AM project aims to contribute to the development of novel in-situ manufacturing technologies applied to large size components of primary structure of aircrafts. Framed in Clean Sky2, the activities within Rib-AM are set out to develop a leading-edge (LE) concept based on reinforced thermoplastic materials avoiding mechanical joints between the skin and the ribs. Induction Welding (IW) process has been selected for the integration of the ribs into the leading-edge structure. The development of an appropriate IW process methodology, including the introduction of magnetic flux concentrators and new coil designs, are key to assure the quality and structural integrity of the produced joints.

In this research, the mechanical strength of induction welded thermoplastic composites have been evaluated at sample level. Characterization specimens have been obtained by welding: (i) short carbon fiber reinforced polyether ether ketone (SCFR/PEEK), with 10 % carbon content, processed by Additive Manufacturing – Fused Deposition Modeling; and (ii) multidirectional carbon fiber reinforced polyether ether ketone (CFR/PEEK) laminates processed by oven consolidation. The mechanical characterization of the strength has been carried out by means of the block shear and peel test methods. In addition, light optical microscopy has been performed to analyze the SCFR/PEEK - CFR/PEEK interface. Infrared thermography (IRT) has been considered for the non-destructive characterization of the welded joints to evaluate the feasibility of being applied as an inspection method for induction welded structures. IRT results have been validated by X-Ray Computed tomography.

KEY WORDS: Carbon Composites, Thermoplastics, Induction Welding, Additive Manufacturing, Aerospace Structures

COMPOSITE MATERIAL THERMAL CHARACTERIZATION FOR A DIGITAL TWIN-BASED MODEL OF AN AUTOMATED TAPE LAYING PROCESS

J. de Sá Rodrigues^{*1}

¹INEGI - Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering

*jsrodrigues@inegi.up.pt

RESUME

As the demand of the automotive and aeronautics industry for high performance structures increases, the tendency goes towards the use of composite materials. This tendency requires designing efficient manufacturing processes to ensure not only repeatability but its quality. Attending those requirements, the Automated Tape Laying process have gained relevance, as an out-of-autoclave process, consuming less energy and lower production times. This process consists of continuously heating a thermoplastic-based composite material and, using a compaction roll, pressing it against a mould, consolidating the structure by cooling down the composite. On the other hand, the Automated Tape Laying process arises a relevant problem related to the control system. The problem is related to the impossibility of measuring the temperature at the nip point, the temperature under the compaction roll, having no feedback then, no control decision. To overcome this type of problem, some authors have implemented a model-based control system, which allows to estimate the temperature at the desired location. To guarantee the best estimation, the model has to be as detailed as possible, which leads to the concept of Digital Twin. The Digital Twin as a detailed mathematical representation of the physical world, requires knowing the behaviour of the process element due to their interaction. This work proposes the thermal characterization, using an in-house designed method, to describe thermal-optical and thermal-conductivity properties of composite materials as function of its temperature, required for the Digital Twin to improve the temperature estimation and lowering the uncertainties due to properties approximations.

KEY WORDS: Automated Tape Laying, Model-Based control, Digital Twin, Composite materials, State estimation.

PROGRAMA DE INTERCOMPARACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA Y CÍCLICA DE LOS MODOS I Y II EN UNIONES ADHESIVAS CON MATERIALES COMPUESTOS

S. Sánchez-Carmona, A. Barroso*

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Departamento de Mecánica de Medios
Continuos y Teoría de Estructuras, E.T.S.I., Universidad de Sevilla

*abc@us.es

RESUMEN

En el marco del Proyecto Europeo “*CertBond, COST Action CA18120, Reliable roadmap for certification of bonded primary structures*” se ha llevado a cabo un programa de intercomparación para la caracterización del crecimiento de grieta en uniones adhesivas con materiales compuestos, bajo cargas estáticas y cíclicas, en modo I y modo II.

Al haber sido los autores del presente trabajo, los responsables de la fabricación de todas las muestras y al haber participado en la definición de los protocolos de ensayo y los propios ensayos del programa de intercomparación, son los encargados de recopilar toda la información y presentarla de forma compacta.

Por un lado, la caracterización (estática y cíclica) en modo I se ha realizado mediante probetas DCB (*Double Cantilever Beam*) con la generación de unos protocolos de ensayo basados en la norma ASTM D5528/D5528M. Y por otro lado, la caracterización (estática y cíclica) del modo II se ha llevado a cabo con el uso de probetas ENF (*End Notched Flexure*) mediante unos protocolos basado en la norma ASTM D7905/7905M.

En el trabajo se presenta un resumen de los resultados de estos 4 ensayos, llevados a cabo en 5 laboratorios distintos de universidades europeas.

Con posterioridad, estos resultados se usan en la predicción del fallo (estático y cíclico) de uniones adhesivas a solape simple (*Single Lap Joint*), fabricadas con materiales compuestos, con un modo de apertura mixto en los extremos de la zona de solape.

PALABRAS CLAVE: Intercomparación, DCB, ENF, Uniones Adhesivas.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA IMPORTANCIA DE LA ROTURA DE FIBRAS EN LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA SOMETIDOS A COMPRESIÓN DESPUÉS DE IMPACTO

J. Pernas¹, F. Naya^{*1}, C. Fernandez², P. Zumel²

¹ Departamento de mecánica de medios continuos y teoría de estructuras. Universidad Carlos III de Madrid, Avda. de la Universidad 30, 28911 Leganés, Madrid, España.

² Grupo de sistemas de electrónica de potencia (GSEP), Departamento de tecnología electrónica. Universidad Carlos III de Madrid, Avda. de la Universidad 30, 28911 Leganés, Madrid, España.

*fnaya@ing.uc3m.es

RESUMEN

La resistencia después de impacto de los materiales compuestos es uno de los parámetros principales de diseño de las estructuras aeronáuticas frente a la tolerancia al daño. Durante el ensayo de impacto a baja velocidad, a partir de una energía umbral, el laminado sólo devuelve parcialmente al indentador la energía recibida durante el impacto (recuperación elástica). La energía restante es absorbida por el laminado y disipada en forma de daño (interlaminar e intralaminar), deformación plástica de la matriz polimérica y rotura de las fibras de carbono.

Hasta la fecha, pocos autores han intentado cuantificar la participación de cada uno de los mecanismos de daño en el proceso global de absorción de energía del laminado debido a su dificultad experimental.

En este trabajo, se ha desarrollado una metodología capaz de realizar daños de extensión y localización similar a los producidos en un impacto a baja velocidad, pero sin dañar las fibras, mediante la aplicación de calentamiento local por inducción.

Para ello, la resistencia y la rigidez residual de laminados de AS4/PEEK, sometidos a impactos, en un amplio rango de energías (10-70J), han sido comparadas con las obtenidas en laminados dañados mediante corrientes electromagnéticas, para extensiones de daño equivalentes. Los resultados revelan que la rotura de las fibras de carbono tiene una gran influencia en la pérdida de rigidez del laminado, pero no en su resistencia, confirmando el papel de la delaminación como el principal responsable de la pérdida de la capacidad resistente del material dañado.

PALABRAS CLAVE: CAI, delaminación, impacto a baja velocidad, rotura de fibras, material compuesto.

SENSORES PIEZORESISTIVOS Y PIEZOELÉCTRICOS BASADOS EN NANOCOMPUESTOS DE PVDF REFORZADOS

V. Díaz-Mena^{*1}, Xoan F. Sánchez-Romate¹, D. Martínez-Díaz¹, M. Sánchez¹ y A. Ureña¹

¹Área de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos, Calle Tulipán s/n, 28933, Móstoles, Madrid, España.

*victor.diaz@urjc.es

RESUMEN

La tecnología ponible (en inglés, *wearable*) ha ganado mucha popularidad en los últimos años. Los smartwatches son un ejemplo de esta tecnología con la que la gente puede monitorizar su movimiento, frecuencia cardíaca y ciclo de sueño. Sin embargo, la elevada rigidez de estos dispositivos supone un inconveniente para monitorizar las constantes vitales humanas, ya que podría no adaptarse completamente a la piel humana. En ese sentido, los sensores flexibles presentan una mejor adaptación, pudiendo deformarse de manera reversible.

En los últimos años se han estudiado diversos sensores flexibles de matriz polimérica para el sector de la salud basados en diferentes mecanismos como el piezorresistivo y/o el piezoeléctrico. En el primer caso, el nanorrefuerzo, disperso en la matriz, genera caminos conductores sensibles a la deformación o rotura. Este tipo de sensores presentan alta sensibilidad, una estructura de dispositivo sencilla y una fabricación relativamente simple. Por otro lado, los sensores flexibles piezoeléctricos han sido ampliamente estudiados debido principalmente a su capacidad de autoalimentación. En este caso, tanto la matriz como el refuerzo pueden presentar propiedades piezoeléctricas y, por tanto, la interacción entre ambos determinará la sensibilidad del sensor.

En el presente trabajo se han desarrollado sensores flexibles tanto piezorresistivos como piezoeléctricos, usando como matriz el Poli(fluoruro de vinilideno-co-hexafluoropropileno) (PVDF-HFP) y, como refuerzo, nanopartículas derivadas del carbono para los sensores piezorresistivos, así como distintos refuerzos piezo-cerámicos para los piezoeléctricos. En ambos casos se ha optimizado su fabricación, caracterizando tanto sus propiedades mecánicas como electromecánicas, es decir, su sensibilidad eléctrica a la deformación.

PALABRAS CLAVE: Nanocompuestos, sensores flexibles, PVDF, piezorresistivo, piezoeléctrico.

CARACTERIZACIÓN DE UNIONES DE MATERIAL COMPUESTO SOLDADAS POR RESISTENCIA ELÉCTRICA. EFECTO DE PARÁMETROS DE PROCESADO.

J. Sogorb¹, M. Herrera¹, S. Gonzalez^{*1}, F. Lasagni¹

¹Advanced Centre for Aerospace Technologies (CATEC) – La Rinconada (Seville), Spain

^{*}sgonzalez@catec.aero

RESUMEN

Una de las principales ventajas del uso de materiales reforzados de matriz termoplástica es la posibilidad de realizar uniones de diferentes partes mediante soldadura. Evitando así el uso de uniones mecánicas, que aumentan el peso de componente y las horas de fabricación; y uniones adhesivas, donde es difícil asegurar la calidad de las mismas. Las uniones soldadas cobran especial interés cuando se aplican en procesos de ensamblaje con alto rate de producción.

Sin embargo, la unión soldada sobre componentes de alto rate requiere la investigación en nuevos materiales, procesos y técnicas de inspección. En esta línea, el presente trabajo analiza los resultados de la evaluación de diferentes uniones soldadas a través de calentamiento por resistencia eléctrica sin contacto. Dicha caracterización abarca análisis mecánico, microestructural y de propiedades físico-químicas, así como su estudio mediante técnicas de inspección no destructiva. Todo ello ha permitido obtener un mayor grado de conocimiento de los materiales y procesos incluyendo el efecto de los diferentes parámetros de procesamiento de las soldaduras.

En concreto, se presentan en este estudio diferentes ensayos de modos de apertura de las uniones para su caracterización mecánica, así como el análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido para evaluar el efecto de las temperaturas y tiempos aplicados durante el proceso de soldadura en las propiedades finales del material. A partir de la inspección mediante termografía infrarroja se ha comprobado el estado del material en los diferentes elementos de unión, permitiendo contrastar variaciones del nivel de radiación IR con variaciones localizadas en la cantidad de resina. Además, se ha llevado a cabo el estudio microestructural para la evaluación del contenido fibra/resina del material en dichas zonas de unión, así como un análisis complementario mediante tomografía computarizada y ultrasonidos.

PALABRAS CLAVE: composites, adhesivado, unión soldada.

TECNOLOGÍA DE PREFORMADO ADITIVO APLICADA A COMPOSITES REFORZADOS DE CARBONO

E. Hernández-Murillo¹

¹TECNALIA, Mikeletegi Pasealekua 2, 20009 Donostia-San Sebastián, Spain

*enrique.hernandez@tecnalia.es

RESUMEN

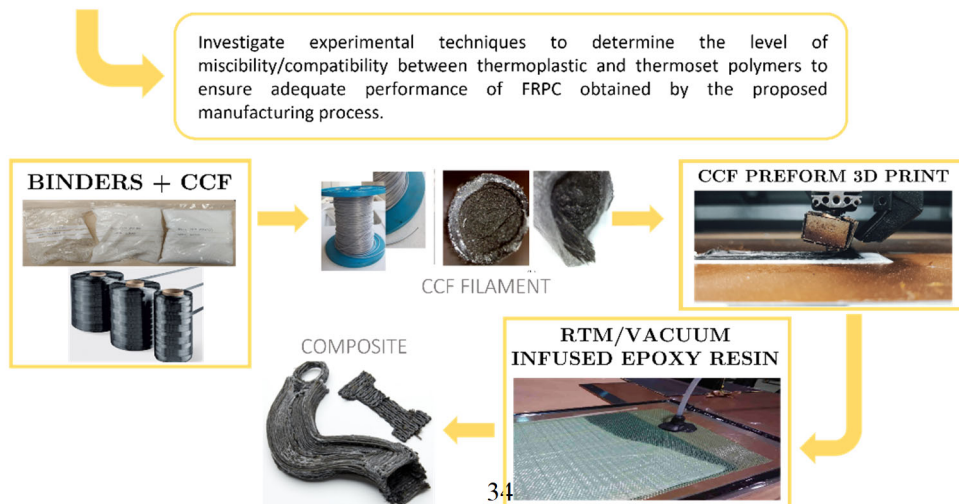
La contribución de la industria de los composites a la disminución del peso en la industria de la automoción es fundamental. Las eficiencias en esta área provienen del desarrollo de procesos de fabricación y del estudio de interacciones moleculares entre materiales, que también mejoran el rendimiento de los productos resultantes. Aquí surge la idea del desarrollo de una tecnología que permita obtener preformas con alta complejidad geométrica, para conseguir un refuerzo de elevado porcentaje en fibra de carbono. Hoy en día, la fabricación de estas piezas requiere muchos pasos, equipos y herramientas. En este trabajo se detalla el desarrollo de un método alternativo de fabricación de preformas continuas reforzadas con fibra de carbono (CCF) mediante un proceso aditivo basado en Fused Fusion Deposition Modeling (FDM), así como la obtención de los composites a partir de estas preformas. Este desarrollo tiene lugar en varias etapas. Desde el desarrollo de estos filamentos CCF recubiertos de termoplástico imprimibles con FDM, pasando por el desarrollo de técnicas FDM para la impresión de filamentos con un contenido de fibra continua muy alto, hasta el estudio de las interacciones químicas entre fibras y matriz.

En resumen, este trabajo propone un nuevo método para fabricar composites de polímero reforzado con fibra de carbono (CCFRPC).

PALABRAS CLAVE: Fabricación aditiva, preformas de fibra de carbono continua, composites reforzados

Selection of the optimal thermoplastic BINDERS for a given CCFRC (carbon fiber reinforced continuous epoxy composite) to successfully obtain 3D printed preforms.

1. The BINDER must be soluble (ideally) in RESIN (EPOXI).
2. The BINDER must be printable. For this ... Choosing a Commercial Thermoplastic.



3DMIM: INDUCTORES FABRICADOS POR IMPRESIÓN 3D DE PLA/PEG/CU

C. Martín-Pérez^{*1}, D. Rodríguez-DelRosario¹, Dr. R. Losada-Mateo¹, Dr. E. Rodríguez-Senin¹, E. Tabares-Lorenzo² y Dr. A. Jimenez-Morales^{2,3}

¹Asociación Metalúrgica del Noreste, O Porriño, Galicia, España

²Grupo de Tecnología de Polvos (GTP), Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, IAAB, Universidad Carlos III de Madrid, España

³CIBERINFEC-CIBER de Enfermedades Infecciosas, Madrid, España

*celia.martin @aimen.es

RESUMEN

Dentro del marco nacional del proyecto 3DMIM se ha desarrollado un nuevo feedstock con el fin de fabricar piezas de metal por medio de la extrusión directa de pellets en impresión 3D (FGF (Fused Granulate Fabrication)). Para ello se ha diseñado un nuevo material formado por ácido poliláctico (PLA) procedente de plantas y polietilenglicol biobasado (PEG) con un 64vol% de Cu. Esto hace que el feedstock sea sostenible ambientalmente y además evita la utilización de disolventes orgánicos contaminantes durante el proceso de desligado.

Este nuevo material ha sido procesado por FGF, tecnología que representa una solución innovadora y costo-efectiva respecto a otros procesos como la impresión de filamento, ya que evita la fabricación de un filamento con alto contenido en cobre que resultan difícil de manipular. Como caso de estudio se ha fabricado un inductor de cobre y se ha realizado su desligado y sinterizado del mismo.



Este proyecto constituye una solución industrial para la fabricación de piezas de geometrías complejas en pequeñas tiradas que pueden ser difíciles de conseguir o económicamente inviables por otros métodos, por ejemplo, por moldeo por inyección de metales (MIM). A diferencia de la mayoría de los demás procesos de impresión 3D de metal, las piezas 3DMIM no requieren de un mecanizado posterior.

PALABRAS CLAVE: Fused Granulate Fabrication (FGF), PLA-PEG, cobre, impresión 3D, MIM.

RCF LM PAEK PRESS-MOULDING PROCESS OPTIMIZATION THROUGH THE INTRODUCTION OF A WAAM MOULD CORE

A. Marqués^{*1}, J. A. Dieste¹, I. Monzón¹, C. F. Javierre² and D. Elduque²

¹R&D Department, Fundación Aitiip, Polígono Industrial Empresarium C/Romero, N° 12, Zaragoza, 50720, Zaragoza, Spain

²Department of Mechanical Engineering, University of Zaragoza, C/María de Luna, Zaragoza, 50720, Zaragoza, Spain

*alejandro.marques@aitiip.com

ABSTRACT

Carbon fibre matrix composites are consolidated in high-demanding industries such as aeronautics and aerospace. Nowadays, thermoset composites are fully integrated on several new aircrafts in production. However, thermoplastic composites are progressively emerging as a better solution due to their end-of-life recyclability and optimized manufacturing process. One of the processes used to manufacture final parts from thermoplastic materials is press-moulding, in which a high-temperature heating system is combined with the application of pressure at high speeds. This article studies the optimization of press-moulding process in combination with an Additive Manufacturing (AM) produced metallic mould core. The aim of this study is the manufacturing of a thermoplastic aeronautical part, that would be submitted to real-world performance test. For the press-moulding process, a high-temperature infrared heating system was designed, supported by thermal oil mould heating, this heating system was combined with a mould-pressing process by integrating the system in a commercial injection machine. Regarding the AM tooling, produced by Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) process, was designed to reduce tooling weight, and optimise thermal cycle. Moreover, manufacturing data from WAAM tooling was recorded and compared with that obtained from a symmetrical conventional manufacturing made mould. The analysis shows savings in terms of material and energy consumption, as well as cycle times reduction. The final part metrology study shows indistinguishable results between the press-moulding process carried out using the WAAM tooling and that manufactured through conventional methods.

KEY WORDS: Additive Manufacturing, Wire Arc Additive Manufacturing, Thermoplastic, LM PAEK, Press moulding.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES EN LA INTERFASE DURANTE EL PROCESO DE SOBRE INYECCIÓN DE PEEK CON FIBRA DE CARBONO

J. Vidal^{1*}, P. Castell¹ y JA. Dieste¹

¹ Fundación Aitiip, Pol. Ind. Empresarium C/ Romero, 12, 50720, Zaragoza, (Spain)

*julio.vidal@aitiip.com

RESUMEN

Los procesos de transformación de composites termoplásticos, han ido aumentando su complejidad a la vez que los nuevos materiales y geometrías que se dan por procesos de inyección. Desde el sector aeronáutico y médico, con sus estrictas y específicas necesidades, se ha promovido el desarrollo de materiales de muy alta temperatura y resistencia química, como son los materiales de PAEK. En este trabajo se ha trabajado en el uso de PEEK reforzado con 40% de fibra de carbono para hacer procesos de sobre inyección. En estos procesos de sobre inyección se ha trabajado en la unión del PEEK+40%CF con otros materiales metálicos como es el aluminio, y otros materiales plásticos como es el propio PEEK con fibra y PA con y sin fibra. De esta forma se ha estudiado el comportamiento y la adhesión entre los diversos materiales. En este sentido como se ha observado en el estudio la unión más sencilla se da entre materiales plásticos, dado que pese a las altas temperaturas de inyección del PEEK esta sigue siendo muy baja para afectar y entrelazar con la estructura del Al.

Respecto al efecto de los tratamientos superficiales en las superficies sobre inyectadas de materiales termoplásticos, se ha podido observar que el ángulo de unión entre ambas partes tiene un efecto directamente relacionado con las características mecánicas, implicando mayor ángulo y superficie de contacto mejores propiedades. Mientras que los tratamientos superficiales afectan de manera diferente a las propiedades de tracción e impacto de las piezas finalmente producidas.

PALABRAS CLAVE: sobre inyeccion; PEEK; Fibras de carbono;

FABRICACIÓN DE UN DEMOSTRADOR DE TIMÓN DE DIRECCIÓN CON MATERIAL COMPUESTO TERMOPLÁSTICO LMPAEK

K. Fernández^{*1}, I. Martín^{*1}, L. Moreno¹, A. Guillén¹, J. Cuenca¹, D. Cimadevilla², E. Rodríguez², O. Hernanz² y P. Bonillo²

¹FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos, Avda. Rita Levi Montalcini 29, 28906 Getafe, Madrid, Spain

²Aciturri Engineering, Avda. de la Industria, 19, 28760 Tres Cantos, Madrid

* katia.fernandez@fidamc.es, * maria-isabel.martin@fidamc.es

RESUMEN

FIDAMC, en colaboración con Aciturri, presenta los desarrollos ejecutados para la obtención de la estructura de un timón de dirección mediante el empleo de materiales compuestos termoplásticos reforzados con fibra de carbono unidireccional.

El demostrador, consistente en un cajón multi-larguero, presenta geometrías en 'C' de largueros y una geometría de rigidizador en omega (Ω), así como revestimientos que incorporan geometrías de borde de ataque y borde de salida típicas de un perfil aerodinámico.

Para la fabricación ha sido empleado material termoplástico Toray Cetex® TC1225, de 194gsm y en formato ½". Los laminados iniciales, tanto para los componentes de rigidización como para el revestimiento, han sido obtenidos mediante laminación automática con alta velocidad de deposición (no consolidación in-situ), a 10m/min.

Los rigidizadores fueron encintados sobre útil plano con las áreas de refuerzo correspondientes y conformados posteriormente a geometría final mediante prensa de platos calientes. En el caso de los revestimientos, el encintado se ejecutó con un utillaje que reproducía la geometría del borde de ataque. La complejidad asociada a este encintado radica en la necesidad de rotar el utillaje para acompañar al movimiento del cabezal y por tanto coordinar las velocidades y temperaturas de deposición. La consolidación también se obtuvo en una fase posterior mediante prensa de platos calientes.

Para la unión de los rigidizadores al revestimiento se ha trabajado en la puesta a punto de la soldadura por conducción, elaborando un trabajo previo de obtención de probetas de ensayo para definir las condiciones idóneas de temperatura-presión requeridas en la intercara de unión.

PALABRAS CLAVE:

laminación automática, termoplásticos, aeroestructura, conformado en prensa, soldadura

FABRICACIÓN DE REVESTIMIENTOS SUPERIOR DE ALA EN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA MEDIANTE CONSOLIDACIÓN *IN-SITU* (ISC)

E. Lorenzo-Villafranca¹, M. Zuazo Ruiz¹, P. Tabarés¹, R. Tejerina² y M. Iglesias²

¹ FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos. Avda. Rita Levi Montalcini 29, 28906 Getafe, Madrid, Spain

² Airbus Defense and Space, Getafe, Madrid, Spain

*Eduardo.lorenzo@fidamc.es

RESUMEN

El consorcio OUTCOME Thermoplastic Upper Skin es un proyecto europeo enmarcado dentro de la plataforma de investigación Airframe ITD de CleanSky2 financiado por el Horizonte 2020 de la UE, enfocado en desarrollar, fabricar y validar un revestimiento superior de ala en material compuesto termoplástico con aplicación futura en aviones de transporte de Airbus ADS.

El revestimiento superior consiste en un panel rigidizado de unos 4 m de longitud con seis larguerillos integrados mediante un proceso de co-consolidación donde estos elementos fueron soldados al mismo tiempo que se ejecutaba el encintado del revestimiento por ISC (*In-Situ Consolidation*, consolidación en un paso). Los larguerillos integrados fueron fabricados en una etapa previa mediante un proceso de consolidación en estufa. La laminación del revestimiento se realizó mediante ISC con un equipo de encintado automático tipo AFP MTorres asistido por un láser con material PEEK APC-2 /AS4 con ancho de mecha de de 1/4".

A lo largo del proyecto, se realizó una campaña de ensayos estructurales para obtener, en primer lugar, las propiedades mecánicas y los valores admisibles para el diseño del revestimiento superior del cajón exterior del ala. También se diseñaron, fabricaron y ensayaron especímenes de detalle y subcomponente (paneles rigidizados), con el objetivo de validar el diseño, la metodología de análisis, el método de fabricación y el procedimiento de control de calidad. La actividad concluirá a finales de año con el ensayo estructural en tierra del cajón del ala exterior del que el elemento forma parte, completando, la pirámide de ensayos.

PALABRAS CLAVE: Termoplásticos, Consolidación in-situ (ISC), Revestimiento, Ala.

LOW COST COMPOSITE METHODS FOR AUTOMOTIVE RACING APPLICATIONS

J. Sistach¹, F. Romero^{*1} y J. Sánchez¹

¹FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos

^{*}Fernando.romer@fidamc.es

RESUMEN

In the scope of Formula Student projects, budget is always a limitation that influences the design and manufacturing processes.

MAD Formula Team project works to develop low-cost, high-performance manufacturing processes that require the minimum possible amount of resources, while maintaining the quality requirements set by the competition standards. These methods include various composite processes, such as prepreg and various out-of-autoclave technologies such as wet layup and compression molding, depending on the characteristics and requirements of the part to manufacture.

These parts are assembled into a Formula Student prototype that then competes against other universities in international venues, which allows the processes to be tested in real life conditions, where performance of each individual part will highly affect the end result.

PALABRAS CLAVE: Formula Student, low-cost manufacturing

INTEGRATED NANO-ENABLED HEATERS FOR AUTOMOTIVE COMPOSITE PANELS TO ENABLE EXTERNAL AIRBAG ACTIVATION

R.Seddon^{1*}, M.Chapartegui¹, I.Gaztelumendi¹, S.Florez¹, N.Romero², R.Fernandez²

¹Fundacion Tecnia Research and Innovation

²Igestek Increase & Win s.l

*richard.seddon@tecnalia.com

SUMMARY

OASIS is a single-entry point for scale-up of Innovative Smart lightweight polymer matrix and aluminium composite materials and components. OASIS offers technological and business support services for accelerated innovation studies and success in industrialisation, market penetration and commercialisation of nano-enabled products (NEPs). IGESTEK (Spain) is a leading company in the development of technology projects: specialized in lightweight solutions using plastics and composite materials. In collaboration with Tecnia (Spain), IPC (France), University of Patras (Greece), UCLM (Spain), TMBK (Poland) and AMIRES (Czech Republic) they identified an opportunity for the development of a heating system based on buckypapers (MWCNT sheets) for automotive exterior bodywork panels manufactured using recyclable thermoplastic composite material via a press moulding method.

Heater integration was screened using resistive heating, simple mechanical and microscopy analysis of the test panels. Coupon panels were manufactured (using optimised processing conditions) for thermal, DMA, SEM and ILSS analysis. Non-destructive testing (NDT) analysis via IR thermography was also carried out. A prototype mould was designed and manufactured for the fabrication of representative demonstrator parts (1:3 scale car bonnet panel). Electrothermal simulations of four heater configurations were calculated, leading to the selection of two final demonstrator configurations. Ten functioning demonstrator panels were successfully manufactured based on these two designs. Thermal assessment of the integrity of the heaters was carried out via electrical resistive heating and IR thermography. The results of the collaboration confirmed that NEP based thin film heaters could successfully be integrated into thermoplastic composite panels via a compression thermoforming process.

KEYWORDS: Nano-technology, Buckypaper, Smart composites, Improved safety, Structural component

DISEÑO DE MOLDES DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA FABRICACIÓN ADITIVA BASADA EN EXTRUSIÓN

E. Bellvert^{*1}, J.C. Antolín-Urbaneja¹, H. Vallejo¹, J.I. Hernández ¹, J. Gayoso¹

¹TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Mikeletegui
Pasealekua 2, 20009 Donostia-San Sebastián, Spain

^{*}eduard.bellvert@tecnalia.com

RESUMEN

La fabricación aditiva mediante extrusión de materiales termoplásticos en formato pellet se está convirtiendo en una tecnología prometedora que trata de competir con tecnologías de fabricación convencionales. En este sentido, permite depositar una alta cantidad de material (kg/h), pudiendo generar preformas de moldes termoplásticos en un tiempo razonable que permita rivalizar con los precios del mecanizado de moldes metálicos de gran tamaño. Sin embargo, aún es necesario analizar sus limitaciones productivas, abordando soluciones desde el punto de vista de la selección de los materiales, el propio diseño del molde y los postprocesos necesarios para la obtención de moldes operativos para la fabricación de piezas con materiales compuestos.

En concreto, dentro del Proyecto MOLDAM cofinanciado por el EIT Manufacturing, se ha seleccionado un material termoplástico reforzado con fibra de carbono (PA6/CF) en formato granza para la fabricación aditiva basada en extrusión de alta tasa de deposición. Se ha realizado una amplia campaña de ensayos del material extruido, para caracterizar sus propiedades termo-mecánicas en las direcciones de deposición y a diferentes temperaturas, basada en los requisitos de los casos de uso (sector aeronáutico y eólico).

El objetivo ha sido desarrollar una metodología de diseño iterativo de moldes, en la que se utilizan herramientas avanzadas de Ingeniería asistida por ordenador (CAE), para simular y calcular el comportamiento termo-mecánico de los moldes mediante el análisis de elementos finitos (FEA), definiendo así los espesores y rellenos óptimos para garantizar la integridad estructural del molde en las condiciones de curado de las piezas en autoclave ($P=7\text{bar}$, $T^a=180^{\circ}\text{C}$).

PALABRAS CLAVE: Diseño, moldes, fabricación aditiva basada en la extrusión.

DESARROLLO DE UNA TECNOLOGÍA BASADA EN DOFS PARA LA MONITORIZACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN E INTEGRACIÓN CON MATERIAL COMPUESTO

A. Pedraza ^{*1}, D. del Río¹ y A. Fernández-López¹

¹Universidad Politécnica de Madrid, ETSIAE

^{*}a.pedraza@upm.es

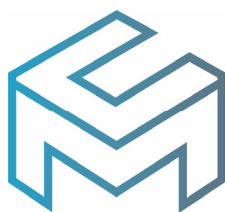
RESUMEN

Aunque las tecnologías basadas en DOFSs (*Distributed Optical Fiber Sensors*) son de sobra conocidas, su aplicación al campo de los materiales compuestos se ve fuertemente limitada en situaciones en las que coexisten fenómenos mecánicos y térmicos. Las soluciones comúnmente aplicadas pasan por la integración de sensores en paralelo o el uso de fibras ópticas modificadas. Estas soluciones aumentan la complejidad del sistema y el precio, haciendo en muchos casos imposible su aplicación en determinados problemas como la fabricación e integración de estructuras de material compuesto.

Es por ello, que se ha desarrollado un método capaz de desacoplar las medidas de temperatura y deformación obtenidas. El interrogador empleado en este caso es un ϕ -PA-OFDR y dado que este interrogador proporciona información tanto sobre la fase como el estado de polarización de las señales, se han aplicado técnicas de análisis de espectro cruzado para obtener una magnitud que sea dependiente de temperatura y deformación. Esta magnitud, junto con el ya conocido Desplazamiento Espectral, conforma un sistema capaz de desacoplar los fenómenos térmicos de los mecánicos.

Así, esta nueva tecnología es aplicable a procesos en los que temperatura y estado de deformación evolucionan con el tiempo y es por ello que se ha querido hacer una prueba de concepto. Mediante probetas fabricadas con preimpregnado IM7/8852 e instrumentadas con fibras embebidas en varias capas de su interior, se han monitorizado los procesos de curado, con diferentes útiles y secuencias de apilado. Después, los datos experimentales obtenidos han sido correlados con modelos de ESAComp.

PALABRAS CLAVE: SHM, monitorización del curado, medida distribuida, esfuerzos residuales, OFDR



MATCOMP

XV CONGRESO NACIONAL
DE MATERIALES COMPUESTOS
GIJÓN 2023

COMPOSITE GRAFITO–SILICIO EN APLICACIONES DE GESTIÓN DE ENERGÍA

Juan Piñuela-Noval ^{1,*}, Daniel Fernández-González ¹, Marco Agostini ², Marta Suárez ¹, Luis Felipe Verdeja ³, Maria Assunta Navarra ², Adolfo Fernández ¹, Sergio Brutti ²

¹ Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CINN-CSIC), Universidad de Oviedo (UO), Principado de Asturias (PA), Avda. de la Vega, 4-6, 33940, El Entrego, Asturias, España.

² Dipartimento di Chimica, Università di Roma La Sapienza, p.le Aldo Moro 5, 00185 Roma, Italia.

³ Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Escuela de Minas, Energía y Materiales, Universidad de Oviedo, Calle Independencia, s/n, 33004, Oviedo/Uviéu, Asturias, Spain.

*j.pinuela@cinn.es

RESUMEN

El almacenamiento de energía ha tomado gran relevancia en los últimos años debido a: la crisis energética mundial surgida en torno al cambio climático, la escasez de recursos tradicionalmente empleados como el carbón, gas natural o petróleo, y la necesidad de mejora en dispositivos electrónicos, los cuales tienden a la ligereza y la miniaturización a la vez que se incrementan sus prestaciones tecnológicas.

En este ámbito, han ido surgiendo baterías cada vez más sofisticadas en cuanto a diseño y capacidad. Es por ello por lo que, las baterías ion-Litio (LIBs) se han asentado como una de las más empleadas en almacenamiento energético. El grafito se ha empleado como el material activo en el ánodo de estas baterías. Sin embargo, su escasa capacidad teórica (372 mAh/g) hace imprescindible la búsqueda de nuevos materiales que lo puedan sustituir como, por ejemplo, el silicio, cuya capacidad teórica puede alcanzar los 3500 mAh/g. Sin embargo, problemas durante los procesos de litación, con variaciones de volumen que alcanzan el 300%, limitan al silicio puro como material para el ánodo.

Por lo tanto, en este trabajo se presenta un composite grafito–silicio como material activo anódico para baterías ion-Litio. La novedad se encuentra en la forma de obtener el silicio, partiendo de precursores orgánicos ((3-Aminopropyl)triethoxysilane) y depositándolo en la superficie del grafito mediante el proceso de síntesis coloidal. La caracterización electroquímica del composite reporta una mejoría tanto en capacidad como en estabilidad con respecto al grafito.

PALABRAS CLAVE: Baterías ion-litio, Grafito, Silicio, Síntesis coloidal, Materiales Compuestos, Electroquímica

COMPOSITES DE GRAFITO CON CARBURO DE CROMO CON POTENCIAL APLICACIÓN EN DISIPACIÓN DE CALOR

Daniel Fernández-González ^{1,*}, Marta Suárez ¹, Juan Piñuela-Noval ¹, Cristian Gómez-Rodríguez ², Luis Antonio Díaz ¹, Adolfo Fernández ¹

¹ Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CINN-CSIC), Universidad de Oviedo (UO), Principado de Asturias (PA), Avda. de la Vega, 4-6, 33940, El Entrego, Asturias.

² Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, Campus Coatzacoalcos, Universidad Veracruzana, Av. Universidad Km 7.5 Col. Santa Isabel, Coatzacoalcos, 96535, Veracruz, México.

*d.fernandez@cinn.es

RESUMEN

La disipación de calor es un aspecto que cada vez adquiere mayor importancia de cara a incrementar la eficiencia en el uso de la energía y prolongar la vida útil de los equipos. Tradicionalmente, la disipación de calor se ha llevado a cabo con metales, pero con el incremento de las necesidades de los equipos y dispositivos, los materiales compuestos han ido ganando importancia.

Los composites de base grafito están adquiriendo gran importancia en la disipación de calor, especialmente cuando el material disperso son metales o carburos metálicos. Esto es por los elevados valores de conductividad térmica combinados con unas buenas propiedades mecánicas y ligereza. La investigación se ha centrado hasta la fecha en los materiales compuestos de grafito con carburo de molibdeno, pero existen otros materiales compuestos con gran potencial, como el que se propone en este trabajo: el grafito-carburo de cromo (II).

Para evaluar la potencialidad del material compuesto grafito-Cr₃C₂ en disipación de calor, se mezclaron los materiales de partida en molino de bolas, y posteriormente se prepararon probetas de 40 mm de diámetro por aplicación de una presión uniaxial de 60 MPa. El material en verde se sinterizó a 2000 °C con una presión de 30 MPa empleando Spark Plasma Sintering. El material sinterizado presenta unas conductividades eléctrica y térmica en el plano de 1.08 MS/m y 215 W/m·°C, respectivamente, y una resistencia a flexión de 113 MPa, lo que hace al material compuesto interesante para su aplicación en disipadores de calor.

PALABRAS CLAVE: Propiedades eléctricas, Propiedades mecánicas, Propiedades Térmicas, Spark Plasma Sintering, Materiales Compuestos

FABRICACIÓN DE UNA SECCIÓN DE COCHE DE TREN UTILIZANDO PROCESOS DE LAMINACIÓN EN AUTOMÁTICO

M. Ordóñez¹, M. Zuazo¹, E. de la Guerra², X. Valor³, J. Arrabal³, C. Eraso³ y B. Lopez¹

¹FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de los Materiales Compuestos. Avda. Rita Levi-Montalcini 29, 28906 Getafe, Madrid, España

²Patentes Talgo S.L. Paseo del tren Talgo, 2 28290 Las Matas – Madrid, España

³Aernnova Composites. Portal de Gamarra, 40, 01013 - Vitoria-Gasteiz, Álava, España

*maria.ordonez@fidamc.es

RESUMEN

Dentro de la plataforma europea Europe's Rail, que pretende englobar los estudios y desarrollos realizados dentro del sector ferroviario, nace el proyecto PIVOT-2, donde se aborda la implementación en vía de vehículos ligeros y respetuosos con el medio ambiente, reduciendo el consumo energético y por tanto las emisiones de CO₂ que derivan del ámbito del transporte.

Para cumplir dichos objetivos, dentro del proyecto se buscará conseguir el aligeramiento de estructuras primarias. Parece por tanto clave analizar el empleo de materiales compuesto en un sector donde su uso hasta el momento ha estado muy limitado, debido en gran medida a las restricciones en cuanto a seguridad contra incendios se refiere (EN45545).

Del mismo modo, los procesos de fabricación utilizados ampliamente en sectores como la industria aeroespacial deben adaptarse a las características del sector ferroviario, así como al empleo de materiales con distintas características tales como mayor gramaje o espesor por capa.

Para ello, se evaluará el encintado en automático de distintos materiales válidos para el sector ferroviario. Se analizará el comportamiento de los laminados planos, así como la laminación del material sobre estructuras de núcleo. Por último, se fabricará una sección de coche de tren utilizando el ATL, con el fin de evaluar los problemas asociados con este diseño y proceso en particular.

PALABRAS CLAVE: Ferrocarril, prepreg, ATL

MEJORA DEL COMPORTAMIENTO A IMPACTO DE PLACAS FORJADAS DE COMPOSITE REFORZADAS CON CINTAS DE FIBRA CONTINUA

U. Olaziregi^{*1}, M. Baskaran¹, A. Esnaola¹, U. Morales¹, J. Aurrekoetxea¹

¹Mondragon Unibertsitatea, C/Loramendi 4, 20500, Arrasate-Mondragon, Spain

*uolaziregi@dmndragon.edu

RESUMEN

La concepción de componentes estructurales con materiales compuestos termoplásticos se enfrenta a un dilema a la hora de seleccionar el binomio material/proceso de fabricación. Los reforzados con fibras continuas son los que mejores propiedades presentan, pero su libertad de diseño es pequeña y se limita a piezas de tipo cáscara. Por el contrario, los procesos de fabricación para fibra discontinua, inyección (LFT) y forja (GMT), permiten la obtención de geometrías complejas, pero sus propiedades mecánicas son sustancialmente más bajas. De hecho, el LFT y GMT son importantes en la actual industria de automoción, pero sus aplicaciones están limitadas a componentes semiestructurales o del interior de geometría compleja cuya funcionalidad está más orientada a la integración de funciones que a soportar elevadas cargas mecánicas. La hibridación de materiales compuestos de fibra discontinua con materiales de fibra continua se presenta como una vía prometedora para obtener un efecto sinérgico de ambas tecnologías.

En el presente trabajo se ha caracterizado el comportamiento a impacto de placas forjadas de poliamida reforzada con fibra de vidrio (GMT). En un primer bloque se ha estudiado el efecto de la temperatura de procesado, concluyendo que aumentar la temperatura favorece la compactación, y en consecuencia la resistencia al impacto. Por otra, el efecto de la hibridación con cintas unidireccionales como refuerzo ha surgido el mismo efecto positivo en las temperaturas de procesado estudiadas; mejorar en más de un 25% tanto la fuerza máxima como la energía disipada.

PALABRAS CLAVE: Forja, Matriz poliamida, Fibra corta, Fibra continua, Impacto

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE NUCLEOS MEDIANTE IMPRESIÓN 3D PARA LA INTEGRACION DE CELULAS FOTOVOLTAICAS EN PANELES SANDWICH

I. Sukia¹, A. Esnaola¹, J. Aizpurua², W. Cambarau², J.M. Hernández² y J. Aurrekoetxea¹

¹ Mondragon Unibertsitatea, C/Loramendi 4, 20500, Arrasate-Mondragon, Spain

² Tecnalia, Pº Mikeletegi 2, 20009, San Sebastian, Spain

*isukia@mondragon.edu

RESUMEN

Los paneles sándwich multifuncionales que puedan aligerar y a la vez generar energía eléctrica son estratégicos para muchos sectores industriales, como por ejemplo en techos de vehículos eléctricos o drones. El presente trabajo analiza la integración de células fotovoltaicas de silicio cristalino entre las pieles de vidrio/epoxy y el núcleo fabricado mediante impresión 3D con una poliamida reforzada con fibras discontinuas de carbono. La impresión 3D ha permitido desarrollar núcleos ligeros y resistentes, con alojamientos integrados para el cableado y la caja de conexiones que van dentro de la estructura sándwich, además de facilitadores para el proceso de infusión de las pieles.

El diseño del núcleo, con unas rampas en la periferia, facilita tanto el laminado como el flujo de impregnación en el proceso de infusión como las operaciones de recantado tras la infusión. Los resultados, en los que se comparan las prestaciones del panel sándwich con y sin células fotovoltaicas integradas, muestran que el efecto en las propiedades mecánicas del panel sandwich no es muy significativa. La fuerza máxima registrada bajo una carga compleja de flexo-torsión es un 11% inferior con células, pero en ningún caso se ha observado fenómenos de delaminación. En cuanto a las energías de penetración bajo cargas cuasi-estáticas e impacto, las energías registradas para las estructuras con célula fotovoltaica son un 5% y 2% menores respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Célula fotovoltaica, Panel sándwich, Impresión 3D, Infusión

REDISEÑO DE PIEZA DE AUTOMOCION EN SMC MEDIANTE OPTIMIZACION TOPOLOGICA

K. Zulueta^{*1}, I. Madina¹, P. Larreategi¹, J. L. Vilas² y A. Arrillaga¹

¹Leartiker S. Coop., Xemein Etorbidea 12^a, 48270, Markina-Xemein, Bizkaia

²Macromolecular Chemistry Research Group (Labquimac), University of the Basque Country (UPV/EHU), E-48940, Leioa, Bizkaia

*kzulueta@leartiker.com

RESUMEN

El aligeramiento de los vehículos ha sido y sigue siendo uno de los principales objetivos de la industria de la automoción. Por una parte, para reducir el consumo de combustible en vehículos de combustión interna, y, por otra parte, para tratar de maximizar la autonomía de los vehículos eléctricos. En este aspecto, los materiales poliméricos compuestos, tales como los materiales Sheet Molding Compound (SMC), juegan un papel determinante, sin embargo, su empleo en piezas estructurales requiere de técnicas de diseño y simulación adecuadas. De cara a maximizar las posibilidades de diseño, en las fases de conceptualización del proceso de desarrollo de producto, las herramientas de optimización topológica abren muchas posibilidades. No obstante, el empleo de esta técnica en materiales SMC genera ciertas incertidumbres debido a la naturaleza del material.

En este contexto, en este trabajo se ha sustituido una pieza metálica por una versión de esta en SMC y en la etapa de diseño conceptual se han empleado herramientas de optimización topológica. Se han analizado las posibles variantes a la hora de introducir los datos mecánicos del material, debido a su naturaleza anisotrópica, así como la influencia de la temperatura en las mismas, debido a que en el entorno de trabajo la pieza está sometida a 130 °C. Para ello, se han moldeado muestras de material y se ha llevado a cabo una caracterización mecánica para conocer el comportamiento del material con respecto a la orientación de fibras y temperatura. Después, mediante la herramienta de diseño PTC Creo, se ha realizado una optimización topológica y su posterior adaptación para mejorar la procesabilidad del componente. Las versiones mas prometedoras se han validado virtualmente mediante elementos finitos con el software Abaqus.

En conclusión, este trabajo ha demostrado la viabilidad del empleo de técnicas de optimización topológica en el diseño conceptual de componentes con materiales SMC. Además, en combinación con técnicas de simulación mediante elementos finitos, han demostrado ser herramientas que reducen y perfeccionan el desarrollo de producto en materiales compuestos.

PALABRAS CLAVE: Optimización topológica, SMC, desarrollo de producto, diseño conceptual.

CUSTOMISED AND INTEGRATED SOLE FOR CYCLING MANUFACTURED BY 3D PRINTING OF CONTINUOUS CARBON FIBRE REINFORCED POLYAMIDE

A. Esnaola*, U. Morales², M. Iragi, L. Aretxabaleta and J. Aurrekoetxea

¹Mondragon Unibertsitatea, C/Loramendi 4, 20500, Arrasate-Mondragon, Spain

*aesnaola@mondragon.edu

ABSTRACT

Customised cycling soles are extremely complex to design and manufacture since the plantar pressure distribution and anatomical shape are specific for every foot. This paper explores the potential of topology optimisation and additive manufacturing of continuous fibre reinforced plastic. The highly abstract material distribution resulting from the topology optimization software was interpreted considering the additive manufacturing constraints for getting the detailed design. The selected printing strategy consisted of concentric fibre orientation to better fit load-paths, and the build-orientation aimed to maximise the fibre content, resulting in 30 hours for printing each sole. Regarding the specific stiffness at the hallux and the heel, the new soles are at least 60% higher comparing with a commercial one. Therefore, it has been confirmed that the proposed approach is a powerful tool to design the cycling shoe adapted to the local stiffness of each foot.

KEYWORDS: 3D printing, Continuous Fibre Reinforced Plastic, Topology Optimisation, Design for Additive Manufacturing

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO POR ULTRAVIOLETA DE UN PROCESO DE FABRICACION DE PIEZAS

I. Ávila¹, F.J. Vallejo^{*1} y A. Uriarte¹

¹Ideko S. Coop.
fjvallejo@ideko.es

RESUMEN

Actualmente, la fabricación de piezas de composite de fibra de vidrio para la industria automotriz está limitada por los tiempos de curado de las resinas. El curado de este tipo de piezas se suele hacer a temperatura ambiente, lo que conlleva tiempos de espera de hasta 48h.

El propósito de este estudio es analizar los tiempos de curado de las piezas fabricadas con resina de curado ultravioleta con el fin de sustituir el convencional curado por temperatura. En el caso del curado por radiación ultravioleta, la geometría de la pieza tiene una significativa importancia en los tiempos de curado.

Para la realización de este estudio se ha caracterizado la lámpara UV con el fin de determinar la irradiancia a diferentes distancias. Una vez obtenida la irradiancia en función de la distancia, se ha determinado el tiempo de curado de las probetas de preimpregnado mediante un análisis dieléctrico (DEA). Finalmente, se ha analizado la influencia de los ángulos de las piezas en el tiempo total.

Como resultado, se ha obtenido un modelo matemático capaz de aproximar el tiempo de curado de diferentes tipos de piezas en función de su geometría y distancia al foco. De esta manera, es posible crear una estrategia que optimice el proceso.

Este proceso es mucho más eficiente que el hasta ahora utilizado hand lay-up por lo que podría ser un buen sustituto si se quiere aumentar la producción de piezas de composite de fibra de vidrio.

PALABRAS CLAVE: Fabricación, Ultravioleta, Fibra de vidrio, Prepreg, Curado

MODIFICACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE PIEZAS IMPRESAS MEDIANTE SU HIBRIDACIÓN CON RESINA TERMOESTABLE

J.L. Gómez*, S. Neira, A. Allue, K. Gondra, D. Pineda

GAIKER Technology Centre, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Spain

*gomez@gaiker.es

RESUMEN

Las prestaciones finales que se obtienen en las piezas plásticas impresas, con cualquiera de las tecnologías de impresión empleadas (extrusión, sinterizado laser, baño de resina fotopolimerizable, inkjet) dependen de las características de los materiales de impresión procesados, y de las variables y estrategias utilizadas en el proceso de fabricación de las piezas.

En el presente estudio, utilizando la tecnología de extrusión de filamento, se ha analizado la hibridación con resina polimérica termoestable de piezas termoplásticas impresas, con vistas a su utilización como moldes en procesos de moldeo de plásticos y composites.

La impresión 3D por extrusión termoplástica, además de permitir la utilización de un amplio catálogo de materiales, facilita el proceso de hibridación de las piezas impresas, escogiendo en la construcción de las piezas, distintos valores de las variables como el espesor de piel, el espesor de pared, o el patrón y % de relleno, con el que construir capa a capa las piezas impresas. Actuando en los valores de estas variables, es posible generar porosidad superficial e interna, o conseguir piezas vaciadas con paredes sólidas, o con dobles paredes que serán las que definan los detalles geométricos y el acabado superficial de la pieza final.

El estudio de la hibridación se ha realizado principalmente con PC ABS como matriz de impresión termoplástica y con resina termoestable de vinilester-epoxi como material de relleno. Las características de la resina termoestable utilizada en la hibridación se pueden modular mediante el diseño de su composición, para conseguir prestaciones o funcionalidades adicionales con las piezas impresas, como resistencia térmica, mecánica, conductividad o aislamiento térmico o eléctrico.

PALABRAS CLAVE: Impresión 3D, hibridación, utillajes, conformado.

IMPACT PROPERTIES OF LAYER BY LAYER IN SITU UV CURED COMPOSITES

**I. Ruiz de Eguino^{*1}, I. Saenz-Dominguez², I. Tena¹, M. Sarrionandia¹,
J. Aurrekoetxea¹**

¹ Mondragon Unibertsitatea, C/Loramendi 4, 20500, Arrasate-Mondragon, Spain

² Irurena Group, Ctra. de Tolosa s/n, 20730, Azpeitia, Spain

*iruzdeeguino@mondragon.edu

RESUMEN

Fast and eco-friendly composite curing technologies are highly sought after, and ultraviolet (UV) curing offers both features. UV curing can be applied as a bulk curing technology as long as light arrives at all the points in the material with enough intensity. Additionally, the outer layer cures almost instantaneously, reducing the emission of volatile organic compounds. Despite its benefits, the implementation of UV curing technology in composites manufacturing is still in an early stage, and more basic knowledge about its principles needs to be generated. For instance, when curing considerably thick laminates, the light arriving at the points in the material further from the exposed surface is insufficient for a one shot consolidation, requiring a layer-by-layer curing strategy.

In the present paper, we explore several approaches for the layer-by-layer curing of a glass fibre reinforced unsaturated polyester composite. We assessed the impact properties of the manufactured laminates through drop weight low velocity impact tests to quantitatively evaluate the different approaches. We found that the laminate cured in three steps, applying four plies by shot, had the best impact performance, followed by the composite cured in two steps. On the other hand, the laminate cured in one shot had the worst impact properties, dissipating 20% less energy than the best performing laminate. Therefore, we conclude that the bonding of the UV cured laminates is tough and that the residual stresses induced during manufacturing are lessened the thinner the layers cured in each step are.

PALABRAS CLAVE: Ultraviolet curing, Impact, Manufacturing, Layer by layer

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PIEZAS OBTENIDAS MEDIANTE IMPRESORAS 3D: FDM Y LFAM

A. Borrell^{*1}, R. Benavente¹, F. Salas¹, J. Lluch^{2,3} y J.A. García-Manrique³

¹Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València,
Camino de Vera, s/n, 46022 Valencia, Spain

²Grupo de Investigación en Ingeniería, Florida Universitària, 46470 Catarroja, Spain

³Instituto de Diseño para la Fabricación y Producción automatizada (IDF), Universitat
Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, 46022 Valencia, Spain

*aborrell@upv.es

RESUMEN

La búsqueda de soluciones para la fabricación de nuevos materiales parte de la idea de utilizar tecnologías más eficientes, respetuosas con el medio ambiente e integradas con las tecnologías actuales. Este reto puede abordarse mediante la implementación de la Fabricación Aditiva y los Híbridos Digitales a la fabricación de moldes y utillajes de materiales compuestos de fibras largas de alto rendimiento. El punto de partida de este trabajo es la utilización de la tecnología de Fabricación Aditiva de Gran Formato (LFAM) en la obtención de moldes de gran tamaño para la producción de componentes de alta calidad para la movilidad sostenible. Una vez finalizada la vida útil del molde, puede reciclarse y utilizarse para la misma aplicación, con lo que no se generan residuos de ningún tipo. De este modo, puede eliminarse la costosa fabricación del molde metálico tradicional, con las correspondientes ventajas medioambientales y la posibilidad de personalización del producto final.

En este trabajo se han utilizado dos tipos de impresoras 3D con la misma tecnología, de pequeño formato y de gran formato, para extrapolar los resultados y garantizar que el proceso sea escalable. De esta forma se ahorra tiempo, energía y material de ensayo. Una vez obtenidas las piezas por ambas máquinas, se realizarán diferentes ensayos mecánicos para realizar una comparativa. Se utilizarán pellets de ABS con un 23% de fibra de carbono.

Esta comunicación es parte del proyecto de I+D+i ayuda TED2021-130879B-C21, financiado por la AEI/10.13039/501100011033.

PALABRAS CLAVE: Fabricación aditiva; Propiedades mecánicas; Impresora 3D industrial a gran escala; Sostenibilidad

IMPLEMENTATION GUIDELINES FOR THE APPLICATION OF INNOVATIVE COMPOSITE MANUFACTURING PROCESSES IN THE SHIPBUILDING INDUSTRY

I. Saenz-Dominguez^{*1}, I. Tena², I. Ruiz de Eguino², A. Arruti² y R. Pereira³

¹Irurena Group., Ctra. de Tolosa s/n, 20730, Azpeitia, Spain

²Mechanical and Industrial Production Department, Mondragon Unibertsitatea,
Loramendi 4, 20500, Mondragon, Spain

³Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering (INEGI),
Porto, Portugal

^{*}i.saenz@irurenagroup.com

ABSTRACT

Composites are still playing an important role in the strategic agendas of industries associated with the transport sector, such as the shipbuilding industry. This is mainly because composites are a key element in lightning structures due to their elevated strength-to-weight characteristics, excellent corrosion resistance and low maintenance costs. However, the production capacity in the number of Fibre Reinforced Polymer (FRP) ships nowadays is not achieving its full potential due to high total production costs. Thus, to maintain or even expand the competitive position of the EU shipbuilding industry it is essential to improve, optimize and automate the production processes for FRP parts.

The European Project Fibre4Yards (*This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006860*) addresses this challenge through the implementation of the Shipyard 4.0 concept and applying innovative FRP manufacturing technologies to the shipbuilding industry such as: curved pultruded profiles, automated fibre placement (ATP), adaptive moulds, additive manufacturing, and hot stamping.

This work proves that during the adaptation process of certain manufacturing technologies to a new market, the decision-making stage must follow some specific steps: from the first analysis of the technical feasibility and the perception of the market of each technology, to the final measurements of the achieved improvements. Therefore, in this paper, implementation guidelines on adapting new composite manufacturing processes to the shipbuilding industry are presented, based on their evolution from the initial state to the final improvements.

PALABRAS CLAVE: Shipbuilding, manufacturing, optimisation, cost, guidelines.

ESTRUCTURA LIGERA DE COCHE (TALGO) DE ALTA VELOCIDAD. MATERIAL COMPUESTO EN MATERIAL RODANTE FERROVIARIO

**F.J. García*¹, E. de la Guerra¹, M. Cerdeira¹, J. Fernández¹, V. Meroño¹
C. Eraso², J. Arrabal², X. Valor², B. Lopez³, M. Ordoñez³ y M. Seco⁴**

¹Patentes Talgo

²Aernnova

³FIDAMC

⁴Tecnalia

*fjgarcia@.talgo.com

RESUMEN

Actualmente el sector ferroviario demanda nuevos diseños más ligeros en los componentes estructurales del material rodante que compensen el incremento de peso debido tanto a la incorporación de nuevas tecnologías para confort y experiencia de pasajeros, así como para afrontar los nuevos retos medioambientales (reducción emisiones, consumo energía, etc.).

Con este objetivo Aernnova-Talgo-FIDAMC-Tecnalia han procedido a realizar un diseño de estructura de coche de pasajeros para Alta Velocidad que introduce hasta un 70% de material compuesto de altas prestaciones (CFRP). Esto permite conseguir reducciones de peso superiores al 20% si lo comparamos con la estructura original 100% de aluminio.

La solución combina bastidor, laterales y techo en una solución integral en CFRP con la solución habitual en aluminio soldado para los testeros de cierre.

El uso del material compuesto para estas estructuras, además, implica la introducción de métodos de fabricación no convencionales para el sector ferroviario (Semipreg-Sándwich-Pultrusión) con curado fuera de autoclave y el cumplimiento de los exigentes requisitos de fuego y humos de la EN 45545.

El proyecto tiene como objetivo final la validación en banco del prototipo conforme a estándares habituales del sector ferroviario, EN 12663.

PALABRAS CLAVE: Aligeramiento, Ferrocarril, CFRP, Coche, Aluminio.

APLICACIÓN DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO EN CONSOLIDACIÓN IN SITU DE MATERIALES COMPUESTOS CON MATRIZ DE TERMOPLÁSTICO

A. Guillén^{*1}, I. Martín², K. Fernández³, L. Moreno⁴, M. Zuazo⁵ y F. Domínguez⁶

¹FIDAMC

*adrian.guillen@fidamc.es

RESUMEN

El proceso de consolidación in situ de materiales compuestos con matriz termoplástica incluye el desarrollo de procesos de fabricación avanzados que tienen asociado el uso de láseres, el control preciso de la temperatura, la presión y la velocidad de deposición.

En este proyecto, se estudia la aplicación, el análisis de datos y el aprendizaje automático sobre el control de temperatura mediante láser para el futuro desarrollo un proceso industrial de consolidación in situ a alta velocidad de deposición.

El láser es capaz de variar condiciones de potencia en el ancho del haz. La captura de datos para generación de modelos, así como las pruebas reales de control, se han llevado a cabo en ensayos de encintado automático de paneles con un cabezal montado sobre un robot industrial.

Los resultados obtenidos indican que el uso de técnicas de aprendizaje automático para el control de procesos industriales con múltiples variables es altamente efectivo, mejorando la precisión del control de temperatura y la calidad del producto final. Además, el estudio realizado proporciona información relevante para el desarrollo de procesos de consolidación in situ más eficientes y automatizados en la fabricación de materiales compuestos con matriz termoplástica de piezas complejas en el futuro.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje automático, laminación automática, termoplásticos, análisis de datos

AUTOMATED FIBER PLACEMENT OF THERMOPLASTIC MATERIALS: TOWARD A NEW WAY OF CONTROLLING TEMPERATURE HOMOGENEITY.

D. Cartié^{*1}, S. Réquillé¹, Y. Blanchard¹ y M. Fariñas¹

¹Coriolis Composites, F56530 Quéven, France

*denis.cartie@coriolis-composites.com

ABSTRACT

Automated fiber placement (AFP) is a highly efficient process to produce thermoplastic matrix composite parts. This process involves heating, compaction and cooling steps that must be understood and controlled to achieve an optimal process for the manufacture of structural parts. Heating using a laser provides many advantages due to high energy density and efficient control that are beneficial for process control and productivity. However, the temperature distribution during the layup can be altered by process parameters, i.e., laser power, layup speed and compaction force. The geometric configurations of the laser and the temperature measurement device (IR camera) also need to be considered to control the heat flux distribution at the tape/substrate interface (nip point region) and temperature homogeneity of the part. The paper presents experimental results of the effect of the incident angle and ply orientation on the temperature measured by an IR camera (Fig 1). The paper also details a modelling scheme based on realistic kinematic simulations to determine the geometrical configuration and TCP speed instruction and process parameters. This digital brick prevents heating issues by predicting shadow areas and non-homogeneous heating to correctly identify critical zones using a colour-map of heating/power distribution (Fig 2) and therefore to optimize the program for part production (including modifications such as power/speed law). Usually considered as a draw back for the manufacture of thermoplastic composites by AFP processing, this work shows that the difficult determination of precise temperature during AFP layup can be compensated by an efficient control of heat homogeneity using an offline programming tool and innovative heat management.

KEYWORDS: Automated fiber placement; Heating control; Thermoplastic composites; Heat homogeneity.

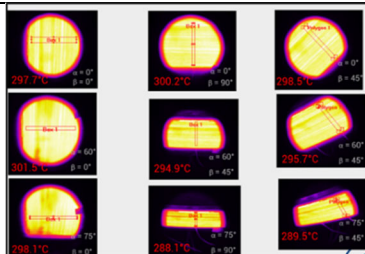


Fig. 1: Recorded thermographs for different incident angles and fiber orientations

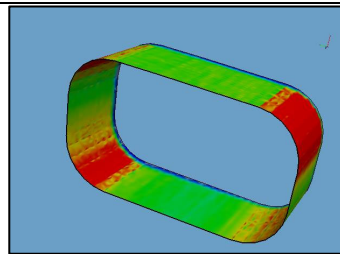


Fig. 2: Heat mapping visualization after simulation from SimuReal software.

FABRICACION DE PATAFORMA DRON MEDIANTE IMPRESIÓN 3D CON SENSORICA Y CABLEADO EMBEBIDO

E. Soria¹, R. Herrero^{*1}, E. Tellechea¹, G. Argandoña¹, M. Lasheras¹ y L. Jofré¹

¹NAITEC (Centro Tecnológico en Automoción y Mecatrónica)

*rherrero@naitec.es

RESUMEN

Para 2050 el 68% de las personas vivirán en zonas urbanas, lo que creará una creciente presión sobre la infraestructura de movilidad, incrementando ciertos aspectos problemáticos de las ciudades. A medida que las ciudades sean más grandes, la movilidad urbana eficiente y sostenible se convertirá en un desafío mayor. Para atajar esta problemática es fundamental poder diseñar las ciudades contando con las 3 dimensiones, y desarrollar tecnologías que permitan la movilidad aérea tanto de mercancías como de personas. Los drones se vislumbran como una solución a medio plazo a estos problemas.

Se ha fabricado un dron utilizando una impresora 3D de Composites. Se ha realizado el diseño del vehículo aéreo no tripulado (UAV) y la fabricación de los distintos elementos utilizando fibra larga y corta de carbono, buscando la configuración que proporcionase la mejor combinación de propiedades mecánicas con un menor peso del dron.

Se han diseñado e impreso galgas extensiométricas sobre sustrato flexible utilizando para ello una combinación de tintas conductoras y dieléctricas y las galgas se han embebido en el composite durante la fabricación de las piezas. Estas galgas embebidas permiten monitorizar la flexión producida en vuelo del frame del dron, monitorizar golpes y desperfectos durante la vida útil del dron e incrementar las funcionalidades en el UAV sin incrementar el peso del mismo y el número de elementos.

Asimismo, se ha sustituido el cableado convencional por cableado impreso realizando las conexiones entre los motores y los controladores de velocidad.

PALABRAS CLAVE: impresión 3D, composite, impresión electrónica, galgas embebidas

DESIGN AND MANUFACTURING OF THERMOPLASTIC CURVED FUSELAGE PANEL FOR LARGE PASSENGER AIRCRAFT

I. Martín⁽¹⁾, K. Fernández⁽¹⁾, J. Cuenca⁽¹⁾, S. Anaya⁽²⁾, K. Muñoz⁽³⁾

⁽¹⁾ FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales
Compuestos, ⁽²⁾ Aernnova, ⁽³⁾ Element Materials Technology Seville
*maria-isabel.martin@fidamc.es

SUMMARY

Due to the huge interest of the aeronautic industry for finding new solutions in terms of processes and materials to improve performances and to reduce costs, thermoplastic composite materials appeared as an attractive solution. The high temperatures required for processing this kind of materials and the lack of knowledge in the associated manufacturing processes make their application to structural parts more complex compared to that of thermoset composite materials.

The study presented here contains the design and modelling of a curved section of a fuselage reinforced with omega stringers and 'Z' curved frames. The requirements for designing were taken by considering a preliminary flat demo which was manufactured and tested. Following the manufacturing activities conducted with the flat demo, the stiffeners were obtained by hand lay-up and hot press forming, afterwards they were installed in a tooling with specific cavities and the skin was laminated on top. The lamination of the skin was conducted by using a gantry style machine from the Spanish supplier MTorres. The adhesion of the skin to the stiffeners was possible by increasing the temperature to melting point by using a diode laser.

After laminating the skin, the whole demo was demolded and inspected by non-destructive testing, showing a good quality in terms of the skin consolidation and in the welding line with the stiffeners.

This work was developed as part of LPA project (Large Passenger Aircraft) in the framework of the Clean Sky 2 JU program.

PALABRAS CLAVE: thermoplastic fuselage, in-situ consolidation, co-consolidation, curved stiffeners

UN GEMELO DIGITAL PARA SUPERVISAR EL PROCESO DE INYECCIÓN POR TRANSFERENCIA DE RESINA (RTM)

J. Fernández-León^{1,2}, K. Keramati^{2,3}, L. Baumela¹, C. González^{2,3*}

¹ Departamento de Inteligencia Artificial, Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. de Ingenieros Informáticos, 28660 Madrid, España

² Instituto IMDEA Materiales, C/Eric Kandel 2, 28906 - Getafe, Madrid, España

³ Departamento de Ciencia de Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, 28040 Madrid, España

[*c.gonzalez@upm.es](mailto:c.gonzalez@upm.es); carlosdaniel.gonzalez@imdea.org

RESUMEN

En este trabajo, los autores presentan un gemelo digital para analizar el proceso de fabricación de compuestos estructurales mediante moldeo por transferencia de resina (RTM). Durante el proceso de RTM, la preforma textil se impregna con una resina polimérica inyectada en un molde cerrado. La supervisión del proceso de inyección de resina es importante para reducir los defectos causados por las perturbaciones del proceso. En este caso, el gemelo digital se centra en la detección de flujo de resina no homogéneo producido por canales de resina del tipo *race-tracking* que desvían el flujo de resina directamente hacia las salidas del molde produciendo zonas con falta de impregnación. El núcleo del gemelo digital está formado por dos modelos subrogados basados en arquitecturas de aprendizaje profundo de máquinas del tipo encoder/decoder que proporcionan una respuesta rápida/precisa para su interrogación durante el proceso de fabricación. Ambos elementos subrogados fueron entrenados previamente utilizando datos sintéticos provenientes de simulación a través de OpenFoam. El primer modelo subrogado actúa como detector de la perturbación, proporcionando la representación de la permeabilidad del tejido a través de la información recogida por sensores de presión distribuidos por el molde. El segundo ofrece la representación en tiempo real de un conjunto de cantidades de interés (QoI): el progreso del flujo y el campo completo de presión en el interior del molde. El rendimiento del gemelo digital se evaluó comparando su respuesta frente a un conjunto de experimentos de RTM con distintos tipos de canales de resina.

PALABRAS CLAVE: Gemelo digital, moldeo líquido, modelos subrogados, aprendizaje profundo de máquinas

INFINITE: COMPUESTOS AEROESPACIALES SENSORIZADOS DIGITALMENTE DESDE SU FABRICACIÓN HASTA EL FINAL DE SU VIDA ÚTIL

A. Uriarte^{*1}, F.J. Vallejo¹, P. Olaskoaga¹, R. B. Garcia-Etxabe², D. Pineda², M. Botana-Galvín³

¹, IDEKO S.Coop., Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

² GAIKER Technology Centre, Basque Research and Technology Alliance (BRTA)

³ TITANIA, Ensayos y Proyectos Industriales S.L.

^{*}auriarte@ideko.es

RESUMEN

Uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la industria aeronáutica europea es la necesidad de ofrecer tecnologías digitales transformadoras para completar el ciclo de vida de las aeronaves y aumentar la competitividad. Esto ha llevado recientemente, por ejemplo, al desarrollo de nuevas superficies aerodinámicas, SHM y la incorporación de materiales multifuncionales tanto dentro de estructuras primarias como secundarias, entre otros.

Sin embargo, es necesario incorporar las ventajas de los sistemas de control inteligentes que se pueden utilizar para la monitoración in situ de la fabricación de alto valor, el mantenimiento, reparación y revisión (MRO) en servicio y el reciclaje al final de la vida útil (EoL).

El proyecto europeo INFINITE tiene como objetivo desarrollar sensores y analizadores basados en el uso de microhilos ferromagnéticos para ser embebidos en piezas estructurales compuestas, con el fin de monitorizar la fabricación y la salud estructural a lo largo de todo el ciclo de vida del componente. El sistema de monitoreo inalámbrico permitirá producir señales digitales y gran conjunto de datos vinculados con el espécimen para crear un gemelo digital de la estructura construida que también representará toda la historia desde que se fabricó a través de todas las operaciones de mantenimiento realizadas.

Esto proporcionará los medios para desarrollar una garantía de calidad precisa, rentable y personalizada de los componentes compuestos aeroespaciales a lo largo de toda su vida útil, asegurando que las estructuras aeroespaciales estén bien posicionadas para cumplir con las estrategias económicas circulares actuales, pero altamente exigentes.

PALABRAS CLAVE: microhilos ferromagnéticos, aeronáutica, control de ciclo de vida, control de fabricación, Fibra de carbono

EXTRUSIÓN COMPOUNDING ASISTIDA POR ULTRASONIDOS - VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

G. Francucci^{1*}, E.R. Sierra¹, M.E.R Sierra¹

¹Polymeric and Composites Processes (PCP), EURECAT Centro Tecnológico de Cataluña, Av. Universitat Autònoma, 23, 08290 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

* gaston.francucci@eurecat.org

RESUMEN

La adición de nanopartículas puede mejorar notablemente las propiedades de los polímeros. Sin embargo, la producción industrializada de nanocompuestos presenta el desafío tecnológico de dispersar correctamente las nanopartículas en la matriz polimérica. EURECAT ha desarrollado un dispositivo que puede conectarse a extrusoras de doble usillo estándar y proporcionar vibración ultrasónica al material fundido, pretendiendo de esta manera mejorar el grado de dispersión de nanopartículas. El presente trabajo presenta la validación experimental de esta tecnología, incluyendo la construcción de ventanas de procesamiento y la comparación de nanocompuestos obtenidos mediante extrusión compounding tradicional y asistida con ultrasonidos. Los nanocompuestos producidos consisten en 96% polipropileno y 4% nanoarcillas (Cloisite 20A). Las propiedades analizadas son: fluidez (MFI), propiedades mecánicas (tracción), propiedades de barrera al O₂ y microestructura (TEM). Los resultados de MFI y el aumento en la rigidez del material sugirieron una mejora en la dispersión de nanopartículas al utilizar el dispositivo de ultrasonidos, especialmente cuando la intensidad se ajustó al 60%. Sin embargo, los resultados disponibles a la fecha son de difícil interpretación por el acoplamiento de efectos opuestos causados por el ultrasonido: una mejor dispersión (disminuiría el MFI y mejoraría propiedades mecánicas) y una mayor degradación causada al polímero (efectos opuestos a los mencionados). Por lo tanto, se están llevando a cabo ensayos de barrera (al O₂) y microscopía electrónica de transmisión, que son técnicas más adecuadas para cuantificar el grado de dispersión aislando los efectos contrapuestos mencionados. Se prevé disponer de los resultados en el corto plazo y presentarlos en MATCOMP.

PALABRAS CLAVE: NANOCOMPOUNDS, EXTRUSIÓN COMPOUNDING, ULTRASONIDOS.

ESCALADO Y AUTOMATIZACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTIHIELO PARA ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS

M. R. Gude*, R. Maeso, J. Ávila, V. García-Martínez

FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos. Avda. Rita Levi Montalcini 29, 28906 Getafe, Madrid, Spain

*maria.r.rodriguez@fidamc.es

RESUMEN

La acumulación de hielo en las superficies exteriores de los aviones constituye un riesgo para la seguridad, además del efecto perjudicial que supone para el comportamiento aerodinámico. Los sistemas antihielo y deshielo más comunes no son compatibles con las estructuras de material compuesto debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan, no soportables por las matrices poliméricas. Por ese motivo, nuevos sistemas activos y pasivos emergen como posibles alternativas.

FIDAMC y el Grupo de Ciencia de Superficies y Nanoestructuras de la UCM han patentado (ES2734583, PCT/ES2020/070544) un recubrimiento con baja adhesión de hielo basado en una pintura aeronáutica. Para este desarrollo se utilizaron probetas de un tamaño reducido en las que las diferentes capas del recubrimiento fueron aplicadas mediante pistola aerográfica.

En este trabajo se ha llevado a cabo el escalado del recubrimiento antihielo y su aplicación automática para recubrir un demostrador representativo de un borde de ataque de material compuesto. La clave del escalado reside en el control de la morfología de la última capa, de sol-gel, que juega un papel fundamental en la obtención de una baja adhesión de hielo. Para recubrir superficies mayores ha sido preciso reajustar los parámetros de aplicación del recubrimiento. Además, para garantizar que durante todo el proceso los diferentes parámetros se mantenían constantes, la aplicación del recubrimiento completo se llevó a cabo con un robot programado para reproducir la compleja geometría de la pieza.

Este trabajo ha sido financiado por la Comunidad de Madrid, en el marco del Proyecto TEMACON (HUBS 49/520635.9/18).

PALABRAS CLAVE: antihielo, automatización, pintura

SMART MANUFACTURING APPROACH FOR DEVELOPING SHIPYARD 4.0 STRATEGY.

A. Rodríguez^{*1}, P.E. Sánchez del Corral¹

¹Técnicas y Servicios de Ingeniería S.L., Avda. Pio XII, 44, 28016 Madrid, Spain nº 1

*andres.rodriguez@tsisl.es

ABSTRACT

TSI is currently, among other activities, developing and managing smart manufacturing in the framework of the FIBRE4YARDS project, which has as one of its main objectives to increase the production capacity of shipyards for ships made of composite materials through the implementation of highly automated methods and the implementation of Industry 4.0 technologies. Within the project, several demonstrators of different parts of a catamaran and a patrol boat will be built using new manufacturing processes that will have the industry 4.0 philosophy implemented. For this, TSI has designed and built 6 monitoring systems, one for each manufacturing process, and collaborated in the development of the IoT platform for the Shipyard4.0. The objective of TSI is to improve the knowledge of the state of the manufacturing processes and to visualise in real time the parameters of interest of the different manufacturing processes.

This research has been carried out in the framework of the FIBRE4YARDS project, composed of relevant stakeholders from the shipbuilding and FRP sectors. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 101006860.

PALABRAS CLAVE: Composite Materials, Industry 4.0, Shipyard 4.0, Monitoring.

PREIMPREGNADOS “NO PERECEDEROS” GRACIAS AL USO DE RESINAS EPOXI DE CARÁCTER DINAMICO

A. Genua^{*1}, I. Aranberri¹ y A. Martínez¹

¹CIDETEC, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Paseo Miramón, 196,
20014 Donostia-San
Sebastián, Spain
*agenua@cidetec.es

RESUMEN

El uso de la tecnología 3R patentada por CIDETEC en la fabricación permite desarrollar composites termoestables intrínsecamente Reprocesables, Reciclables y Reparables (3R). Estos materiales son muy interesantes para sectores tan diversos como la energía, el transporte o la construcción, ya que mantienen las altas prestaciones de los composites termoestables convencionales y son procesables mediante tecnologías de fabricación habituales.

El uso de preimpregnados es uno de los métodos utilizados para fabricar composites termoestables, pero es un proceso intensivo en mano de obra y de alto coste. Además, la matriz epoxídica de los prepreps, que está parcialmente curada (denominada fase B) y pegajosa, requiere que sean almacenados en frío (refrigerados o congelados) y, una vez pasada la fecha de caducidad, no se pueden utilizar para formar un laminado consolidado por su falta de adherencia.

El carácter dinámico de la resina epoxi 3R aquí descrita permite fabricar lo que en inglés hemos nombrado como “enduring prepreps”, que son preimpregnados (semi-)curados, no perecederos, con la ventaja de que pueden ser almacenados a temperatura ambiente sin perder su capacidad de adherencia. Además, es posible procesarlos mediante técnicas tan diversas como el AFP (automated fibre placing) o el termoformado para fabricar piezas compuestas multicapa.

En esta comunicación se darán a conocer los últimos avances y los objetivos de varios proyectos europeos financiados en los marcos H2020 (CARBO4POWER – GA.953192) y Horizon Europe (BIO-UPTAKE -GA. 101057049 y GENEX -GA. 101056822) en los que se trabaja en el desarrollo y optimización de estos “enduring prepreps” para diferentes sectores.

PALABRAS CLAVE: Prepreg, vitrímero, reciclable, reprocesable, reparable.

EFFECT OF CHEMICAL ENVIRONMENT ON AGING AND MECHANICAL PERFORMANCE OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS FOR BEARING CAGES IN RAIL APPLICATIONS

O. Sanchez-Sobrado^{1*}, N. Višniakov², G. Bureika², R. Losada¹ y E. Rodriguez¹

¹ Advanced Materials, AIMEN, O Porriño, Spain

² Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, Lithuania

*olalla.sanchez@aimen.es

ABSTRACT

A study is presented on the response of thermoplastic and thermoplastic composite materials for bearing cages of bogie trains for rail applications. Glass Fiber reinforced Polyamide 66 (GF PA66) was proposed as commercial material already used as material for cages while Polyether Ether Ketone (PEEK) was proposed as novel polymeric candidate material due to its chemical stability and high mechanical performance. Accelerated aging tests were carried out to study the response of these materials to external chemical agents: polymer coupons were immersed in three different types of surrounding environments (air, oil and grease) during two different times (250h and 500h) and at two different temperatures (Room Temperature, RT, and 140°C). Afterwards, a complete set of tests and characterization procedures have been carried out to evaluate the effects of the chemical environment in the mechanical and physical properties of the polymers, which is one of the major concern in the area since cages are permanently soaked in lubricant during their operation life.

GR PA66 present better global mechanical properties due to the important glass fiber load (30 %). But values obtained also shows that PEEK remains unalterable under different aging conditions. Also, SEM pictures, weight loss measurements as well as hardness and tribology testing show that PEEK responds better than GR PA66 to the aging tests under different parameters studied. According to the results it can be suggested that PEEK might be considered as a suitable potential alternative, when necessary, in applications with a high resistance to chemical environment requirements.

KEYWORDS: chemical environment, GRPA66, PEEK, accelerating aging test, mechanical properties

BUCKLING OF COMPOSITE MATERIAL PANELS WITH HOLES

Jose Antonio Martín Esteban, Miguel Huertas Collado

Airbus Operations

Miguel.huertas-collado@airbus.com

KEY WORDS: Analytical method, Rayleigh-Ritz, buckling, holes, finite element method (FEM)

ABSTRACT

The stability of composite material plates is being developed following basically two procedures: finite elements models and mathematical approaches using the energy method. The advantage of the finite element models is that they can be used with any geometry, configuration and loads combination. However, it requires a significant pre-processing, computation and post-processing time of the results. On the other hand, analytical methods require much less time to obtain the results compared to them, but are limited to just basic geometries, such as rectangular panels without lightening holes.

In this work, an analytical approach based on energy method for buckling analysis of composite panels with holes has been developed. The innovation of this method is the inclusion of holes with different shapes in any position of a trapezoidal panel submitted to any in-plane loads combination. An exhaustive validation has been performed using FE models and test results.

ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DE LA RESPUESTA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE CARBONO ANTE UNA EXPLOSIÓN.

**R. del Cuavillo¹, M. Costas^{2,3}, V. Aune^{2,3}, T. Børvik^{2,3},
J. A. Artero-Guerrero¹, J. Pernas-Sánchez¹, J. López-Puente¹**

¹Universidad Carlos III de Madrid, Avenida de la Universidad, 30, 28911, Leganés,
Madrid, España

²Structural Impact Laboratory (SIMLab), Department of Structural Engineering
NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

³Centre for Advanced Structural Analysis (CASA), NTNU, Trondheim, Norway
*rcuavillo@ing.uc3m.es

RESUMEN

De entre los materiales compuestos, la fibra de carbono se utiliza preferentemente en la industria aeronáutica. Por tanto, los investigadores y diseñadores que la trabajan se centran principalmente en satisfacer sus requerimientos. Considerando las cargas dinámicas fuera del plano, se pueden encontrar muchos estudios acerca de su respuesta ante impactos de proyectiles rígidos, tanto a baja como alta velocidad, y en menor medida, ante impactos de proyectiles dúctiles (ave, hielo o caucho como el de un neumático). Sin embargo, apenas se encuentran estudios sobre cargas dinámicas como las de una explosión, las cuales aunque menos frecuentes, también pueden suceder.

En este trabajo se presenta una combinación experimental y numérica para evaluar la respuesta de un CFRP tipo tejido ante ondas de choque. Los ensayos experimentales se realizaron de manera controlada en el denominado ‘SIMLab Shock Tube Facility (SSTF)’, en la Universidad de ciencia y tecnología de Noruega (NTNU). Se ensayaron laminados a distintas presiones para investigar su comportamiento desde una respuesta elástica hasta el fallo total. Además, se emplearon dos cámaras de alta velocidad para obtener, con la metodología 3D-DIC, los campos de desplazamientos. Posteriormente, se realizaron inspecciones no destructivas para conocer el alcance del daño interno.

En cuanto a la metodología numérica, se empleó un modelo de daño continuo para representar y validar el comportamiento del material. De esta forma, se logra reproducir con gran precisión tanto el desplazamiento como el daño interno. Gracias a estas dos metodologías, este trabajo puede contribuir a sentar las bases para futuros estudios relacionados.

PALABRAS CLAVE: Onda de choque, SIMLab Shock Tube Facility (SSTF), Experimental, Numérico. Modelo del daño continuo.

VALORES ADMISIBLES DEL TÉRMINO DE INTERACCIÓN DE LA TEORÍA DE FALLO DE TSAI-WU PARA TENSIONES PLANAS Y AJUSTE DE LA ENVOLVENTE DE FALLO A VALORES DE ENSAYO

O.A. Pellejer^{*1}, A. Fernández², L.Cui³

¹Ingeniacity, CEng MStructE, PMP y candidato a PhD de Surrey University

²Ingeniacity, Director Técnico

³Surrey University, PhD, CEng MICE, FHEA, Profesor titular

* alejandrop@ingeniacity.com

RESUMEN

El criterio de fallo de Tsai-Wu es de uso extendido para la verificación de materiales compuestos ortótropos bajo tensión plana debido a su simplicidad y reducido número de términos para describir el material. Sin embargo, no hay consenso sobre cómo determinar el término de interacción. Basándose en suposiciones generales sobre la interacción de los modos de fallo, este artículo aporta fórmulas cerradas para la obtención del término de interacción. Adicionalmente, la idoneidad del criterio de fallo de Tsai-Wu es acotada a materiales cuyas propiedades cumplen ciertas relaciones. Por último, se muestra cómo se puede definir la envolvente de fallo de Tsai-Wu para que pase por cuatro estados de tensión biaxial que representan mejor las condiciones de ensayo reales. Todos estos resultados conforman una metodología de fácil aplicación para definir la envolvente de fallo de Tsai-Wu que mejor se ajusta a nuestras suposiciones y valores de ensayo. El artículo incluye ejemplos ilustrativos que muestran el uso de la metodología.

PALABRAS CLAVE: Tsai-Wu, interacción, fallo, envolvente, ensayo

ESTUDIO MORFOLÓGICO DE MATERIALES COMPUESTOS REFRACTARIOS DE BASE MAGNESIA (MGO) CON ADICIONES DE HERCINITA ($\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$).

**C. Gómez^{*1}, B. Escobedo¹, L. Verdeja², D. Fernandez³, A. Fernandez³, L. Garcia⁴ y
A. Castillo⁵**

¹ Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad Km 7.5, Col. Santa Isabel I, 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

² Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Escuela de Minas, Energía y Materiales, Universidad de Oviedo, 33004 Oviedo, Asturias, Spain

³ Nanomaterials and Nanotechnology Research Center (CINN-CSIC), Universidad de Oviedo (UO), Principado de Asturias (PA), Avda. de la Vega, 4-6, 33940, El Entrego, Spain

⁴ Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables (CIRES), Universidad Veracruzana, Av. Universidad Veracruzana km 7.5, Col. Santa Isabel I, 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México

⁵ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), San Nicolás de los Garza 66450, México

*crisgomez@uv.mx

RESUMEN

Debido a que los materiales refractarios se encuentran inmersos en medios agresivos, el deterioro es evidente ya que son afectados por escorias, gases o líquidos que corroen al material. Los materiales que se utilizan para procesos siderúrgicos son materiales densificados con alta resistencia a este tipo de medios, en específico ladrillos de magnesia.

En esta investigación se desarrollaron seis formulaciones de polvos refractarios, los cuales fueron prensados uniaxialmente a 100 MPa. Hasta un 20 % P/P de hercinita ($\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$) el cual fue agregado como segunda fase a la matriz refractaria de magnesia (MgO). Con la finalidad de comparar la influencia de la hercinita, se consideró una probeta de 100 por ciento de magnesia.

Las fases cristalinas y características morfológicas de las probetas sinterizadas a 1650°C por 4 h, en un horno eléctrico convencional, fueron estudiadas por difracción de rayos x (DRX) con energía dispersiva de rayos x (EDX), y con microscopía electrónica de barrido (MEB), respectivamente.

Como resultado se encontró que, la temperatura utilizada no fue suficiente para obtener probetas sinterizadas con la probeta de MgO. Las adiciones de $\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ ayudaron a obtener probetas morfológicamente densificadas. Con 10 y 20 % P/P se promovió el crecimiento de grano durante el proceso de sinterizado.

PALABRAS CLAVE: Magnesia, Hercinita, Refractarios, Morfología, Microestructura, Sinterización.

IGNIFUGACIÓN DE PREIMPREGNADOS CON CAPAS SUPERFICIALES CON GRAFITO EXPANDIBLE

A. Allue*, J.L. Gómez, S. Neira, J. Ballester, R.B. Garcia-Etxabe, K. Gondra.
GAIKER Technology Centre, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Spain
*allue@gaiker.es

RESUMEN

El concepto de aligeramiento ha sido primordial para la utilización de los composites en distintos sectores industriales, especialmente en aplicaciones del transporte. Sin embargo, se está produciendo un perfeccionamiento de este paradigma, relacionado con la necesidad adicional de disponer, de materiales y productos multifuncionales, diseñados para el marco de la economía circular y la fabricación avanzada.

Los composites son estratégicos para los objetivos de movilidad sostenible, ligados a los vehículos eléctricos o los basados en el hidrógeno, siendo el comportamiento frente al fuego, uno de los aspectos a mejorar de los composites.

Tecnologías actuales de fabricación con composites, como procesos por deposición de cintas, tape winding, moldeo de preformas near-net shape, o el sobremoldeo por compresión o inyección, posibilitan el diseño a medida de la estructura de las piezas, ahorrando material, reduciendo la generación de residuos y los tiempos de ciclo. Estas tecnologías incorporan el concepto de aplicación de capas de materiales y posibilitan la obtención de estructuras multimaterial en las que pueden combinarse refuerzos de distinta naturaleza y longitud, material virgen y reciclado, o capas con funcionalidad específica.

Se ha estudiado, la ignifugación de preimpregnados termoplásticos y de preimpregnados termoestables, mediante la incorporación de capas ignifugas superficiales basadas en grafito expandible. En el caso de los composites termoplásticos se ha trabajado con laminados de polipropileno reforzados con tejidos de fibra de vidrio. Con composites termoestables con refuerzo de basalto, carbono y vidrio, se ha estudiado la ignifugación de resinas biobasadas. La estrategia de la aplicación de capas funcionales constituye una línea de trabajo para obtener productos ligeros, resistentes y con buen comportamiento frente al fuego.

PALABRAS CLAVE: Ignifugación, multimateriales, grafito expandible, sostenibilidad

MEJORA DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE MORTEROS DE CEMENTO MEDIANTE NANOTECNOLOGÍA

C. Manteca¹, B. Santos¹, L. Pérez-Gandarillas¹ y A. Yedra¹

¹Fundación Centro Tecnológico de Componentes (CTC)

Parque Científico y Tecnológico de Cantabria (PCTCAN) c/ Isabel Torres nº 1. 39011. Santander (CANTABRIA). SPAIN

*ayedra@centrotecnologicoctc.com

RESUMEN

Las construcciones de hormigón armado destinadas a trabajar en ambientes marinos sufren una importante degradación debido a la corrosión de la estructura metálica. La difusión o permeabilidad de iones o gases a través de la matriz de cemento es un factor clave en el proceso de degradación. El retraso en la difusión de iones ha sido un enfoque importante para extender la vida útil de este tipo de materiales. En este trabajo se detalla cómo disminuir esa degradación empleando una matriz cementicia (mortero de cemento) de propiedades mejoradas mediante el uso de nanotecnología. Los resultados muestran que la matriz cementicia nanoaditivada retrasa de manera significativa la llegada de agentes agresivos provenientes del ambiente marino a la estructura metálica reduciendo su permeabilidad y porosidad. En este estudio se han empleado diferentes nanopartículas para reducir la porosidad de morteros evaluando esa mejora mediante medidas de resistividad eléctrica, cuyo valor es inversamente proporcional a la porosidad, a lo largo del proceso de fraguado del mortero hasta completar 28 días. La adición de nanopartículas (<10%) a la pasta de cemento tiene importantes implicaciones sobre la hidratación y la microestructura de los morteros como consecuencia de una mejora en la actividad puzolánica. Esto ha conllevado a un aumento de la resistividad eléctrica de hasta un 110% respecto a las muestras control, sin modificar las propiedades mecánicas.

PALABRAS CLAVE: nanopartículas, mortero, resistividad eléctrica, porosidad

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE RECUBRIMIENTOS DEPOSITADOS POR PROYECCIÓN TÉRMICA POR PLASMA SOBRE SUSTRATOS POLIMÉRICOS DE ALTAS PRESTACIONES

G. Jorde^{1*}, A. Fernández¹, J. Velasco² y M. González²

¹ Fundación Centro Tecnológico de Miranda de Ebro (www.ctme.es)

² Fundación CIDAUT (www.cidaut.es)

*gjorde @ctme.es

RESUMEN

La alta demanda de soluciones sostenibles y ecológicas dentro de sectores como el aeronáutico está empujando a las empresas a buscar alternativas que reduzcan el impacto ambiental durante la fase de operación de los equipos. La proyección térmica por plasma (APS) es una tecnología que permite realizar recubrimientos metálicos y cerámicos entre otros, dotando a las superficies a recubrir de características de alto valor añadido como resistencia a impacto y desgaste, conductividad eléctrica y resistencia a altas temperaturas. En el presente estudio se evalúa la aplicación y caracterización de recubrimientos aplicados por APS sobre sustratos composites y plásticos técnicos de altas prestaciones. El análisis bibliográfico llevado a cabo arroja ciertas limitaciones sobre este método de aplicación de recubrimientos como es por ejemplo la obtención de valores reducidos de adherencia entre el sustrato y la capa proyectada.

Este artículo se centra en un estudio pormenorizado de los valores de adherencia obtenidos sobre un amplio y heterogéneo número de sustratos, tanto termoestables como termoplásticos, donde el cinc, el aluminio y el cobre han sido los materiales proyectados seleccionados. En este estudio se realizan comparaciones entre los diferentes sustratos frente a una misma capa y viceversa, así como la búsqueda de correlaciones entre diferentes espesores de capa y condiciones de pretratamiento con la adherencia final del recubrimiento.

Los resultados de adherencia más prometedores se han encontrado para la familia de los termoplásticos llegando a superar en reiteradas ocasiones los 4 MPa frente a los 3 MPa alcanzados por los termoestables.

PALABRAS CLAVE: APS, composite, adherencia, cobre, zinc

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN AVANZADA EN MATERIAL COMPUESTO TERMOPLÁSTICO DIRIGIDAS AL SECTOR AERONÁUTICO

M. Mendizabal*, S. García-Arrieta, E. Bellvert, M. Múgica y B. Rodríguez
Tecnalia Research and Innovation

*mariasun.mendizabal@tecnalia.com

RESUMEN

La fabricación avanzada en material compuesto termoplástico es clave para satisfacer los requerimientos del sector aeronáutico. Las ventajas diferenciadoras de los polímeros termoplásticos de alto rendimiento frente a las resinas termoestables, hace que estos materiales sean cada vez más demandados en el sector. Es clave su capacidad de reprocesado que permite 1) la automatización de los procesos, 2) la utilización de la tecnología de unión por soldadura entre sus componentes y 3) aplicar criterios de reciclabilidad y reutilización, imposibles para los materiales termoestables. Su mayor tenacidad y su cumplimiento de los estándares más estrictos de llama, humo y toxicidad aportan un plus importante a sus prestaciones.

Polieterimida (PEI), Sulfuro de Polifenileno (PPS), Polieteretercetona (PEEK) y Polietercetonacetona (PEKK) son las matrices empleadas en esta tecnología de materiales compuestos de altas prestaciones. En función de la tipología del componente final, se seleccionó la tecnología de procesamiento más adecuada, dependiendo de aspectos como geometría de pieza, tamaño y número de piezas.

El objetivo del presente trabajo fue la exploración de tecnologías de procesamiento de composites termoplásticos, tales como: Termoconformado de láminas compuestas (organosheet), obtención de laminados customizados (tailored sheet consolidation) y moldeo de escamas y/o pellets reforzados (T-BMC) a través del desarrollo y puesta a punto de la fabricación de prototipos. Los resultados demostraron que estas tecnologías cumplen los requerimientos exigidos por el sector aeronáutico tanto en procesabilidad como en propiedades.

PALABRAS CLAVE: Composite termoplástico de altas prestaciones, aeronáutica

MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE LAMINADOS TERMOESTABLES Y TERMOPLÁSTICOS A PARTIR DE LA INTEGRACIÓN DE SENSORES IMPRESOS.

A. Pérez-Márquez*, J. Maudes, L. Bilbao, C. Vaquero, O. Echeverría, A. De la Calle e I. Harismendy

Área de Industria y Movilidad, TECNALIA, Donostia-San Sebastián, España.

*ana.perez@tecnalia.es

RESUMEN

La posibilidad de conocer el estado tensional y el comportamiento de las piezas de materiales compuestos de forma continua (SHM) permite minimizar recursos en las tareas de mantenimiento y optimizar las etapas de monitorización y control. Además, los procesos de fabricación de composites siguen siendo complejos desde el punto de vista del control de calidad (cero defectos / cero rechazos) debido a cuestiones como las diferencias entre lotes de materiales o la variabilidad asociada a las operaciones manuales. Es por ello, que la monitorización de los procesos de fabricación de laminados in situ es cada vez más importante para garantizar procesos de fabricación fiables, pero también eficientes y económicos. Hoy en día existen varias soluciones de monitorización, sin embargo, los datos obtenidos no se proporcionan in situ y las soluciones requieren redes complejas de cables. La integración de sensores impresos con esta doble funcionalidad que puedan integrarse como parte del proceso y permanecer incrustados en la pieza, reduciendo la complejidad del montaje de un sistema de monitorización convencional sería especialmente relevante para muchos sectores.

El objetivo de este trabajo se basa en el desarrollo, integración y caracterización funcional de sensores impresos en sustratos basados en nanofibras capaces de soportar las condiciones de los procesos de fabricación de laminados termoestables y termoplásticos.

PALABRAS CLAVE: Impresión funcional, sensor, nanofibras, laminados.

EFFECTO DEL PORCENTAJE Y TEMPERATURA DE PROCESADO DEL GRAFENO EN EL DOPADO DE FIBRAS DE CARBONO

A. Vigil, Z. González, V.G. Rocha, C. Blanco, R. Santamaría, R. Menéndez, M. Granda y P. Álvarez*

Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC). C/ Francisco Pintado Fe
26, 33011-Oviedo
*par@incar.csic.es

RESUMEN

Las fibras de carbono de uso general poseen escasa o nula conductividad térmica y eléctrica, lo que limita su uso cuando se utilizan en aplicaciones de alta tecnología. Una posible vía para la mejora de estas propiedades es mediante la incorporación de un aditivo conductor como es el caso del grafeno. Este aditivo puede ser incorporado al precursor mediante mezcla mecánica antes de su hilado. En este trabajo, las fibras se preparan a partir de una brea de alquitrán de hulla, a la que previamente se le ha eliminado las partículas sólidas, lo que la hace susceptible de ser hilada mediante la técnica de *melt-spinning*. Se estudia el efecto del dopado de dicha brea con grafeno obtenido a partir de óxido de grafeno reducido a dos distintas temperaturas (1000 y 2700 °C). Inicialmente, se determina el porcentaje de grafeno máximo que es capaz de tolerar la mezcla para producir fibras sin defectos superficiales tras su hilado y subsiguiente procesado (estabilización oxidativa y carbonización), siendo este porcentaje máximo de 0.25 %. Posteriormente, se preparan fibras con porcentajes de grafeno entre 0.025 y 0.25 %. Una vez determinada la conductividad eléctrica de las fibras resultantes se concluye que la utilización de grafeno como dopante incrementa la conductividad eléctrica de la fibra respecto a la fibra obtenida a partir de brea sin dopar hasta un 20 %, cuando ha sido reducido a 1000 °C, mientras que este valor se incrementa hasta casi el 50%, cuando se ha reducido a 2700°C.

PALABRAS CLAVE: Brea, Grafeno, Dopado, Fibra de carbono, Conductividad eléctrica

MONITORIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LAMINADOS CFRP CON FILAMENTOS DE NANOTUBOS DE CARBONO

**M. Zarzoso^{*1,2}, A. Mikhalchan¹, P. Romero³, R. Losada³, J. J. Vilatela¹
y C. González^{1,2}**

¹Instituto IMDEA Materiales

²Departamento de Ciencia de Materiales, E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid

³AIMEN

*moises.zarzoso@imdea.org

RESUMEN

La monitorización de la salud estructural en aeroestructuras permite el ahorro de costes gracias a ciclos de mantenimiento optimizados y a la reducción de peso de la propia estructura gracias al conocimiento detallado del estado de esta a lo largo del ciclo de vida.

Para llevar a cabo esta monitorización se requiere la preparación de la estructura con un sistema de sensores robusto y de sensibilidad suficiente. El proceso de fabricación de laminados de material compuestos facilita la integración estos sistemas de sensores en la estructura, sin embargo, para que esta integración sea eficiente los sensores no deben degradar en exceso las propiedades mecánicas del componente.

Los filamentos de nanotubos de carbono (CNTs), gracias a sus propiedades piezorresistivas y mecánicas, pueden presentar una alternativa a las soluciones comerciales disponibles. En este trabajo exploraremos la capacidad de estos filamentos para la monitorización de deformación mecánica.

Para ello, se fabricaron probetas de material compuesto de fibra de carbono con matriz polimérica termoplástica con filamentos de CNTs embebidos. Registrando simultáneamente la variación temporal de resistencia eléctrica y la curva de deformación del ensayo fue posible evaluar la sensibilidad de los filamentos como sensores de la deformación de las probetas, observándose que, si el proceso de integración es adecuado, los filamentos de carbono presentan una alta sensibilidad que hace viable su uso como sensores de deformación.

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto DOMMINIO, financiado por el programa Horizonte 2020 de la Unión Europea (Acuerdo de Subvención nº 101007022).

PALABRAS CLAVE: Monitorización estructural, Compuestos termoplásticos, Fibra de carbono, Nanotubos de carbono

PERFORMANCE OF ECO-COMPOSITE SANDWICH PANELS MANUFACTURED BY VACUUM BAGGING INFUSION

**M.^a Helena C. Teixeira¹, Susana P.B. Sousa^{1,2}, Luís M.M. Amorim^{1,2}, A. Araújo^{1,2} y
R. M. Santos^{1,2}**

¹ Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal – ssousa@inegi.up.pt

² Associated Laboratory for Energy, Transports and Aeronautics, Porto, 4200-265, Portugal

* hteixeira@inegi.up.pt

RESUMEN

Construction industry uses complex combination of materials normally with a high carbon dioxide (CO₂) footprint. Therefore, several new building systems and solutions have recently emerged with a higher sustainability and improved energy efficiency over their service lives, with the development of lightweight customizable sandwich structures being one of the most promising strategies. The most common processes to produce fibre-reinforced polymer (FRP) composites, with large dimensions, are hand lay-up-assisted vacuum bagging and vacuum bagging infusion. Besides, composite sandwich panels are usually composed by glass fibre, however basalt fibres can be an interesting substitute, since they are more sustainable and have higher performance. Despite the large amount of research work carried out on advanced composite sandwich panels, only a few studies were published regarding the use of vacuum bagging infusion method and basalt fibres for developing composite sandwich panels. Therefore, this work aims to design, manufacture and compare the mechanical, physical, thermal and environmental performance of these composite sandwich panels with glass and basalt fibres that will be applied in modular construction. The results revealed that it is feasible to produce composite sandwich panels through this method and the most promising solution is based on basalt fibres. However, additional studies are anticipated, to optimize the vacuum bag infusion procedure.

KEYWORDS: eco-composites, modular construction, multifunctionality, prefabrication, sustainability.

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DEPOSICIÓN DE FIBRA SECA PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS ESTRUCTURALES DEL SECTOR AUTOMOCIÓN

L. Carral^{*1}, P. Rodríguez¹, A. Gutierrez¹, F. Ansedes¹, I. Coto¹ y L. Mera¹,

¹*Advanced Materials, AIMEN Technology Centre, Polígono Industrial de Cataboi SUR-PPI-2 (Sector) 2, Parcela 3, Porriño, 36418, España*

^{*}luis.carral@aimen.es

RESUMEN

En los últimos años, las estructuras ligeras han ganado importancia debido a las, cada vez más estrictas, legislaciones ambientales. Esta situación es especialmente crítica para el sector transporte y, en especial, para el sector automoción donde en paralelo se experimenta una fuerte competitividad. En este contexto, cabe señalar que tradicionalmente los procesos de fabricación de materiales compuestos estructurales conllevan elevados tiempos TAKT, lo que ha limitado su implementación. Así, el proceso de fabricación de moldeo por transferencia de resina y, más específicamente, su versión termoplástica desarrollada recientemente (TP-RTM) se ha identificado como una ruta de gran potencial para la fabricación en masa.

En el marco del proyecto europeo LEVIS se ha estudiado el desarrollo de un brazo de suspensión íntegramente en materiales compuestos. El presente estudio se centra en el desarrollo de la ventana de proceso de la etapa de preformado, una de las más críticas para el desarrollo de geometrías complejas. En este sentido la tecnología de encintado automatizado ha irrumpido hace unos años, permitiendo la mejora de la robustez y productividad. En concreto, se ha estudiado un amplio rango de materiales y se han analizado parámetros de importancia tales como la presiones y temperaturas de deposición de fibra. Por otro lado, para optimizar el proceso TP-RTM, se han estudiado varios aspectos como la viscosidad de la resina, ciclo de curado de la resina, compatibilidad de la resina con la fibra seca y el estudio de los parámetros óptimos para la inyección de resina.

PALABRAS CLAVE: Fibra seca, resina termoplástica, automatización, TP-RTM, automoción.

ANALYSIS OF FIBER-REINFORCED THERMOPLASTIC COMPOSITE/METAL SHEETS FOR THE AUTOMOTIVE SECTOR

D. E. Reboledo Grau¹, A. Torres Marques², *, O. Gonzalez¹, B. Neto³

1 - Departamento de Mecánica, Universidad Simón Bolívar

2 – LAETA/FEUP

3 - FEUP

*marques@fe.up.pt

ABSTRACT

Metallic materials and polymeric composites have been competitors for different structural applications in different areas of the transport sector. Currently, the use of hybrid metal-composite sheets is under development particularly in the automotive industry to reduce the weight of components and, thereby, reduce carbon emissions, which is one of the goals of the United Nations for 2030. That is why this project includes the study and design of hybrid laminates that can replace a monolithic steel sheet.

Analytical models based on the classical laminate theory and models based on the rule of mixtures were used to predict the mechanical behavior of the material. The structural behavior of a semi-product was then analyzed using finite element simulations using the commercial software Abaqus CAE 2019. The results found show that it is possible to obtain a weight reduction between 13% and 22% when using a hybrid laminate, but it is required to increase the thickness of the lamina up to 3 times compared to the metal. Subsequently, experimental studies were carried out to measure the wetness of the surface and the adhesion resistance of a carbon fiber prepreg with polyamide 6 (PA6) matrix on aluminum, obtaining values of 1MPa for the shear strength.

Finally, a life cycle analysis (LCA) of hybrid laminates designed to observe the environmental impact on energy consumption and carbon footprint was carried out using the commercial software CES Edupack 2022. In the LCA, carbon fiber products were found to have a higher carbon footprint during manufacturing and lower in the use phase.

KEY-WORDS: Hybrid laminates, thermoplastic composite-metal sheets, finite element method, composite materials, life cycle analysis

PANELES ALTAMENTE INTEGRADOS PARA ESTRUCTURAS DE FUSELAJE

G. Hernáiz López ^a, I. Barreiro Santamarta ^b, Pablo López Fernandez ^c, N. Colmenarejo Matellano ^a, N. Sanz Santamaria ^d, C. Aguilar Barraso ^e, A. R. Rodríguez Fraguas ^e, J. Cuenca Rincon ^e y M. Sanchez Perez ^a

^a Departamento de Investigación y Tecnología, Airbus Operations S.L., Getafe, España.

^b Departamento de Tecnologías Industriales de Composite, Airbus Operations S.L., Getafe, España.

^c Departamento de Ingeniería de Fabricación de Composite, Airbus Operations S.L., Illescas, España.

^d Departamento de Ingeniería de Fabricación de Desarrollo de Utillaje, Airbus Operations S.L., Illescas, España.

^e Departamento de Materiales Avanzados, FIDAMC, Getafe, España.

***Guillermo.hernaiz-lopez@airbus.com**

RESUMEN

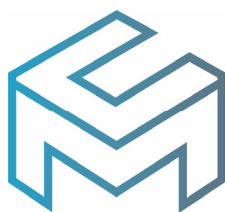
Los materiales compuestos son uno de los pilares fundamentales de la industria aeronáutica actual debido a su alta resistencia y rigidez específica, como puede comprobarse en recientes desarrollos que han demostrado estas prestaciones consiguiendo aeronaves más ligeras y sostenibles.

El objetivo del proyecto es dar un salto adelante en la integración de elementales respecto al actual estado del arte en estructuras semi-monocasco en fibra de carbono, donde actualmente solo la rigidización longitudinal es integrada (larguerillos), reduciendo, por tanto, operaciones de montaje mejorando la competitividad de las estructuras de fibra de carbono.

Para ello se está trabajando en la integración, con bolsa directa, de rigidizadores tanto en sentido longitudinal (larguerillos) como transversal (cuadernas) mediante el cocurado de elementales y revestimiento, trabajando así mismo con un proceso automatizado reduciendo el uso de utillaje.

Se lleva a cabo un estudio de los principios de diseño de las uniones, de forma que se cumpla con los requerimientos estructurales o incluso se mejoren y sean compatibles con las capacidades de fabricación obtenidas de las pruebas de concepto.

PALABRAS CLAVE: Integración, cocurado, bolsa directa, automatización.



SENSORES PIEZORESISTIVOS BASADOS EN POLIMEROS DE ALTA FLEXIBILIDAD DOPADOS CON NANOESTRUCTURAS DE CARBONO PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS

A. del Bosque, X.F. Sánchez-Romate, M. Sánchez y A. Ureña

[*alejandro.urena@urjc.es](mailto:alejandro.urena@urjc.es)

RESUMEN

Los sensores de deformación transforman las sollicitaciones mecánicas en señales eléctricas. En el presente trabajo, se investiga un nuevo tipo de sensores de deformación piezoresistivos de alta sensibilidad (GF, del inglés *Gauge Factor*) basados en matrices poliméricas flexibles dopadas con nanoestructuras eléctricamente conductoras. En concreto, se ha estudiado el empleo de nanopartículas 1D, como son los nanotubos de carbono (CNT, del inglés *carbon nanotubes*), y 2D pertenecientes a la familia del grafeno, en concreto, las denominadas nanoplaquetas de grafeno (GNP, del inglés *graphene nanoplatelets*); para la formación de redes de percolación eléctrica en matrices con una alta capacidad de formación elástica. Se ha estudiado 3 tipos de matrices poliméricas, como son el polidimetilsiloxano (PDMS), el polidietilenglicol diglicidil éter (PEGDGE) y una silicona biodegradable, denominada Ecoflex®, basada en tereftalato de adipato de polibutileno (PBAT).

La combinación de estas nanoestructuras y matrices ha permitido en desarrollo de sistemas con diferentes valores de sensibilidad para los mismos niveles de deformación aplicada, además de diferentes rangos de detección de deformación. Estas propiedades son muy relevantes en la selección del sensor óptimo para la aplicación final. Por ejemplo, el sistema de GNP/PDMS muestra valores muy altos de GF a bajos niveles de deformación, del orden 300 a $\epsilon = 2,5 \%$ para el material con un 4 % de GNP o de 10^6 a $\epsilon = 12 \%$ con un 6 % de GNP. Por otro lado, los nanocomposites de CNT/Ecoflex indican valores muy bajos de GF a bajos niveles de deformación, en torno a 0,5 a $\epsilon = 2-20 \%$, y GF muy altos a valores muy altos de deformación, de 10^5 a $\epsilon = 300 \%$. Entre estos dos comportamientos tan extremos, se sitúan el resto de los sensores flexibles desarrollados.

En el presente trabajo se realiza un estudio comparativo de los diferentes sensores optimizados, en función de las condiciones de dispersión, del tipo de matriz, del contenido y naturaleza del nanorrefuerzo; analizando su comportamiento electromecánico a tracción, compresión y cargas cíclicas. En este último caso, se ha evaluado tanto el tiempo de respuesta como el de recuperación comprobando que se encuentran en el rango de los milisegundos.

En función de las características de cada sensor desarrollado, se proponen aplicaciones en el campo de la detección de movimientos faciales, vibración de cuerdas vocales, monitorización de la frecuencia cardíaca, de la respiración o de otro tipo de movimientos humanos.

PALABRAS CLAVE: sensores piezoeléctricos, grafeno, CNT, nanocomposites

MOVING TOWARDS A STRUCTURAL BATTERY: DEVELOPMENT OF A NOVEL LFP-BASED CATHODE WITH ENHANCED PROPERTIES

Beatriz Arouca Maia^{1,2,3,4*}, Natália Magalhães¹, Eunice Cunha¹, Raquel Miriam Santos^{1,3}, Maria Helena Braga^{2,3,4} and Nuno Correia^{1,3}

¹INEGI - Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering,
Porto, Portugal

²MATER – Materials for Energy Research laboratory, Porto, Portugal

³LAETA – Associated Laboratory of Energy, Transports and Aeronautics, Porto, Portugal

⁴DEF-FEUP – Department of Physics Engineering in Faculty of Engineering of
University of Porto, Porto, Portugal

*bmaia@inegi.up.pt

ABSTRACT

One of the most pressing issues in human development is the availability of energy, and the frequent energy crises throughout history have influenced significant events of the past. As renewable energy sources from the sun, waves, and wind gradually replace fossil fuels, research must focus on optimizing energy storage systems. Batteries are crucial in this regard due to their powerful characteristics of delivering high power and energy density. With the emergence of circular economy linked to innovative composite solutions, there is a technological and scientific interest to reduce the overall mass of a battery system, allowing to decrease the carbon footprint. The strategy presented in this work lies in combining advanced fiber-reinforced composite materials with lithium-ion chemistries, leading to the development of a new class of composite structures known as structural batteries.

To pave the way for the development of structural batteries, a series of optimizations were carried out to ensure a safe and efficient cathode. Although lithium iron phosphate is a common cathode material with reasonable cycling performance and a theoretical capacity of 170 mA.h.g⁻¹, its low electrical and ionic conductivities hinder its wide applicability.

Therefore, in this work, efforts have been made to develop novel materials with enhanced properties by implementing strategies to disperse the cathode constituents and coat the final slurry in a carbon-fiber-reinforced polymer laminate. Additionally, carbon-based nanomaterials at ultralow content were effectively dispersed and distributed into the matrix to increase its electrical conductivity, improving the mechanical and electrochemical performance of the final battery.

KEYWORDS: Energy storage systems, Structural batteries, Lithium-ion batteries, Carbon-based materials, Cathode materials

3D PRINTING OF GRAPHITE ELECTRODES USING WHEY AS SUSTAINABLE BINDER

P. Rodríguez*, R. Santamaría, C. Blanco, J. A. Menéndez, M. A. Montes-Morán, V. G. Rocha

*pablo.lagar@incar.csic.es

ABSTRACT

Carbon materials have a wide range of different properties (chemical stability, electrical conductivity and high surface area) which make them excellent candidates for the manufacture of electrodes for energy conversion applications. Traditionally, such electrodes are produced by coating slurries of porous carbon powders on thin metallic plates. With the development of additive manufacturing technologies, new production methods have been studied in the literature [1][2] that are intended to the fabrication of 3D electrodes with geometries that offer advantages in terms of easing the different transport phenomena involved in electrochemical processes. However, the low mechanical strength of the 3D electrodes hampers their applicability. This study introduces a novel method for producing graphite/graphene oxide electrodes that possess both high flexural strength and electrical conductivity. The proposed method involves using whey, a sustainable by-product of the dairy industry, as a binder. The electrodes are made by direct ink writing (a room temperature extrusion 3D printing technique) which allows the manufacture of 3D structures by overlapping layers of material filaments. By using this technique, electrodes with geometries tailored to satisfy the specific requirements of the application can be prepared. Specifically, we have developed electrodes for water splitting with complex geometries in which the active surface area is enhanced and that guarantee a quick release of the bubbles formed in the reaction, thus avoiding the problems related to mass transport associated to conventional, flat electrodes..

KEY WORDS: Electrodes, Direct Ink Writing, Graphite.

REFERENCES:

- [1] Ghosh, K. & Ng, S. & Iffelsberger, C. & Pumera, M. (2022). 2D MoS₂/carbon/polylactic acid filament for 3D printing: Photo and electrochemical energy conversion and storage. *Applied Materials Today*. 26. 101301.
- [2] Peng, M. & Shi, D. & Sun, Y. & Cheng, J. & Zhao, B. & Yiming, X. & Zhang, J. & Guo, W. & Jia, Z. & Liang, Z. & Jiang, L. (2020). 3D Printed Mechanically Robust Graphene/CNT Electrodes for Highly Efficient Overall Water Splitting. *Advanced Materials*. 32.23.

DESARROLLO DE SENSORES DE TEMPERATURA BASADOS EN POLÍMEROS FLEXIBLES REFORZADOS CON NANOPARTÍCULAS DE CARBONO

Xoan F. Sánchez-Romate^{*1}, Antonio del Bosque¹, María Sánchez¹ y Alejandro Ureña¹

¹Área de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos, C/Tulipán s/n, 28933, Móstoles (Madrid)

*xoan.fernandez.sanchezromate@urjc.es

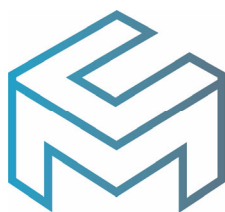
RESUMEN

El desarrollo de sensores de temperatura está experimentando en la actualidad un creciente interés en multitud de aplicaciones como, por ejemplo, en el campo de la biomedicina. El objetivo es crear materiales que presenten una elevada sensibilidad de sus propiedades a cambios de temperatura.

En ese sentido, los polímeros reforzados con nanopartículas conductoras presentan prometedores propiedades. En particular, la adición de dichas nanopartículas conductoras, como puedan ser los nanotubos de carbono o el grafeno, favorece la formación de redes conductoras en el material que son sensibles a multitud de fenómenos, como pueda ser el efecto de deformaciones mecánicas o la temperatura.

Este trabajo se centra en la capacidad de estos materiales como sensores de temperatura. En particular, se ha trabajado con una matriz flexible (PDMS) y nanopartículas de carbono (nanotubos de carbono y nanoplaquetas de grafeno). Los sensores reforzados con nanoplaquetas de grafeno presentan unos valores de sensibilidad eléctrica a la temperatura mucho mayores que los reforzados con nanotubos de carbono; debido, entre otras cosas, al mayor efecto exponencial de la resistencia por efecto túnel presente en el primer tipo de sensores. A su vez, se ha realizado un estudio detallado mediante medidas de espectroscopía por impedancia eléctrica (EIS) para poder entender mejor el comportamiento del material mediante su ajuste con circuitos equivalentes. Las pruebas de concepto como sensores de temperatura han sido exitosas, con valores de sensibilidad varios órdenes de magnitud por encima que la de los sensores convencionales de platino, demostrado el gran potencial de los materiales desarrollados.

PALABRAS CLAVE: Sensores; Nanocomposites; Nanotubos de carbono; Grafeno; Temperatura



MATCOMP

XV CONGRESO NACIONAL
DE MATERIALES COMPUESTOS
GIJÓN 2023

NANOCOMPOSITES DE OXICARBURO DE SILICIO REFORZADO CON NITRURO DE SILICIO DE ELEVADAS PRESTACIONES TERMICAS Y MECÁNICAS

M. A. Mazo^{*1}, D. Soriano² y J. Rubio¹

¹ Departamento de Química Física de Superficies y Procesos. Instituto de Cerámica y Vidrio (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). C/ Kelsen 5, 28049 Madrid.

² Departamento de Caracterización Mecánica. Instituto de Cerámica y Vidrio (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). C/ Kelsen 5, 28049 Madrid.

*sandra@icv.csic.es

RESUMEN

El Si_3N_4 presenta una elevada resistencia térmica y mecánica, así como una gran resistencia frente al choque térmico y elevada conductividad térmica ($320 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$). Por otro lado, los vidrios de oxycarburo (SiOC) presentan una matriz de SiO_2 donde parte del oxígeno ha sido reemplazado por carbono y, también contienen una fase de carbono homogéneamente embebida dentro de la matriz mixta de Si-O-C . Las propiedades de estos materiales pueden ser diseñadas en función de los precursores, condiciones de síntesis-procesamiento, temperatura de pirólisis y, sobre todo, la adición de materiales de refuerzo, pudiéndose obtener materiales con unas características determinadas dependiendo de la aplicación. En este trabajo se han desarrollado materiales compuestos densos de $\text{SiOC/Si}_3\text{N}_4$ empleando la técnica de sinterización no convencional spark plasma sintering (SPS), que reduce la temperatura y tiempos de sinterización ya que emplea de manera simultánea un prensado uniaxial y una corriente eléctrica para producir la sinterización mediante efecto Joule. La sinterización mejora al aumentar la temperatura desde 1500 a 1700 °C. En los materiales compuestos obtenidos se observa un gran incremento de la conductividad térmica desde los 1.4 hasta los 1.7 $\text{wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Estos materiales presentan una buena resistencia mecánica con valores de microdureza y modulo elástico de 10.2 GPa y 82.1 MPa, respectivamente y una extraordinaria resistencia frente a la oxidación. Todos estos resultados indican que estos materiales son unos excelentes candidatos para aplicaciones estructurales y funcionales a altas temperaturas como por ejemplo para colectores de receptores solares y sistemas de propulsión.

PALABRAS CLAVE: Si_3N_4 , vidrios de oxycarburo de silicio reforzados, propiedades térmicas, propiedades mecánicas, colectores de receptores solares

ENDUREEDGE: LA GRAN INNOVACIÓN EN MATERIALES PRE-IMPREGNADOS

Philip Lunn¹, Fernando Castro²,

¹Afiliación nº 1: AIRTECH Europe

²Afiliación nº 2: AIRTECH Europe

f.castro@airtech.lu

ABSTRACT

Tras muchos años de investigación se acaba de desarrollar una fórmula única que reúne propiedades extraordinarias dentro de la familia de los materiales pre-impregnados.

ENDUREEDGE es un material de fibra de carbono pre-impregnado con resina epoxi modificada que permite su curado sin necesidad de utilizar autoclave.

Esta resina modificada dota al material de una vida de almacén a temperatura ambiente de hasta 400 días.

La reología tan especial de esta resina epoxi modificada proporciona un magnífico acabado sin necesidad de la presión de autoclave. La resina fluye fácilmente a través del tejido de fibra carbono consiguiendo niveles de porosidad muy bajos con solo la presión de vacío.

El curado del material se lleva a cabo mediante un horno a 127° C y con un sencillo proceso de moldeo a vacío utilizando una bolsa de vacío.

El laminado de este material se realiza de forma rápida y sencilla ya que la adhesión superficial (/tack) del material es bastante alta.

Otra gran ventaja de este material es que no es necesario realizar operaciones de compactación durante el laminado, esto proporciona unos ahorros de tiempo muy interesantes, sobre todo cuando se laminan piezas de gran espesor.

Se dispone de materiales elaborados tanto con tejido 2 x 2 sarga como unidireccional.

Las propiedades mecánicas del laminado curado son muy buenas alcanzando niveles similares a los laminados curados en autoclave. Las propiedades mecánicas finales se alcanzan en muchos casos sin necesidad de realizar un pos-curado.

Las ventajas que brindan los materiales pre-impregnados ENDUREEDGE se pueden resumir en:

- Curado mediante vacío y horno sin necesidad de autoclave
- Excelente acabado superficial de las piezas
- Hasta 400 días de vida de almacén a temperatura ambiente
- Proporciona ahorros muy importantes en costes de producción (energéticos, mano de obra, optimización de la cadena de suministro, reducción de tiempos de producción)
- Se pueden laminar piezas de gran espesor sin necesidad de realizar compactaciones intermedias
- Magníficas propiedades mecánicas

PALABRAS CLAVE: Prepreg, Curado sin autoclave, gran estabilidad, Temperatura ambiente

RE-USAGE OF UNCURED CARBON FIBER SCRAP MATERIAL

J. Sistach^{*1}, A. Calero¹, B. López-Romano¹, M. Ordoñez¹

¹FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales
Compuestos

Jaime.sistach@fidamc.es

RESUMEN

Industrial automated tape layup methods significantly increase the productivity, precision, and efficiency of manufacturing methods for large aerospace parts; however, although they allow reducing scrap fraction compared with manual processes, it keeps being too high, requiring waste management.

The scope of the MC4 project, part of Horizon Europe program, is to not only recycle that scrap material, but also to transform it to a completely new, functional part, without the need of adding additional material other than this recycled scrap.

This can be achieved by cutting that material into strip shape and reducing it to a specific thickness by means of a compacting process. Those homogenous thickness strips can then be processed using a heated plate press to form it to any needed shape. Mechanical properties will be studied and compared to the original material, to check if this process is suitable for functional parts.

As this method does not separate the original resin and fiber, it avoids the usage of chemicals that can damage the properties of the material and increase the risk and pollution of the process, which is ideal for a recycling process.

PALABRAS CLAVE: Reciclaje, Preimpregnado

NUEVAS FORMULACIONES DE BIO-PUR MÁS SOSTENIBLES PARA LA ENERGÍA RENOVABLE OFFSHORE

O. Echeverría-Altuna^{*1}, O. Ollo¹, I. Larraza², I. Harismendy¹ y A. Eceiza²

¹ Unidad de Industria y Movilidad, Materiales y Procesos de Fabricación, TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Donostia-San Sebastián, 20009, España

² Grupo 'Materiales+Tecnologías', Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Donostia-San Sebastián, 20018, España

*oihane.echeverria@tecnalia.com

RESUMEN

El desarrollo de composites más sostenibles se ha convertido en una estrategia prioritaria para diferentes sectores, entre los que destaca la industria de las energías renovables offshore.

Dentro de las diferentes matrices para la fabricación de composites los poliuretanos termoestables (PUR) ofrecen la ventaja de presentar buenas propiedades térmicas, adherencia con diferentes tipos de fibras, curado ultrarrápido, baja viscosidad y resistencia a la corrosión, destacando su resistencia a la fatiga y consiguiente durabilidad. Sin embargo, los PUR presentan algunos inconvenientes medioambientales, como su origen petroquímico y baja reciclabilidad.

En este sentido, los PUR biobasados (BIO-PUR) formulados a partir de polioles derivados de aceites vegetales han suscitado gran interés. Además, los PUR también ofrecen la opción de incorporar en la formulación monómeros obtenidos a partir de plásticos altamente degradados recogidos del mar, mejorando así su circularidad.

Además de su origen, de cara a mejorar su sostenibilidad es también necesario considerar su fin de vida. Una solución interesante es integrar enlaces dinámicos, con capacidad reversible como los Diels-Alder, para mejorar su reciclabilidad.

A tal efecto, este trabajo se ha centrado en el desarrollo de una nueva formulación de BIO-PUR con las propiedades mecánicas requeridas para aplicaciones estructurales en ambiente marino. Además, se ha explorado la integración de monómeros reciclados y los enlaces DA para mejorar la circularidad de la resina desarrollada. Para ello, se han cubierto aspectos que abarcan desde el análisis y síntesis a la caracterización de las resinas.

PALABRAS CLAVE: Energía renovable offshore, sostenibilidad, poliuretano, biobasado, reciclable.

NEW LIFE FOR AERONAUTICAL DRY CARBON FIBER

A. Calero^{*1}, T. Blanco^{*2}, M. Ordóñez¹, S. Delgado¹, B. López¹

¹FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos

²AIRBUS Operations, S.L.

[*alvaro.calero@fidamc.es](mailto:alvaro.calero@fidamc.es) / tamara.blanco@airbus.com

RESUMEN

Our latest generation aircraft are more efficient by design, lighter and emit on average 25% less CO₂ than previous generation aircrafts. Lightweight materials like composites have contributed significantly to reach the current emissions levels, like the A350 with more than 50% of structural weight made of composites.

However, composites drive also the environmental footprint of the aircraft life-cycle without considering the operational phase, involving currently important drawbacks in terms of energy consumption and waste recycling. The transition towards a composite circular economy needs to be anticipated due to the aviation sector de-carbonization challenge as well as the regulation evolution. This transition will be leveraged by several elements, being the composite recycling one of the most important, due to the need to transform the composite waste from production and end of life into new added value materials. For this, the development of efficient composite recycling technologies to not only recover energy during incineration but also high value recycled carbon fibers and semi-products are needed.

This project was focused on the recycling of dry carbon fiber scrap, which can proceed from part production by infusion technologies (e.g. RTM) or from pyrolysis of end of life composite part. The approach was to obtain a non-woven mat from the dry fiber scrap, following a mechanical process, which was, then, fully characterized to identify potential applications in aeronautical field. Different approaches of hybridization of the recycled non-woven fabric with virgin fabric were also evaluated, as well as the production of a small demonstrator for proof of concept.

PALABRAS CLAVE: recycling, carbon, fiber, non-woven

DESARROLLO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS HÍBRIDAS DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO RECICLADO CON INSERTOS UNIDIRECCIONALES

A. de la Calle^{1*}, O. Echeverría¹, O. Ollo¹, N. Alberdi², R. Pacheco², I. Harismendy¹

¹ Área de procesos y materiales, División de Industria y Movilidad, TECNALIA
Paseo de Mikeletegi 2, 20009 San Sebastián, España

² Área de producción y robótica, División de Industria y Movilidad, TECNALIA
Paseo de Mikeletegi 7, 20009 San Sebastián, España

* amaia.delacalle@tecnalia.com

RESUMEN

Uno de los retos más importantes en automoción es adaptarse a las nuevas normativas entorno al reciclaje de materiales, siguiendo las directrices de la Economía Circular, sin perder propiedades. Para ello, la hibridación de piezas de material reciclado con insertos de fibra continua es una solución a esta problemática. En el marco del proyecto ZeKonp, se ha realizado un estudio y optimización de las variables del proceso de fabricación mediante moldeo por compresión de estructuras híbridas con insertos de cinta unidireccionales, con la ayuda de herramientas de simulación del proceso como PAM-FORM y técnicas de visión artificial de cara a evaluar la calidad del producto final.

El material de partida ha sido una plancha de un semielaborado híbrido de material GMT obtenido mediante retales de cinta UD procedentes de sobrantes de producción. El proceso de deposición de los refuerzos se ha realizado con un equipo de encintado automático Multilayer.

De cara a la optimización del proceso, se han tenido en cuenta variables como la disposición del material, la temperatura y la presión de compactación, la estrategia y velocidad de deposición de las cintas y proceso de soldadura de los materiales.

Además del reaprovechamiento del material, se ha buscado optimizar el proceso y ciclos de vida del producto final para la reducción del impacto medioambiental durante todo su ciclo de vida.

PALABRAS CLAVE: gmt, cinta, reciclado, hibridación, termoplástico

VALIDACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA A ESCALA DE LABORATORIO PARA EL RECICLADO INTEGRAL DE PALAS DE AEROGENERADORES.

**A. Serras-Malillos, A. Lopez-Uriónabarrenechea*, E. Acha, B.B. Perez-Martinez y
B.M. Caballero**

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de
Bilbao (UPV/EHU). Plaza Ingeniero Torres Quevedo 1, 48103 Bilbao.

* alex.lopez@ehu.eus

RESUMEN

España es la quinta potencia mundial en producción de energía eólica, con casi 1300 parques eólicos distribuidos a lo largo de su geografía. La mayoría de ellos fueron instalados en la década de los 90 y poseen una vida útil de entre 20 y 30 años, por lo que nos encontramos actualmente ante el comienzo del desmantelamiento y la repotenciación masiva de los parques eólicos españoles, es decir, ante la generación de grandes cantidades de un nuevo residuo industrial: los aerogeneradores.

Las palas de los aerogeneradores, constituidas en su mayoría por materiales compuestos de matriz plástica y fibras de vidrio, carecen de un proceso de reciclado competitivo, probablemente porque todos ellos se centran exclusivamente en la recuperación de las fibras que, siendo de vidrio, son de bajo coste. El grupo de investigación que presenta este resumen lleva más de 10 años investigando la valorización de la parte plástica de materiales compuestos plástico-fibra a través de un proceso combinado de pirolisis (separación de matriz y fibras) y el tratamiento termo-catalítico de los volátiles de la descomposición de la resina para la generación de gases ricos en hidrógeno y líquidos con productos químicos de base para la industria, asegurando el reciclado completo del material.

En MatComp23 se presentarán los resultados derivados de aplicar este proceso a palas de aerogeneradores. Los experimentos se han llevado a cabo sobre trozos reales de palas de aerogeneradores, cortados a tamaño 10x10 cm, en una instalación de laboratorio compuesta por dos reactores en serie.

PALABRAS CLAVE: palas de aerogeneradores, pirolisis, hidrógeno, reciclado, sostenibilidad.

CHEMICAL TREATMENT OF RECYCLED CARBON FIBRES FOR REVALORIZATION IN NEW COMPOSITES

M. Asensio^{*1}, I. Domenech², J. Guerrero¹, M. Santiago-Calvo¹, E. Cañibano^{1,3} J. Pascual²

¹Fundación Cidaut, Parque Tecnológico de Boecillo, 47151 Boecillo (Valladolid), Spain

²AITEX (Asociación de investigación de la industria textil), Plaza Emilio Sala 1, 03801, Alcoy (Alicante), Spain

³Universidad de Valladolid, Paseo del Cauce 59, 47011 Valladolid, Spain

*marase@cidaut.es

RESUMEN

Composites are materials formed by combining two or more different materials to produce a structure that takes advantage of the unique properties of each of the component materials. A common type of composite is fiber-reinforced material, which consists of a polymer matrix mainly reinforced with glass, carbon. Recycling composites is a complex process due to the combination of materials. However, there are several technologies under development for recycling composites, ranging from mechanical to chemical recycling and pyrolysis.

Carbon fiber recovery is an important part of composite recycling, as carbon fibers are a valuable and expensive material. Carbon fiber recovery is important for reducing waste in the industry and improving sustainability in the manufacture of composite materials. In addition, carbon fiber recovery can provide a source of valuable material for reuse in new products. In order to be able to use recycled carbon fibers, it is necessary to perform a treatment that makes the fibers compatible with polymers and thus to be able to manufacture new composites.

In this work, the process of sizing treatment of recycled carbon fibers began with its selection and separation from composite waste. Following, the sizing was applied and characterized. There are different types of sizing in the treatment of recycled carbon fibers so that the sizing was selected based on the type of matrix to be used for the new composite material and the desired mechanical properties. After the treatment the fibers were packaged for subsequent use in the manufacture of new composite materials.

PALABRAS CLAVE: recycled carbon fibre, sizing, intermediates, revalorization, recycled composite.

LIGHTWEIGHT POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR AUTOMOTIVE ENGINEERING. OPTIMIZATION OF MANUFACTURING AND END OF LIFE USING LIFE CYCLE ASSESSMENT.

**H. González^{*1}, J. Ibarretxe², E. Acha³, A. Serras-Malillos³, A. López-
Urionabarrenechea³ U. Olaziregi⁴ & M. Iturrondobeitia^{**5}**

¹ Research Intern at Euskal Herriko, Faculty of Engineering in Bilbao, University of the Basque Country, Bilbao, Spain.

² Applied Physics Department, Faculty of Engineering in Bilbao, University of the Basque Country, Bilbao, Spain.

³ Chemical and Environmental Engineering Department, Faculty of Engineering in Bilbao, University of the Basque Country, Bilbao, Spain.

⁴ Mechanics and Industrial Production Engineering Department, Mondragon Unibertsitatea, Hernani, Spain.

⁵ Department of Graphic Expression and Engineering Projects, Faculty of Engineering in Bilbao, University of the Basque Country, Bilbao, Spain.

* hugoafonsogonz@gmail.com

** maider.iturrondobeitia@ehu.eus

RESUMEN

With fuel economy and lightweight design becoming ever more significant due to the current materials, resources and environmental crisis, the manufacture of polymer composites for automotive industry use has experienced a steady growth in the last years and is expected to keep growing in the coming years. This means that there is a vast range of different polymer composites available in the market, with their unique properties, manufacturing processes and materials imbedded in them, each with their own set of impacts on the environment throughout their whole life cycle. The end of life treatment of a composite determines a substantial fraction of its footprint on the planet, and advanced treatments, namely pyrolysis can be used to obtain high value added compounds such as hydrogen and other light fuels. This study aims to address and quantify the impacts associated with the manufacturing and end of life treatments of an experimental glass fibre mat reinforced thermoplastic composite and compare them with the impacts caused by materials currently used in the automotive industry. Life Cycle assessment methodology will be used to compare the environmental impacts of this new material with traditional glass fibre composites, natural fibre reinforced composites and other materials with similar mechanical properties.

PALABRAS CLAVE: *Life Cycle Assessment, Glass fibre reinforced thermoplastics, Lightweight, Automotive Industry, Sustainability.*

CARACTERIZACIÓN Y PROPIEDADES DE BIO-AEROGELES COMPUESTOS DE GELATINA.

Lucía G. De la Cruz¹, Tobias Abt¹, Nicolas Candau¹, Noel León¹, M. Sánchez-Soto^{*1}

¹ Centre Català del Plàstic, Universitat Politècnica de Catalunya, EEBE, Av. d'Eduard Maristany
16, 08019 Barcelona
^{*}m.sanchez-soto@upc.edu

RESUMEN

Los aerogeles son materiales espumados de muy baja densidad que se obtienen a partir de un proceso sol-gel en el que el solvente usado para obtener el gel se reemplaza por aire sin que colapse la estructura tridimensional previamente formada. En este trabajo se estudian las propiedades de aerogeles compuestos que han sido generados únicamente a partir de sustancias naturales, usando gelatina como matriz, arcilla y ácido tánico como modificadores y agua como solvente. El método de fabricación empleado ha sido la liofilización.

Mientras que el aerogel de gelatina pura se comporta como una espuma elástica y de muy baja rigidez, la adición de ácido tánico y la arcilla permiten obtener espumas rígidas con aumentos de hasta 9 veces en el módulo elástico (~ 19 MPa) y en la tensión a fluencia (~ 1 MPa) manteniendo densidades muy bajas, ~ 0.14 g/cm³. Estos incrementos se consiguen, por un lado, debido a la evolución hacia una micro-estructura en forma de panel de abeja, y por otro gracias al establecimiento de puentes de hidrógeno y la presencia de fuertes enlaces covalentes entre los grupos amino de la gelatina y los dobles enlaces generados por la oxidación ácido tánico.

La presencia de arcilla bien dispersada en la matriz reduce significativamente la velocidad de degradación térmica de los compuestos gracias a su reordenación y agrupación en forma una capa protectora estable en la superficie del material. Bajo condiciones similares a las desarrolladas en un incendio, el compuesto presenta una baja inflamabilidad y alta resistencia a la propagación de fuego gracias a la acción sinérgica entre arcilla y ácido tánico. Finalmente, el carácter hidrofílico de los bio-aerogeles formados se modificó mediante un procedimiento simple de inmersión consiguiendo alcanzar una gran hidrofobicidad superficial. La consecución de espumas multifuncionales y sostenibles formadas únicamente a partir de sustancias naturales, permite expandir su rango de aplicaciones, haciendo que eventualmente, puedan llegar a sustituir a las espumas tradicionales derivadas del petróleo, como las de poliuretano, poliestireno o fenol-formaldehído que tienen un notable impacto ambiental.

PALABRAS CLAVE: Aerogel compuesto, gelatina, propiedades mecánicas, resistencia a fuego,

NUEVAS FUNCIONALIDADES Y OPORTUNIDADES DE RECICLADO DE COMPOSITES BASADOS EN EPOXI DINÁMICO

I. Azcune, A. Huegun y A. Rekondo*

CIDETEC, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Po. Miramón 196, 20014

Donostia-San Sebastian

*arekondo@cidetec.es

RESUMEN

Los composites termoestables reprocesables, reparables y reciclables tienen el potencial de mejorar la circularidad de los composites y asegurar su sostenibilidad. Las matrices epoxi vitrímeras basadas en disulfuros están en desarrollo para cumplir las especificaciones de sectores clave (transporte, eólica, etc.). La fabricación de composites reforzados mediante distintas técnicas (infusión, prepregs, etc.) ha sido validada (TRL 4-5). La incorporación de nuevas funcionalidades, como la resistencia al fuego, y la validación del reciclado están ahora sobre la mesa.

El reciclado químico convencional separa el refuerzo del composite para su reutilización, dejando a un lado la matriz polimérica. Las nuevas funcionalidades incorporadas exigen la recuperación y validación de la matriz. Las resinas dinámicas permiten aplicar condiciones más suaves durante el reciclado, y queda el reto de encontrar nuevas aplicaciones que reutilicen estos productos reciclados.

Por otro lado, el uso racional de recursos aboga por nuevas vías de reciclado que no requieran la separación de los componentes, apliquen pocas etapas, sean económicamente viables y mantengan el valor del refuerzo y la matriz. Los enlaces dinámicos permiten, mediante aplicación de calor y presión, el termoconformado de las piezas. Este proceso abre la vía desde reutilizar piezas finales con nuevas formas hasta generar nuevos composites de fibra corta a partir del triturado mecánico previo.

En esta comunicación se darán a conocer los últimos avances y objetivos de varios proyectos europeos financiados en el marco HE (SURPASS, GA no. 101057901; MC4, GA no. 101057394) en los que se está trabajando en la madurez de las tecnologías.

PALABRAS CLAVE: Vitrímeros, epoxi, reciclado, fuego, termoconformado

SOLVÓLISIS EN CONDICIONES MODERADAS DE COMPOSITES REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO

L. Fulgencio, A. Asueta, S. Arnaiz, J. Leivar, I. Amundarain, R. Miguel, A. Iruskiet

GAIKER Technology Centre, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 202, 48170 Zamudio, Spain
fulgencio@gaiker.es

RESUMEN

Los composites reforzados con fibra de carbono (CFRP) son clave en diferentes sectores industriales al combinar ligereza y robustez. Esa circunstancia y la creciente necesidad de aprovechar los recursos de cualquier producto, ha activado una fuerte demanda para establecer soluciones tecnológicas sostenibles, que permitan aprovechar de forma efectiva los materiales de los composites: las resinas (matriz) y las fibras (refuerzo).

Limitados a ser reciclados mecánicamente, las alternativas de reciclaje para los CFRP con resinas termoestables se han enfocado a tratamientos termoquímicos, generalmente pirólisis para recuperar las fibras, degradando la matriz. Además de vías térmicas, también se han estudiado tratamientos con disolventes en condiciones supercríticas. Sin embargo, estos procesos excluyen la recuperación de la resina y suponen una pérdida parcial de propiedades mecánicas de las fibras debido al tratamiento térmico (450-550 °C).

Como alternativa, se propone una solvólisis empleando condiciones moderadas para tratar los CFRP con resinas epoxi endurecidas con amina, de modo que se recuperen las fibras con todas sus propiedades y se valore materialmente la matriz orgánica. Este proceso se aplica a materiales de referencia de composición conocida, y se valida con residuos reales obteniendo buenos resultados en términos de grado de descomposición de la resina. Las fibras recuperadas presentan una superficie libre de resina y propiedades mecánicas comparables a las de fibras vírgenes. La fracción orgánica recuperada analizada indica la formación de compuestos de bajo peso molecular generados a partir de esas resinas curadas. Los disolventes empleados se recuperan para su reutilización.

PALABRAS CLAVE: Solvólisis, CFRP, epoxi, amina, fibras

REVALORIZACIÓN DE FIBRAS DE REFUERZO RECICLADAS MEDIANTE TECNOLOGÍAS TEXTILES PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVOS COMPOSITES TERMOPLÁSTICOS

I. Doménech^{*1}, J. Pascual¹, C. Santamaría¹, F. Fornés

¹AITEX (Asociación de investigación de la industria textil), Plaza Emilio Sala 1, 03801,
Alcoy (Alicante), Spain

^{*}idomenech@aitex.es

RESUMEN

En la actualidad, materiales compuestos tales como los composites de fibra de carbono y vidrio son considerados materiales de alto valor añadido. Sin embargo, la circularidad de estos materiales aún está lejos de convertirse en una realidad debido a la complejidad de su reciclaje y los graves problemas medioambientales que genera su creciente acumulación en vertederos.

Tras el fin de su vida útil, tecnologías como el reciclaje por pirólisis y solvólisis son capaces de recuperar las fibras de refuerzo de los composites en forma de fibra cortada, pero su revalorización se limita a aplicaciones de bajo valor añadido como su utilización en formato de partículas para inyección, la obtención de mats anisotrópicos, etc.

El presente trabajo se ha centrado en la investigación y adaptación de tecnologías textiles para el procesado de fibra cortada, como el cardado, la hilatura y la tejeduría, con el objetivo de obtener artículos textiles intermedios aptos para la generación de composites termoplásticos. Estas tecnologías deben mejorar las propiedades mecánicas de las soluciones comerciales actualmente disponibles y adaptarse a estas fibras de refuerzo; frágiles a flexión, con extrema finura, y en algunos casos conductoras eléctricas.

Esta investigación, ha dado lugar a la obtención de intermedios textiles tales como hilados híbridos (matriz termoplástica y refuerzo rCF-rGF), tapes híbridos y tejidos obtenidos a partir de ambos intermedios. En estos intermedios las fibras se encuentran direccionadas mejorando con ello las propiedades mecánicas de los composites respecto a actuales soluciones de revalorización disponibles como los mats.

PALABRAS CLAVE: recycled carbon fibre, intermediates, revalorization, recycled composite, thermoplastic composite

DESIGN OF NEW SUSTAINABLE POLYMER COMPOSITES FOR PACKAGING SECTOR

**M. Santiago-Calvo*¹, M. Asensio¹, J. Guerrero¹, C. Alonso¹, M. Fernández¹,
E. Cañibano^{1,2}**

¹Fundación Cidaut, Parque Tecnológico de Boecillo, 47151 Boecillo (Valladolid), Spain

²Universidad de Valladolid, Paseo del Cauce 59, 47011 Valladolid, Spain

*mersan@cidaut.es

RESUMEN

At the present time, packaging sector is the largest sector of the plastic consumption and as a consequence the principal source of the plastic waste. The polymers most commonly use in packaging are petroleum-derived polymers, which are non-renewable sources such as polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), polystyrene (PS) and polyvinyl chloride (PVC), among others. Moreover, these petrochemical plastics have a degradation process very slowly decomposing into microplastics during centuries. As a result, the disposals of these non-biodegradable materials cause major environmental problems. As a potential solution to packaging materials currently available, both industry and academia are betting on the design of sustainable polymers from renewable sources and at the same time with higher recyclability, such as biobased polymers with biodegradable properties.

In the present study, new foamed materials for packaging applications, especially for single-use packaging, are designed from poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), a biopolymer with good biodegradability, in the presence of organic additives from animal origin. The developed foamed products are proposed as substitutes for the current foamed PS trays, which are difficult to recycle.

PALABRAS CLAVE: sustainable polymers, biopolymers, biodegradable, foams, PBAT.

NUEVO CONCEPTO DE ECO-COMPOSITE HÍBRIDO DE FIBRA NATURAL Y LÁMINAS DE MADERA (FWL). FABRICACIÓN, CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y ENVEJECIMIENTO EN AGUA DE MAR.

A. Lopez-Arraiza^{*1}, F.R. Valencia², E. Urtaran¹, G. Castillo-López³ y J. Aurrekoetxea⁴

¹Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48920 Portugalete, España

²Institut für Mechanik und Statik, Universität der Bundeswehr München, 85577 Neubiberg, Germany

³Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Málaga, 29016 Málaga, España

⁴Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, Mondragon Unibertsitatea, 20500 Arrasate, España

*alberto.lopeza@ehu.eus

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia un nuevo eco-composite tipo FWL (*"Fiber-Wood Laminate"*) obtenido mediante la hibridación de fibras naturales y láminas de madera. Para ello, se han fabricado laminados por infusión de bioepoxi (SuperSap®) reforzada con tres capas de fibra de lino bidireccional y dos chapas de madera de pino, una en cada cara del eco-composite. Posteriormente, se realizaron ensayos de tracción, impacto de baja energía ($E_0=1J-25J$) y se inspeccionó el daño mediante ultrasonidos. Igualmente, se repitió la caracterización para laminados sumergidos un periodo de bioactividad marina de 6 meses.

Los resultados muestran que el FWL presenta un aumento del módulo elástico del 58% frente al biocomposite de lino (FFRB). Tras la inmersión en agua de mar, se observa que la absorción de humedad provoca una caída de la rigidez del 4,6% y del 6,9% en el FWL y FFRB, respectivamente.

Por otro lado, los umbrales de penetración y perforación del FWL son un 29% y 32% inferiores a los correspondientes del FFRB. Después de la inmersión, dichos umbrales se desplazan a valores superiores en ambos eco-composites, más significativamente en el FFRB, debido al efecto plastificante de la absorción de humedad que se pone de manifiesto en los distintos patrones de daño observados por inspección mediante ultrasonidos.

En conclusión, las láminas de madera del FWL aumentan la rigidez a tracción del nuevo eco-composite y ejercen un efecto barrera frente a la absorción de humedad debido a la inclusión de la bio-resina en la estructura celular de la madera.

PALABRAS CLAVE: FWL, tracción, impacto de baja energía, ultrasonidos, agua de mar.

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS NUEVOS PROTOTIPOS LIGEROS TALGO

M. Cerdeira^{*1}, E. de la Guerra¹, F.J. García¹, V. Meroño¹ y J. Fernández¹

¹Departamento de Innovación de Producto. Patentes Talgo.

*marta.cerdeirapeinado@talgo.com

RESUMEN

La red ferroviaria europea está en gran parte electrificada y el tren es capaz de emitir menos CO₂ que los viajes equivalentes por carretera o aire. El ferrocarril representa solo el 0,4 % de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte de la UE, mientras que todo el transporte de la UE representa el 25 % de las emisiones totales de la UE. Adicionalmente, el ferrocarril es el único medio de transporte que entre 1990 y 2017 ha reducido consistentemente sus emisiones y consumo de energía, mientras utiliza cada vez más fuentes de energía renovable.

En esa línea verde, en este artículo se presenta el estudio de ciclo de vida de los trenes de nueva generación, principalmente basados en estructuras primarias aligeradas. Se plantea un estudio de lo que supone la pérdida entre un 30-50% de peso de dos de las estructuras más importantes del tren (caja y rodadura) utilizando materiales compuestos partiendo de los prototipos realizados y validados.

La introducción de materiales compuestos, no convencionales para el sector ferroviario, tienen claras ventajas desde el punto de vista de capacidad o energía como se ha comentado en anteriores ocasiones, pero era necesario justificar desde el punto de vista del ciclo de vida el sentido de estas innovaciones.

El estudio se divide en dos etapas, inicialmente se ha realizado un estudio del análisis del ciclo de vida de los nuevos prototipos, incluyendo la fase de producción, ensamblaje, transporte y uso. Se completa con un ACV de las estructuras convencionales. La segunda fase se cierra con la comparación del impacto medioambiental que supondría a fin de vida útil el sustituir las estructuras convencionales por estas innovadoras en material compuesto.

Los números conseguidos indican que, a fin de vida útil, el material compuesto resultaría más atractivo a nivel económico y medioambiental que los materiales actuales.

PALABRAS CLAVE: Economía circular, CFRP, ferrocarril, aligeramiento.

BIO-BASED RECYCLABLE CROSSLINKED POLYURETHANES BASED ON A THERMALLY REVERSIBLE DIELS-ALDER ADDUCT

A.C. Restrepo-Montoya^{1*}, I. Larraza¹, K. Gonzalez¹, O. Echeverria-Altuna², I. Harismendy², A. Saralegi¹ and A. Eceiza¹

¹Materials Technologies Group, Chemical and Environmental Engineering Department, University of the Basque Country - UPV/EHU, Donostia-San Sebastián, Spain

²Materials and Manufacturing Processes, Industry and Mobility Unit, Tecnalia (Member of the Basque Research & Technology Alliance), 20009 Donostia-San Sebastián

*anacristina.restrepo@ehu.eus

ABSTRACT

In recent years, there has been an increase in environmental concerns along with regulatory measures to produce sustainable products. Recyclability, biodegradability and bio-based feedstocks are the most viable characteristics to achieve sustainable circularity.

Polyurethanes (PUs) are one of the most widely used polymers. Their excellent performance and versatility allows them to be used in a wide range of industries. In addition, PUs can be produced as crosslinked materials, improving mechanical properties over linear PUs, but crosslinked materials cannot be recycled or reworked.

As an alternative to be able to recycle crosslinked PUs, and polymers in general, thermally reversible bonds are introduced into the polymer chains, allowing the bonds to break when heat is applied and re-form when heat is removed.

The furan-maleimide Diels-Alder adduct (DA) is one of the most studied thermo-reversible covalent bond. At low temperatures, the DA bonds are closed, allowing crosslinking in properly designed structures, and resulting in materials with improved mechanical properties. However, at high temperatures, the retroDA reaction takes place, decoupling the DA reactants, which facilitates crosslinked materials reprocessing, and thereby allows to overcome the boundary between thermoplastics and thermosets.

The aim of this work was the synthesis of cross-linked and partially bio-based PUs containing dynamic covalent bonds based on the DA thermo-reversible reaction. Different formulations have been evaluated and recycled, resulting in PUs that behave as thermosets in terms of mechanical properties, but thanks to the Diels-Alder adduct, they could be reprocessed and are suitable for recycling.

KEYWORDS: Polyurethane, Diels-Alder reaction, thermal reversibility, reprocessing properties, cross-linked polymer.

POLYAMIDE BIOCOMPOSITES FOR FUSED FILAMENT FABRICATION.

K. C. Núñez Carrero^{1,2,*}, M. Herrero Villar¹, L. E. Alonso Pastor¹, F. Lizalde-Arroyo¹, M. Á. Rodríguez-Pérez¹, J. C. Merino^{1,2}, J. M. Pastor Barajas^{1,2}.

¹ Department of Condensed Matter Physics, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain.

² Foundation for Research and Development in Transport and Energy (CIDAUT) 47051 Valladolid, Spain.

*karinacarla.nunez@uva.es

Abstract

With the increasing diffusion of additive manufacturing (AM) in more and more demanding applications, the demands on the performance of printed parts are increasing, not to mention the sustainability component of current production processes. Among the different AM technologies, fused filament fabrication (FFF) is the most widely used for thermoplastic materials. This work focuses on demonstrating the feasibility of printing high-quality parts using a biobased polyamide (BIOPA-11) reinforced with different types of fibres: chopped glass fibre (GF) and a needle-shaped nanoclay (sepiolite).

Different composites of BioPA-11 with nano clays and GF were prepared by melt fusion, converted into filament, printed, and characterised. The properties obtained for different composites were systematically examined as a function of printing orientation, amount, and type of fibre, accompanied by an in-depth analysis of the internal morphology of the parts by X-ray MicroCT scanner to obtain parameters such as % porosity, pore size and numbers and anisotropy coefficient in different directions. The anisotropic properties for GF and nanocomposites showed improvements in modulus and tensile strength with increasing load, concerning pure biopolyamide. The improvements in the mechanical performance of nanocomposites are not negligible, under many conditions (composition and direction of manufacture), so printing nanocomposites, in addition to obtaining an essential carbon neutral, recyclable and sustainable product, includes important advantages such as weight savings and cost reduction. The stiffening mechanism based on PA polymorphism induced by nanometric fillers and internal morphologies of nanocomposites explains why sepiolite is an alternative to producing competitive biocomposites without using GF.

Keywords Fused Filament Fabrication (FFF); Fibre Reinforced Polymer; Nanocomposites; Bio-polyamide; Thermo-mechanical Properties.

COMPORTAMIENTO A IMPACTO DE COMPOSITES DE MATRIZ TERMOPLASTICA REFORZADA CON FIBRAS DE BASALTO Y FABRICADOS MEDIANTE RTM

M. Baskaran¹, R. Hoto², J.A. García-Manrique², J. Aurrekoetxea^{*1}

¹Mondragon Unibertsitatea, C/Loramendi 4, 20500, Arrasate-Mondragon, Spain

²Universidad Politécnica de Valencia, Camino Vera s/n, 46022 Valencia, Spain

^{*}jurrekoetxea@dmondragon.edu

RESUMEN

La reducción del impacto medioambiental mediante empleo de nuevas matrices y fibras, asociadas a proceso de fabricación que permitan obtener elevados estándares de calidad, está en la agenda estratégica de academia e industria. La sustitución de las matrices termoestables por las termoplásticas es un claro vector de mejora, facilitando el reciclaje. En lo que a las fibras se refiere, el empleo de fibras naturales de origen mineral, como el basalto, reduce la huella ecológica en la fase de extracción de las materias primas. La caracterización de estos nuevos composites es necesaria para identificar aplicaciones potenciales, y en el caso del comportamiento a impacto, la comparación directa con materiales de referencia se presenta imprescindible, ya que diferencias en el proceso de fabricación, contenidos en fibra o condiciones de ensayo imposibilitan poner en contexto el nuevo material.

En el presente trabajo se comparan las propiedades a impacto de dos composites de matriz termoplástica fabricadas mediante la tecnología de moldeo por transferencia de resina (RTM). Por una parte, como material de referencia, se ha caracterizado el material compuesto reforzado con un tejido de fibra de carbono, y por otra el reforzado con el tejido de fibra de basalto. Los resultados son favorables al composite reforzado con fibras de basalto, independientemente de que se comparen las propiedades en términos absoluto ($\times 2,2$), en reducción de peso ($\times 1,8$) o reducción de energía consumida para la obtención de las fibras ($\times 4,4$).

PALABRAS CLAVE: Fibra basalto, RTM termoplástico, Impacto, Fibra carbono

THERMOSET POLYURETHANES DERIVED FROM RECYCLED AND BIOBASED SOURCES

**E. Mendiburu-Valor¹, I. Larraza¹, O. Echeverria-Altuna², I. Harismendy²,
C. Peña-Rodríguez¹ and A. Eceiza^{*1}**

¹ Materials+Technologies' Research Group, Chemistry and Environmental Engineering Department, Faculty of Engineering of Gipuzkoa, University of the Basque Country (UPV/EHU), Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián, Spain

² Materials and Manufacturing Processes, Industry and Mobility Unit, Tecnalia (Member of the Basque Research & Technology Alliance), 20009 Donostia-San Sebastián, Spain

*arantxa.eceiza@ehu.eus

ABSTRACT

The world is currently facing a major environmental challenge due to the high production and use of plastic, leading to the accumulation of plastic waste in landfills and marine ecosystems. Plastic takes thousands of years to degrade, causing waste and microplastics to accumulate in the sea and oceans, forming so-called floating islands. Poly(ethylene terephthalate) (PET) is one of the most consumed plastics in the world, so it is very common to find it in the sea or ocean.

Thermomechanical recycling is normally used for urban and industrial PET waste, but it is not suitable for highly degraded marine litter. Chemical recycling of marine PET litter is presented as an alternative for the valorization of this highly degraded waste. The bis(2-hydroxyethyl) terephthalate (BHET) monomer obtained can be used in the synthesis of new polymers.

This study explores the potential of using BHET for the synthesis of high modulus and high strength thermoset polyurethanes (PUs). In addition, renewable reagents, such as a polyol derived from castor oil, has been employed. The resulting PUs were thermally, thermo-mechanically and mechanically characterized to evaluate their potential applications. In addition, the recyclability by glycolysis of the PUs was demonstrated, thus advancing towards a circular economy. The results of this study provide fundamental knowledge for the development of sustainable, environmentally friendly, high performance and recyclability materials, and represent an important achievement in the global effort to reduce dependence of fossil resources and plastic pollution.

KEYWORDS: PET, recycled BHET, biobased polyol, thermoset polyurethane, circular economy

SÍNTESIS DE SISTEMAS HÍBRIDOS ACRÍLICO-POLIURETANO BIOBASADOS CON APLICACIONES ADHESIVAS

N. Fernandez^{1,2}, O. Echeverria¹, I. Calafel², R. Rodriguez^{*1}

¹ TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Mikeletegi
Pasealekua 2, 20009 Donostia-San Sebastián, Spain

² POLYMAT, University of the Basque Country UPV/EHU, Joxe Mari Korta Center,
Avda. Tolosa 72, 20018, Donostia-San Sebastian, Spain

*raquel.rodriguez@tecnalia.com

RESUMEN

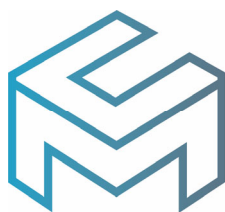
Con el fin de reducir la dependencia del petróleo como recurso para la obtención de recubrimientos y adhesivos durante los últimos años se está trabajando en el desarrollo de nuevos binders basados en diferentes materias primas procedentes de recursos naturales. Uno de los polímeros más utilizado es el poliuretano, por ello es de gran interés sustituir la mayor parte de los componentes de su química tradicional por materia prima procedente de la biomasa. Por otro lado, en un esfuerzo por minimizar el uso de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la síntesis y aplicación de PU tradicionales, las dispersiones de poliuretano a base de agua (PUD) se presentan como alternativa. La versatilidad de los PUD puede correlacionarse con la alta variedad de materias primas utilizadas en su síntesis, las cuales determinan las propiedades finales del producto. Esto hace que el desarrollo de poliuretanos biobasados pueda abordarse desde la sustitución parcial o total de los diferentes materiales empleados en su síntesis.

Por otro lado, durante los últimos años los PUDs han permitido el desarrollo de nuevos sistemas híbridos cuya principal ventaja es la sinergia que presentan. La combinación más común y estudiada es la PUD/acrílico¹.

El objetivo de este estudio ha sido desarrollar una dispersión híbrida de poliuretano acrílico biobasada y base agua partiendo de una formulación no renovable e incorporando reactivos procedentes de recursos renovables. Se ha comprobado que el uso de polioles biobasados es posible, haciendo factible obtener un material con un 20% de contenido renovable.

PALABRAS CLAVE: Poliuretano-acrílico, polímeros biobasados, polímeros en dispersión

¹ Manock, H. L. New developments in polyurethane and PU/ acrylic dispersions. *Pigm. Resin Technol.* 2000, 29, 143–151



MATCOMP

XV CONGRESO NACIONAL
DE MATERIALES COMPUESTOS
GIJÓN 2023

MATERIALES A PARTIR DE REVALORIZACION DE PAJA DE ARROZ MEDIANTE EXTRACCION DE CELULOSA Y LIGNINA

V. M. Serrano*, M. P. Carbonell, H. Pérez, F. Arán y E. Orgilés

INESCOP Instituto Tecnológico del Calzado. C/Alemania 102, 03600 Elda, Alicante, España

*vmserrano@inescop.es

RESUMEN

La paja de arroz es un residuo agrícola problemático con el que, actualmente, en la Albufera de Valencia, se queman toneladas una vez finalizada la cosecha, con el consecuente daño ambiental. En este sentido, para evitar el desperdicio de recursos y una contaminación innecesaria, se propone revalorizar el producto, es decir, utilizar la paja de arroz, como fuente de lignina y celulosa, para el desarrollo de materiales para calzado, tales como suelas, plantillas o adhesivos.

La extracción de fibras de celulosa de la paja de arroz se realiza mediante procesos físicos y/o químicos, tales como: tratamiento hidrotérmico con vapor (*steam explosion*); tratamiento alcalino, peróxidos y blanqueamiento. El método de extracción se optimiza mediante la combinación de procesos para maximizar el rendimiento obtenido. Para ello, se varían las condiciones de procesamiento de cada una de las etapas de extracción, optimizando variables como: temperatura, presión de CO₂, entre otros.

Además, mediante el uso de lignina, también presente en la paja de arroz, se producen polioles a partir de los cuales es posible sintetizar adhesivos; consiguiendo revalorizar por completo la paja de arroz.

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de las condiciones de procesamiento de paja de arroz en el rendimiento de extracción de celulosa mediante la optimización del proceso hidrotérmico, el pre y post procesamiento, así como en las propiedades de las fibras de celulosa; además de la extracción de lignina para la producción de polioles con los que sintetizar adhesivos.

Los materiales obtenidos se caracterizarán mediante algunas de las siguientes técnicas experimentales: FTIR, TGA, SEM, XRD, DSC, CLSM, reometría, entre otros.

Los autores agradecen al proyecto BIOTECHRICE a través de la subvención TED2021-129932B-C22 financiada por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y, en su caso, por “European Union NextGenerationEU/PRTR”.

PALABRAS CLAVE: Celulosa, lignina, paja de arroz, steam explosion, adhesivos.

ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE COMPOSITES: RECICLADO QUÍMICO

A. Barranca, S. Fita, N. Lardiés-Miazza*, A. Luengo-Baranguán

AIMPLAS

*nlardies@aimplas.es

RESUMEN

La mayoría de los materiales compuestos al final de su vida útil se incineran o se llevan a vertedero; y es una lástima si se tiene en cuenta que son materiales de altas prestaciones cuyas materias primas no son económicas. En general los compuestos son materiales muy difíciles de reciclar ya que no se funden por lo que su reciclaje hasta la fecha se limita a su reciclado mecánico, es decir, trituración de los mismos e introducción como carga en la resina para la fabricación de nuevos compuestos, sin embargo, esta técnica no interesa ya que los nuevos compuestos no mejoran sus propiedades por la adición de esta carga.

En este trabajo se va a mostrar el reciclado químico (mediante pirólisis o solvólisis) de residuos de palas eólicas, compuestas principalmente por fibra de vidrio con resina de poliéster o epoxi, para obtener polvo de fibra de vidrio que se utiliza en el sector cerámico como fundente para la fabricación de esmaltes y fritas y, por otra parte, los glicoles obtenidos durante la solvólisis se introducen en el proceso de fabricación de las tintas.

También residuos del sector aeronáutico, compuestos principalmente por fibra de carbono y resina epoxi, se han reciclado mediante pirólisis o solvólisis para obtener fibra de carbono corta con la que se vuelven a fabricar piezas de compuestos para el sector transporte después de su post-tratamiento (aplicación de ensimaje).

Otros residuos del sector aeronáutico que también se han estudiado son los biocompuestos (fibras naturales con resinas procedentes de fuentes renovables); en este caso se han investigado todas las tecnologías de reciclado existentes y se han seleccionado finalmente dos como las más adecuadas desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental. Estas dos técnicas se han probado de manera experimental tanto a escala laboratorio como de planta piloto analizándose los productos reciclados obtenidos.

PALABRAS CLAVE: reciclado, compuestos, pirólisis, solvólisis, biocompuestos

MATERIALES COMPUESTOS ELASTOMÉRICOS REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES Y CON CAPACIDAD AUTORREPARADORA

S. Utrera-Barrios¹, O. Pinho Lopes¹, M. Hernández Santana^{*1}

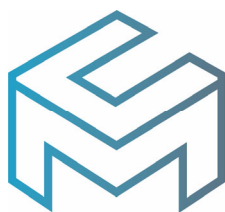
¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP), CSIC

^{*}marherna@ictp.csic.es

RESUMEN

Los materiales compuestos elastoméricos son ampliamente utilizados en múltiples aplicaciones, especialmente en aquellas de la industria automotriz; sin embargo, presentan el inconveniente de ser difíciles de reciclar generando un importante impacto ambiental. Por esta razón, en los últimos años se ha incrementado la investigación en el desarrollo de materiales autorreparables y biodegradables que minimicen dicho impacto extendiendo su vida útil. En este contexto, el objetivo de este trabajo es el diseño de una nueva generación de materiales compuestos elastoméricos autorreparables utilizando aditivos de origen natural. Para ello, se usó caucho natural epoxidado (ENR) y propionato de celulosa (CP) como matriz, reforzados con fibras celulósicas. La autorreparación se logró combinando el flujo de la fase termoplástica (CP) (mecanismo extrínseco) y la formación de enlaces de hidrógeno entre el ENR y el CP (mecanismo intrínseco). Se obtuvo una prometedora eficiencia de reparación del 95%, así como un aumento de la resistencia a la tracción en presencia de las fibras celulósicas, sin afectar la capacidad reparadora del material. Por tanto, este trabajo supera la conocida dicotomía entre rendimiento mecánico y autorreparación, y constituye una nueva aportación en el campo de los elastómeros autorreparables usando aditivos de origen natural.

PALABRAS CLAVE: materiales compuestos elastoméricos, autorreparación, fibras celulósicas, caucho natural epoxidado, propionato de celulosa.



MATCOMP

XV CONGRESO NACIONAL
DE MATERIALES COMPUESTOS
GIJÓN 2023

ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA LA SÍNTESIS DE POLIURETANOS: NUEVAS RUTAS SIN ISOCIANATOS Y CATALIZADORES NO TÓXICOS

S. El Khezraji^{1,2}, M. Chaib^{1,2}, S. Thakur¹, M. Lahcini² M.A. Lopez-Manchado¹, R. Verdejo^{*1}

¹Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros ICTP, CSIC, C/ Juan de la Cierva, 3
28006 Madrid, España

²IMED-Lab, Faculty of Sciences and Techniques, Cadi Ayyad University, Avenue
Abdelkrim Elkhatabi, B.P 549, 40000, Marrakech, Marruecos

*r.verdejo@csic.es

RESUMEN

El poliuretano (PU) es un polímero muy versátil que se utiliza ampliamente en la fabricación de espumas, adhesivos, recubrimientos y otros productos debido a su capacidad de producir materiales con una amplia gama de propiedades físicas y mecánicas en función de su composición química. Sin embargo, los riesgos para la salud y las restricciones normativas asociadas al uso de isocianatos han impulsado a fabricantes e investigadores a buscar alternativas a los PU y a desarrollar nuevas rutas sintéticas sin isocianatos. Aquí presentamos varias soluciones desarrolladas en el grupo para producir PUs no tóxicos y respetuosos con el medio ambiente.

En primer lugar, estudiamos el uso de un catalizador basado en el bismuto como posible sustituto del tradicional de estaño para la fabricación de espumas de PU [1], revelando una mayor eficiencia de conversión de isocianato. Al comparar muestras con densidades similares, las espumas catalizadas con bismuto presentan un mejor comportamiento mecánico que con estaño, con una estabilidad térmica similar.

Un potencial sustituto de los PUs es el poli(hidroxiuretano) (PHU). Sin embargo, éstos presentan bajas propiedades mecánicas debido a la presencia de reacciones colaterales que limitan la producción de polímeros de alto peso molecular. Por ello, se ha analizado la inclusión de nanopartículas funcionalizadas de nitrato de boro para mejorar las propiedades físicas de un PHU sintetizado a presión atmosférica obteniéndose mejoras en su estabilidad térmica y propiedades mecánicas [2].

Finalmente, se presenta el desarrollo de espumas de poliuretano sin isocianato (NIPU) y autoexpandibles mediante una reacción simultánea de aminólisis y descarboxilación [3, 4] obteniéndose sistemas flexibles y de celda abierta.

PALABRAS CLAVE: Poliuretanos, espumas, nanocompuestos, sostenibilidad,

[1] S. El Khezraji et al., Polymers 2021,13,4460.

[2] S. El Khezraji et al., Polymers 2022, 14, 3934

[3] S. El Khezraji et al., European Polymer Journal, 2023, 189 111960

[4] M. Chaib et al. en preparación.

RECICLADO DE UNA PALA Y SU REUTILIZACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE UNA SEGUNDA GENERACIÓN

R. Carnicero¹, L. Cano¹, I. Cruz¹, M.A. Lopez², R. Verdejo²

¹Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER – CIEMAT), Soria, España

²Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP – CSIC), Madrid, España

**lmanchado@ictp.csic.es*

RESUMEN

El objetivo europeo de la descarbonización del sector energético conllevará un aumento considerable de las energías renovables. En este plan, la energía eólica juega un papel clave y supondrá un aumento de la capacidad de generación de energía en los próximos años. Sin embargo, presenta el gran problema que una parte importante de los aerogeneradores no se puede reciclar y acaban enterrados o incinerados, con el consiguiente impacto ambiental en términos de residuos o de generación de emisiones.

Para resolver este grave problema, hemos desarrollado una nueva resina termoplástica líquida, **AKELITE**, patentada por el grupo del CSIC, capaz de producir materiales compuestos sostenibles y 100% circulares, sin variar los procesos de producción. Mediante un proceso sencillo y respetuoso con el medioambiente, recuperamos la fibra y la resina en óptimas condiciones, para producir un nuevo material compuesto con altas prestaciones.

El uso de los materiales propuestos reducirá la cantidad de desechos procedentes del desmantelamiento de los futuros parques eólicos ya que las palas eólicas se podrán reciclar al 100%, y, además, reducirá la cantidad de materias primas utilizadas para construir nuevas palas, lo que contribuirá al uso sostenible de los recursos, contribuyendo a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible acordados internacionalmente, en particular el ODS 12.

Este trabajo está enmarcado dentro de un proyecto de la convocatoria de “*Proyectos orientados a la transición ecológica y a la transición digital*” con la participación de 3 grupos de investigación: CIEMAT, Universidad de Gerona y el CSIC.

PALABRAS CLAVE: resina termoplástica, palas eólicas, reciclado, sostenibilidad

NUEVOS MATERIALES PARA FABRICACIÓN ADITIVA BASADOS EN COMPOSITE RECICLADO

A. Torre^{*1}, A. Pedreira¹, A. Rodríguez¹, C. Martín¹ y R. Losada¹

¹Departamento de Materiales Avanzados, AIMEN Centro Tecnológico, 36418 O Porriño,
Pontevedra, España

[*andrea.torre@aimen.es](mailto:andrea.torre@aimen.es)

RESUMEN

La fabricación aditiva ha evolucionado notablemente en los últimos años, no solo en cuanto a los equipos empleados si no también ampliando la gama de materiales disponibles. Con el objetivo de hacer esta técnica más sostenible, ha crecido el interés por la introducción de materiales reciclados en el desarrollo de materiales para impresión. En este contexto, una de las actividades del proyecto READI se ha centrado en la fabricación de filamento de fibra corta usando como refuerzo material compuesto de fibra de carbono con matriz termoplástica reciclado.

Laminados de LMPAEK/CF procedentes de restos de fabricación automatizada (AFP) fueron reciclados mecánicamente obteniendo diferentes tamaños de fibra. La fracción con menor tamaño fue mezclada en diferentes concentraciones (5, 10, 20, 30%) con PEKK. La procesabilidad de las mezclas fue estudiada mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y reología rotacional. La mezcla con 5% de material reciclado y PEKK se empleó para la fabricación de filamento. Finalmente, dicho filamento fue impreso en una celda equipada con un brazo robótico de 6 ejes con un cabezal con una boquilla de 0,8mm. Para la caracterización mecánica del material se imprimieron probetas para ensayos de tracción y flexión, en los que se observó una mejora de las propiedades mecánicas en comparación con el material sin refuerzo.

PALABRAS CLAVE: fabricación aditiva, reciclado mecánico, composite termoplástico, filamento, FFF

ESTUDIO DEL RECICLADO Y RECONFORMADO DE MATERIALES COMPUESTOS Y SU POSTERIOR USO EN LA FABRICACION DE MATERIALES COMPUESTOS SOTENIBLES

M. Campo^{*}, I. Lorero, A. Jiménez-Suarez, S.G. Prolongo

Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología
Electrónica, ESCET.Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, España

^{*}monica.campo@urjc.es

RESUMEN

Debido al gran incremento del uso de los materiales compuestos, ha surgido la necesidad de investigar y desarrollar técnicas efectivas de recuperación, reciclado y reutilización. Este reto tecnológico conlleva importantes esfuerzos en investigación para solventar la problemática actual que surge a la hora de separar y reutilizar los componentes de los materiales compuestos. En este trabajo se han estudiado dos alternativas para solventar la problemática medioambiental que supone el uso de resinas como matriz de los materiales compuestos, debido a que no existe un proceso de reciclaje sostenible después de su ciclo de vida útil. Por un lado, se estudiará un reprocesado termomecánico y por otro la viabilidad de la disolución química de la matriz. Para ambos procesos se han estudiado las condiciones óptimas (temperatura, tiempo, disolvente y presión) que permitan reprocesar el material o disolver la resina del material compuesto para recuperar la fibra. Posteriormente, para el reprocesado termomecánico, se ha estudiado la viabilidad técnica de preimpregnar fibras durante el proceso de reprocesado en la prensa de platos calientes. Y para el reciclado químico, la viabilidad de que la fibra de carbono reciclada será reutilizada para fabricar un nuevo material compuesto. Por último, se han analizado las propiedades mecánicas y químicas de los nuevos materiales compuestos sostenibles desarrollados comparándolos con los materiales compuestos iniciales.

PALABRAS CLAVE: Reciclado, Reconformado, Reutilización, Materiales compuestos, Sostenibilidad.

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN RECICLADO QUÍMICO DE COMPOSITES: MICROONDAS, CATÁLISIS Y ENSIMAJES

A. Barranca, N. Lardiés-Miazza, A. Luengo-Baranguán*

AIMPLAS

*aluengo@aimplas.es

RESUMEN

El reciclado de composites por pirólisis es una tecnología aún en desarrollo, que si bien está empezando a implementarse, plantea aún diferentes problemas que resolver para asegurar su viabilidad y rentabilidad. Así pues, deben atacarse aspectos clave como el elevado consumo energético del proceso, la búsqueda de salidas comerciales a los productos secundarios, así como maximizar el valor de los productos principales, entendiendo éstos como las fibras de refuerzo del propio composite.

En lo referido a la reducción del consumo energético, AIMPLAS está trabajando en la utilización de radiación de microondas como una fuente de energía más eficiente que el calentamiento por convección, estudiando la posibilidad de disminuir la temperatura del proceso, analizando el efecto de esta radiación sobre la calidad de las fibras obtenidas, y del balance de masas final de las diferentes fracciones.

La posible reducción en el consumo energético así como una composición del aceite pirolítico más interesante para la industria petrolífera es otro de los temas abordados mediante el reformado catalítico, estudiando la influencia de diferentes catalizadores en base zeolitas, separación y recuperación del catalizador y posible afectación a las fibras obtenidas.

El último punto trabajado se centra en el estudio de la aplicación de ensimajes, principalmente en fibras de carbono recicladas por pirólisis. AIMPLAS está trabajando en el desarrollo de nuevos productos y en la optimización del método de aplicación para obtener fibras cortas recubiertas con ensimaje, mostrando la mejora en las propiedades mecánicas del composite final por una mejor interacción con la resina.

PALABRAS CLAVE: reciclado, composites, microondas, catálisis, ensimajes

RECICLAJE MECÁNICO DE MATERIALES COMPUESTOS PARA FABRICACIÓN DE PERFILERÍA POR PULTRUSIÓN

S. Quiles*, E. Martínez, M. Sánchez, A.R. Pérez, A. Gálvez, A. García.

ACCIONA Infraestructuras. Centro Tecnológico Construcción
squiles@acciona.com

RESUMEN

La búsqueda de metodologías de reciclaje de materiales compuestos se está convirtiendo en uno de los temas más estudiados tanto a nivel de investigación como de aplicación práctica.

En este trabajo se ha llevado a cabo un reciclaje mecánico de piezas en desuso de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio. Y posteriormente se ha procedido a su valorización como carga en la formulación de la resina utilizada para la fabricación de nuevos perfiles mediante la tecnología de pultrusión.

Para poder llevarlo a cabo, se ha realizado un exhaustivo estudio del proceso de molienda del material y de la distribución de tamaños de partículas obtenido, así como de las propiedades reológicas del sistema final con el objetivo de poder maximizar la cantidad de carga valorizada optimizando las propiedades del perfil final fabricado.

Como resultado se ha conseguido producir un perfil plano de 10 cm de ancho con la incorporación de hasta un 30% en peso de la resina en carga reciclada. Para eso se ha utilizado un sistema industrial de pultrusión de 15 metros de longitud con un molde calefactado de 80 cm de placa plana.

Tras la fabricación del perfil, se han caracterizado tanto sus propiedades físico-químicas como su comportamiento mecánico para conocer el efecto de la carga en el producto final.

PALABRAS CLAVE: Reciclaje mecánico, pultrusión, perfilería, reología.

“DESARROLLO DE ADITIVOS IGNÍFUGOS DE BASE BIOLÓGICA Y ESTUDIO DE SU INCORPORACIÓN EN MATRICES EPOXI PARA EL SECTOR DE CONSTRUCCIÓN Y MOVILIDAD”

J. V. Izquierdo¹, B. Galindo², A. González^{*1}

¹ Instituto Tecnológico Del Plástico. (AIMPLAS). Laboratorio de Caracterización.
Valencia. España,

² Instituto Tecnológico Del Plástico. (AIMPLAS). Área de Movilidad Sostenible y del
Futuro. Valencia. España,

* angonzalez@aimplas.es

RESUMEN

Los materiales poliméricos combinan ligereza con múltiples funcionalidades, por lo que su introducción en sectores industriales como construcción, movilidad y transporte es cada vez mayor. No obstante, su comportamiento frente al fuego puede ser limitado, presentando, en ocasiones, gran inflamabilidad.

Para mejorar las capacidades ignífugas, tradicionalmente, se combinan con compuestos halogenados. Sin embargo, la mayoría de estos compuestos no están permitidos en la actualidad debido a la producción de gases tóxicos. Como solución, diferentes sectores prefieren el uso de aditivos ignífugos no halogenados provenientes de materias primas fósiles, siendo algunas de ellas, un recurso limitado. Por este motivo, la investigación sobre síntesis de aditivos ignífugos procedentes de fuentes renovables está en constante crecimiento, con el fin de obtener aditivos que combinen la baja toxicidad y el uso de recursos renovables.

El proyecto IGNITION (IMDEEA/2021/75) se centra en el desarrollo de aditivos ignífugos innovadores, provenientes de recursos renovables, garantizando un escaso impacto ambiental en su producción y baja toxicidad de sus productos de combustión, así como el establecimiento de una metodología de análisis que permita optimizar los resultados y su clasificación frente a otros métodos normalizados.

Los resultados obtenidos muestran cómo la incorporación del aditivo ignífugo, desarrollado a partir de biomasa sobre resinas bioepoxi, aporta buenas propiedades frente al fuego; obteniéndose resultados altamente satisfactorios combinando este aditivo con aditivos ignífugos de referencia (derivados de polifosfato de amonio). Se demuestra, además, la correlación entre las diversas técnicas de evaluación del comportamiento frente al fuego propias de los sectores de construcción y movilidad.

PALABRAS CLAVE: Aditivo ignífugo, biobasado, no halogenado, epoxi

¹ Este proyecto ha sido cofinanciado por la UE a través de FEDER y Generalitat Valenciana a través de la convocatoria Proyectos de I+D en cooperación con empresas de IVACE.

IMPRESIÓN 3D MEDIANTE DIRECT INK WRITE DE MATERIALES COMPUESTOS MULTIFUNCIONALES REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO RECICLADA MECÁNICAMENTE

A. Cortés¹, D. Martínez¹, A. Jiménez-Suárez¹ y S. G. Prolongo¹

¹ Materials Science and Engineering Area, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos, Calle Tulipán s/n, 28933 Móstoles (Madrid), Spain.

*alejandro.cortes@urjc.es

RESUMEN

En la actualidad existe un sustancial incremento en las estructuras aeronáuticas que llegan al fin de su vida útil. Sin embargo, ante el creciente uso de estructuras basadas en materiales compuestos de matriz polimérica, cada vez menos componentes pueden ser reutilizados dada la naturaleza de las matrices termoestables.

Por otro lado, la fabricación de estructuras aeronáuticas a partir de preimpregnados implica el desperdicio de gran cantidad de esta materia prima, dada la caducidad de las bobinas de dicho material, quedando completamente inservible incluso antes de poder ser utilizado para la fabricación del componente.

En este contexto, uno de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), enmarcado en la agenda 2030, es no solo reciclar los componentes que lleguen al fin de su vida útil, sino también evitar desperdiciar material que podría haberse usado en la fabricación de estos.

En este trabajo, se han empleado técnicas de reciclaje mecánico para obtener fibra corta de carbono a partir de preimpregnados para reutilizar dicha fibra en circuitos impresos mediante la tecnología de fabricación aditiva Direct Ink Write. La fibra reciclada ofrece un alto valor añadido a los materiales fabricados, ya que, al alcanzar el umbral de percolación eléctrica, se pueden desarrollar circuitos eléctricos basados en materiales multifuncionales con capacidad de monitorización de la salud estructural y con capacidad de auto-calentamiento por efecto Joule, lo cual puede emplearse para realizar tratamientos de auto-post-curado, como sistema anti-hielo o deshielo de perfiles aerodinámicos o para confort en asientos calefactables.

PALABRAS CLAVE: 3D printing; Direct Ink Write; Mechanical recycling; Carbon fiber.

RECICLADO TERMOQUÍMICO DE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ EPOXI CON ENLACES DIELS- ALDER

I. Lorero^{*}, M. Campo, A. Jiménez y S.G. Prolongo

Área de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán,
s/n, Móstoles, 28933, Madrid, España.

*isaac.lorero@urjc.es

RESUMEN

El alto grado de entrecruzamiento de las resinas termoestables que les aporta unas altas propiedades mecánicas, a su vez, implica que, tras el curado, su estructura interna sea irreversible y de difícil reciclado. Esta problemática no sólo influye a las matrices termoestables, sino que también afecta a los materiales compuestos hechos con éstas, ya que la irreversibilidad del entrecruzamiento de la matriz dificulta la recuperación de las fibras. Una vía para solventar dicho problema es el desarrollo de nuevas resinas termoestables que incorporen enlaces termorreversibles de tipo Diels-Alder. La introducción de enlaces de tipo Diels-Alder en la síntesis de las resinas termoestables permite que éstas tengan una red polimérica capaz de desenlazarse a temperaturas superiores a 90 °C, adquiriendo cierta fluidez y reciclabilidad. Sin embargo, su composición y ciclo de curado deben ser cuidadosamente ajustados para evitar reacciones químicas indeseadas y también para mantener ciertas propiedades mecánicas, ya que la adición de enlaces Diels-Alder en contenidos elevados suele derivarse en una notable fragilización de las redes termoestables.

En el presente trabajo se desarrolla la fabricación de un material compuesto de matriz epoxi con un 60% de enlaces de tipo Diels-Alder reforzada con fibra de carbono, el cual muestra unas propiedades mecánicas similares a los de un laminado con resina epoxi convencional. Tras ello, se aborda la recuperación de la fibra por vía termoquímica mediante disolución de la matriz en dimetilsulfóxido a 150 °C, consiguiendo reutilizar la fibra para fabricar nuevos materiales compuestos con propiedades mecánicas equiparables al original.

PALABRAS CLAVE: Diels-Alder; resinas termorreversibles; compuestos reciclables; reciclaje termoquímico.

PROPIEDADES DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE TETRAKAK PARA SU USO EN PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.

**D. C. Gámez-García*¹, H. Saldaña-Márquez, A. Alcaraz-Codina, I. Lucio-Pérez,
E. O. Castañeda-Solís¹, D. Benavides-Martínez.**

¹Escuela de Ingeniería y Tecnologías, Departamento de Ingeniería Civil y Gestión,
Universidad de Monterrey, Morones Prieto 4500 pte. Nuevo León, México.

²Escuela de Arquitectura y Ciencias del hábitat, Centro Roberto Garza Sada, Universidad
de Monterrey, Morones Prieto 4500 pte. Nuevo León, México.

*diana.gamez@udem.edu

RESUMEN

El avance en la tecnología de empaques y envases de un solo uso está generando un aumento indiscriminado en la cantidad de residuos sólidos urbanos, los cuales van en aumento. En 2020, se logró una tasa de reciclaje de alrededor del 30% en envases tetrapak, aunque este porcentaje es alentador, la mayor parte de los residuos no están siendo reincorporados a ningún ciclo. Por otra parte, una de las afectaciones más alarmantes que genera la industria de la construcción es la extracción de materia prima y sus potenciales emisiones de gases de efecto invernadero.

Con el fin de asociar estas dos temáticas ambientales, el objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto reforzado con residuos tetrapak. Se estudiaron especímenes de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura. Para las mezclas, se utilizaron contenidos en peso del 4%, 6% y 8% de fibras de 3 mm y 3 cm, a las cuales se les realizaron pruebas en estado fresco y endurecido a los 7, 14 y 28 días de curado.

Los resultados indicaron que conforme se aumenta el contenido de fibra, disminuyen las propiedades mecánicas de las probetas, por lo que su uso para fines estructurales deberá ser re-evaluado con otras técnicas adicionales, como irradiación con rayos gamma. Se recomienda utilizar este material en piezas de mampostería con fines no estructurales y caracterizar sus propiedades térmicas y acústicas.

PALABRAS CLAVE: Concreto sostenible, RSU, RCDs, Tetra-Pak.

SÍNTESIS DE ÓXIDOS METÁLICOS SOBRE FIBRAS DE CARBONO A PARTIR DE MOF PARA SU EMPLEO COMO ELECTRODOS DE SUPERCONDENSADORES ESTRUCTURALES

M. Sánchez^{*1}, A. González Banciella¹, M.V. Vázquez¹, D. Martínez-Díaz¹ y A. Ureña¹

Área de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos, Calle Tulipán s/n, 28933, Móstoles, Madrid, España

*maria.sanchez@urjc.es

RESUMEN

A día de hoy, resulta fundamental la sustitución de los vehículos de combustión por vehículos eléctricos o híbridos eléctricos que permita reducir tanto los gases contaminantes en las grandes ciudades como las emisiones de gases de efecto invernadero. Todavía es necesario que estos vehículos mejoren sus prestaciones, especialmente la autonomía y, para ello, la reducción de la masa total es fundamental. Una posible solución es el uso de materiales compuestos multifuncionales, que puedan al mismo tiempo almacenar energía y tener una función estructural. La fibra de carbono puede emplearse como electrodo de supercondensadores estructurales debido a sus excelentes propiedades mecánicas y su alta conductividad eléctrica, pero su baja superficie específica limita la densidad de energía almacenada. Recubrir la fibra de carbono con nanomateriales aumentaría considerablemente su superficie específica, siendo los óxidos de metales de transición unos de los materiales más empleados para este tipo de aplicaciones. La síntesis de óxidos metálicos a partir de MOF (*metal-organic frameworks*) da lugar a unos óxidos porosos y con conductividades eléctricas elevadas, lo que es favorable para esta aplicación.

El presente trabajo se centra en la optimización del tratamiento térmico para la obtención de Co_3O_4 a través del MOF ZIF-L sobre fibra de carbono. Para ello, se ha estudiado el efecto de los tiempos de *annealing* y de oxidación. Las fibras recubiertas se analizaron por difracción de rayos X, microscopía electrónica, voltametría cíclica y carga-descarga galvanostática. En general, se observó que los tratamientos térmicos a altas temperaturas y tiempos mayores favorecían el desprendimiento del material, mientras que los tratamientos térmicos más cortos y a temperaturas bajas daban lugar a bajas conductividades eléctricas. Finalmente, se fabricó y caracterizó un supercondensador estructural con los electrodos que presentaban el mejor comportamiento electroquímico.

PALABRAS CLAVE: MOF, fibra de carbono, supercondensador estructural, almacenamiento de energía

REUTILIZACIÓN DE FIBRAS DE VIDRIO RECICLADAS EN COMPOSITES CERÁMICAS TRADICIONALES

J. M. Mayta, B. Pérez, M. A. Mazo*, F. Rubio, A. Tamayo, J. Rubio

Departamento de Química Física de Superficies y Procesos. Instituto de Cerámica y Vidrio (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). C/ Kelsen 5, 28049 Madrid.

*sandra@icv.csic.es

RESUMEN

La recuperación y reutilización de fibras de vidrio empleadas en diferentes materiales compuestos es una necesidad cada vez más importante dado, sobre todo, la gran cantidad de fibras que se están empleando en palas de aerogeneradores. Es conocido que el proceso de recuperación de las fibras de estos materiales compuestos conlleva una serie de etapas de distintos procesos que, si finalmente las fibras han podido ser separadas de las resinas del material compuesto, sin embargo han sufrido importantes daños en su superficie y, posiblemente, en su estructura que dan lugar a importantes cambios en sus propiedades mecánicas respecto a las que poseían en su estado inicial. Uno de los posibles usos de estas fibras recicladas es su empleo en materiales cerámicos de usos tradicionales y, sobre todo, como soportes de esmaltes de la industria cerámica. En este trabajo se ha empleado un tipo de fibra reciclada y se ha incorporado en arcillas para formar un Material compuesto a temperaturas comprendidas entre 1100 y 1200 °C. Se ha desarrollado el proceso de mezclado de las fibras recicladas para conseguir una buena dispersión con las partículas cerámicas y posteriormente se ha estudiado el proceso de sinterización a las temperaturas mencionadas. Los materiales compuestos cerámica-fibra se han obtenido a las temperaturas indicadas y se han caracterizado mediante ensayos mecánicos de flexión. Los resultados obtenidos han mostrado un aumento tanto del módulo como de la resistencia a la rotura entre un 10% y un 20% respecto al material sin fibras recicladas. A concentraciones superiores al 30% en fibras las propiedades disminuyen respecto a materiales compuestos con menores concentraciones llegando a disminuir hasta valores similares a los del material sin reforzar.

PALABRAS CLAVE: Fibras de vidrio recicladas, materiales compuestos cerámicos, procesado, propiedades mecánicas

RECICLAJE AUTOMATIZADO DE SOBRANTES DE COMPOSITE PREIMPREGNADO UNIDIRECCIONAL

O. Gonzalo^{*1}, J.M.Seara¹, G. Aizpurua¹, K.Garmendia¹, J.A. González¹ y J. del Pozo¹

¹Fundación Tekniker. Parke Teknologikoa. C/ Iñaki Goenaga, 5. 20600 Eibar, Gipuzkoa

^{*}oscar.gonzalo@tekniker.es

RESUMEN

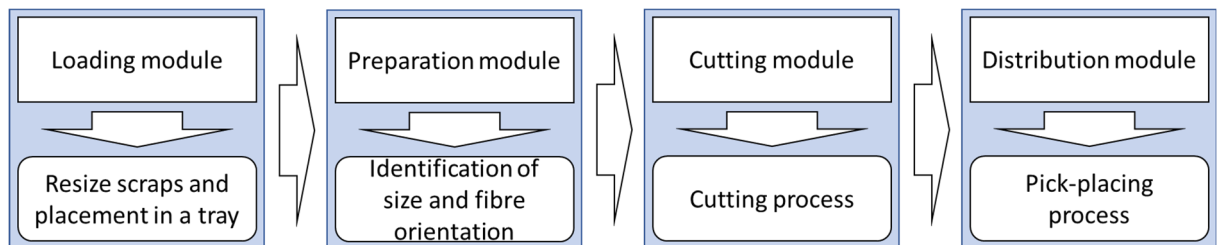
Se estima que la producción de la industria aeronáutica de la Unión Europea genera anualmente alrededor de 10 toneladas de retales no utilizables de material de fibra de carbono con resina preimpregnada, una tipología de residuo que se genera durante los procesos de fabricación por laminado automático de materiales compuestos y que genera un coste en su tratamiento de entre 3 y 12 euros por cada kilogramo.

Este trabajo presenta una tecnología para la reutilización del material sobrante mediante una máquina que permitirá a los fabricantes, principalmente del sector aeronáutico, reciclar y revalorizar los retales sobrantes de material PREPREG en la propia planta, con el consiguiente ahorro tanto económico como medioambiental.

La solución desarrollada consiste en una máquina capaz de realizar los procesos necesarios para la reutilización de los retales de forma automática y eficiente, manteniendo una calidad y unas propiedades del material que permitan su uso en la fabricación de elementos no críticos. El equipo integra diferentes tecnologías que incluyen, la visión artificial para identificar la forma de los retales y la dirección de la orientación de las fibras de carbono, tecnologías de corte para obtener recortes de forma regular con una dirección definida de las fibras mediante un cabezal de corte y un sistema robótico para manipular los recortes y generar un mosaico de forma ordenada.

El resultado del proceso es una lámina de material sobrante con propiedades mecánicas controladas formada por recortes uniformes siguiendo un mosaico predefinido.

PALABRAS CLAVE: Composite, reciclado, preimpregnado, automatización, laminado



ECO-DESIGN OF LIGHTWEIGHT STRUCTURAL PARTS FOR ELECTRIC VEHICLES – ALMA PROJECT

R. Ledo ^{*1}, V. Ventosinos¹, A. Tielas¹, R. Vázquez¹

¹CTAG – Automotive Technology Centre of Galicia

*raquel.ledo@ctag.com

SUMMARY

A great deal of work on lightweight cost-effective strategies has been underway in the last decades to improve the electric vehicle efficiency and driving range. At the time, and according to recent EU project results, up to 30-40% weight reduction was achieved so far in the vehicle structure at prototype level, but further efforts need to be invested to push the technology up to the market. Besides, the adoption of circular economy principles across the entire life-cycle is needed to enable, on one hand, the integration of environmental and cost considerations at the early design stages and, on the other hand, new options for the end-of-life recovery, repair, reuse and recycling.

ALMA project aims to apply eco-design principles to redefine the vehicle architecture and develop a new 26% lighter multi-material body structure using novel advanced high strength steel grades, high performance composites and advanced steel-hybrid laminates. Specifically, Designing for Assembly and Disassembly (DFA/DFD) and Design for Recycling (DFR) methodologies (WP3) have been targeted to ensure cost-efficient separation, recycling and recovery at the end-of-life (EoL). The ALMA project has also considered aspects for the selection of the best material and production process for the right application at the design stage. The integration of regulatory considerations from early stages of design, especially forthcoming legislative requirements on emissions and the forthcoming ELV directive was also part of the design process.

As a result, the ALMA project intends to foster the adoption of a circular approach in the automotive sector, reinforced by the use of eco-design methodologies from early stages of the car conception and supported by LCA methodologies, helping the automotive industry to harmonize with circular economy principles: design to reduce the production of waste and pollution and extend life cycle for materials and products.

ACKNOWLEDGMENTS: *The ALMA project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101006675.*

KEY WORDS: lightweight, composites, electric vehicle, structural, eco-design

ANÁLISIS NUMÉRICO DEL EFECTO DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN EN LAMINADOS CFRP TIPO TEJIDO CON AGUJERO

J.M. Rodríguez Sereno^{1*}, J. Pernas-Sánchez¹, J.A. Artero-Guerrero¹, J. López Puente¹,

¹Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la
Universidad Carlos III de Madrid

*josemanr@ing.uc3m.es

RESUMEN

El estudio de laminados compuestos de fibra de carbono (CFRP) a altas velocidades de deformación es uno de los principales desafíos en la industria aeronáutica. Varios investigadores han estudiado el efecto de la velocidad de deformación en laminados CFRP de estructura tipo tejido. Los ensayos dinámicos a compresión se realizan principalmente mediante el sistema de barra Hopkinson (SHPB). La comunidad investigadora aún no ha llegado a un acuerdo para encontrar una metodología sólida que describa con precisión la formulación que representa la respuesta ante elevadas velocidades de deformación de los laminados CFRP tipo tejido.

En las últimas décadas, varios investigadores han estudiado el efecto de agujeros en CFRP para describir el efecto del factor de concentración de tensiones. Aunque muchos estudios han desarrollado simulaciones numéricas para analizar el proceso de fractura en CFRP basándose en las teorías de la mecánica de fractura, hay poca información sobre la dependencia de la velocidad de deformación en laminados de CFRP tipo tejido con agujero.

En este trabajo, se propone un modelo constitutivo para describir el comportamiento mecánico de los laminados de tejido CFRP sometidos a compresión dinámica, incluyendo la dependencia de la velocidad de deformación. Finalmente, se ha realizado una modelización numérica utilizando el software Abaqus/explicit de ensayos a compresión en muestras de laminados CFRP con agujeros, a diferentes velocidades de deformación (cuasi-estáticas y dinámicas) utilizando diferentes orientaciones de las fibras. Los resultados de las simulaciones han sido validados en base a los resultados de una campaña experimental.

PALABRAS CLAVE: CFRP tejido, Velocidad de deformación, Hopkinson, Abaqus

COMPOSITE BUCKLING. BEST PRACTICES IN AIRBUS COMMERCIAL

Alberto Montes Salmerón, José Antonio Rodríguez Sánchez
alberto.montes@airbus.com, jose.e.rodriguez@airbus.com,

ABSTRACT

During the last 20 years computational progress has significantly increased the capacity to determine the behavior of structures under complex loading conditions through finite element models analysis. These computational power can be used to build complex detailed finite element models but also to resolve more complex equations which were not possible to be coded before.

Accurate buckling prediction is still a key factor on optimized structure. The accurate determination of the onset of buckling is absolutely essential to determine the initial point of instability and the subsequent post-buckling capability if by any means possible. Determining if the buckling will lead to immediate failure or the loading will be able to be redistributed afterwards is a major point to be considered. How far the global failure is and if a buckling mode change could happen, can avoid the structure collapse.

During years Airbus has been focused on developing accurate buckling predictions from close form solutions to complex energy methods development. This paper aims to summarize the evolution of such methods and the best practices followed in Airbus for development. On top a summary of potential room for improvement and further evolution will be proposed.

KEY WORDS: Analytical method, Rayleigh-Ritz, buckling, composite

ANALYSIS OF COMPOSITE BEAMS USING REDUCED-ORDER MODELING

R. Rubio^{*1}, A. Ferrer^{1,2}, J.A. Hernández^{1,2} y X. Martínez^{1,3}

¹Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), Barcelona, Spain

²E.S. d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa, Technical University of Catalonia, C/ Colom, 11, Terrassa 08222, Spain

³Department of Nautical Science and Engineering - Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Pla de Palau 18, 08003 Barcelona, Spain

*rrubio@cimne.upc.edu

RESUMEN

Beam-like components help to provide structural integrity in a wide range of applications. Initially made of alloys or natural materials such as wood, today's technologies like pultrusion make possible the manufacturing of such components with composite materials providing good quality products with high performance to weight ratio. The anisotropic nature of composite materials, though, poses a challenging framework when numerically simulating them.

This work presents the integration in standard Finite Element (FE) packages of a machine learning methodology that naturally captures the behaviour of composite materials: the multiscale method for periodic structures using domain decomposition and ECM-hyper reduction. The method provides a special type of finite element that can be assembled using FE libraries. However, the kinematics of this element may be described by more Degrees of Freedom (DoF) per node than most standard FE packages consider, hence implementing it is a non-trivial task. The strategy presented here tries to tackle the limitation by means of static condensation followed by a regression procedure. Periodic boundary conditions are employed for the extra DoFs while the regression consists in a polynomial on the logarithmic space.

This paper focuses on the performance of the integrated beam element through the analysis of a pultruded omega profile whose anisotropy requires the use of complex models to accurately capture its mechanical behaviour. The agreement between the results obtained with the proposed model and those given by more complex formulations validates the methodology and enables its use in regular FE codes to characterize complex composite beam structures.

Acknowledgements: This work has received funding from the EU's Horizon2020 programme under grant agreement No 101006860.

PALABRAS CLAVE: Reduced order modeling, Beam element, Pultruded profile.

NUEVAS OPORTUNIDADES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LAMINADOS DOUBLE-DOUBLE CON DOS MATERIALES/ NEW OPORTUNITIES FOR THE DESIGN AND MANUFACTURE OF DOUBLE-DOUBLE LAMINATES WITH TWO MATERIALS

M.A. Cantera^{*1}, J. Ansotegui², A. Boyano³, F. Mujika⁴

^{1,2,3,4}, Departamento de Ingeniería Mecánica, Grupo de investigación Mecánica de Materiales (MECMAT), Universidad del País Vasco UPV/EHU

^{1,2,3}Escuela de Ingeniería de Vitoria

⁴Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa

^{*}asun.cantera@ehu.eus

RESUMEN /ABSTRACT

Para satisfacer los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS), optimizar y cumplir con los requerimientos industriales actuales, es preciso simplificar el diseño y la fabricación de los materiales compuestos consiguiendo una disminución de espesores. Tradicionalmente, se han empleado los laminados simétricos quad, mínimo de 8 capas basados en ángulos 0,90, ± 45 . Sin embargo, no son transversalmente homogéneos pues sus propiedades cambian al variar el espesor. S.W. Tsai propone un laminado construido por repetición de sub-laminados de 4 capas de ángulos $[\pm\Phi/\pm\psi]$, que varían constantemente llamados Double-Double (DD). Se forma un laminado más fuerte y resistente al micro cracking y a la delaminación. De esta manera los laminados resultantes son homogéneos, escalables y las propiedades son constantes independientes del espesor. El efecto de la secuencia de apilado de un laminado grueso es importante solo cuando no se usan sub-laminados. Su fabricación es más fácil y rápida, es más adaptable a través de la eliminación de una sola capa (superior o inferior) y una fusión o transición más fácil con diferentes sub-laminados en bahías adyacentes. Cuanto más delgado sea el sub-laminado DD más sencillo y rápido será alcanzar la homogenización transversal. Se emplea una formulación adimensional basada en los invariantes y se establecen equivalencias basadas en las propiedades resistentes entre quad y laminados DD. Se incorporan dos materiales a los DD encontrando los ángulos adecuados, de manera que se desarrolla una formulación para materiales híbridos. La elección y comparación entre distintos materiales compuestos se realiza a través de la traza o el Módulo de Tsai.

(English)

To obtain the Sustainable Development Goals 2030 (SDG), optimize and meet current industrial requirements, it is necessary to simplify the design and manufacture of composite materials, achieving reduction in thickness. Traditionally, quad, symmetrical laminates have been used, with a minimum of 8 layers based on angles 0,90, ± 45 . However, they are not transversely homogeneous as their properties change as the thickness varies. S.W. Tsai proposes a laminate built by repeating sub-laminates of 4 layers of angles $[\pm\Phi/\pm\psi]$, that vary in a continuous way called Double-Double (DD). The effect of the stacking sequence of a thick laminate is important only when sub-laminates are not used. The 4 ply sub-laminate when repeatedly stacked will make the resulting laminate

stronger, more resistant to micro cracking and delamination. Other advantages are faster layup, simpler design, easier tapering through single ply drops, and easier merging or transition with different sub-laminates in adjacent bays. The thinner the DD sub-laminate, the easier and faster it will be to achieve transverse homogenization. A dimensionless formulation based on the invariants is used and equivalences are based on the resistant properties between quad and DD laminates. Two materials are incorporated into the DD finding the right angles, so that a formulation for hybrid materials developed DDs are optimized by finding the right angles. The choice and comparison between different composite materials is done through the trace or the Tsai Module.

PALABRAS CLAVE: Polymer-matrix composites (PMCs), Elastic properties, Optimization, Laminate theory.

THERMAL INDUCED STRESS ANALYSIS IN TYPE V CFRP PRESSURE VESSELS FOR CRYOGENIC APPLICATIONS.

P. Teixeira Goncalves¹, A. Arteiro², N. Rocha¹, B. Rocha¹ and R. Pinto Carvalho¹

¹Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering (INEGI)
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal.

²Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
*prgoncalves@inegi.up.pt

ABSTRACT

During the manufacturing of thermoset-based Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRPs), micro-residual stresses are developed within the material due to the different chemical-thermal-mechanical properties of the fiber and the polymer. Considering cryogenic applications, the temperature change from ambient temperature to operating conditions temperature, for example liquid nitrogen which is at -196°C, involves a temperature change of more than 300°C considering curing temperature. This temperature change develops micro-residual stresses, and ply residual stresses that could trigger premature transverse failure or micro-cracking, reducing the effective performance of the pressure vessel. In this work a 3D finite element model of the CFRP pressure vessel is developed considering a discretization at meso-scale level, with the actual ply stack orientations and thickness profiles to study the thermo-mechanical residual stresses and the remaining pressure load carrying capacity at cryogenic conditions. The material model was calibrated with experimental tests of the unidirectional composite at ambient temperature, and cryogenic temperature. The results show that the thermo-mechanical residual stresses can achieve more than 50% of the ply transverse strength, and premature transverse failure can be triggered if these effects are not considered during design.

KEYWORDS: Carbon fiber reinforced polymers; Composite overwrapped pressure vessel; Residual/internal stresses; Finite element analysis.

IMPLEMENTATION OF A VOID FORMATION AND TRANSPORT COMPUTATIONAL FRAMEWORK WITH APPLICABILITY TO LIQUID COMPOSITE MOULDING

J. Machado*¹, **P. Simacek**², **S. Advani**², **P. Camanho**¹, **N. Correia**¹

¹INEGI - Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering,
Porto, Portugal

² Center for Composite Materials and Department of Mechanical Engineering, University
of

Delaware, Newark, United States

*jmmachado@inegi.up.pt

ABSTRACT

The inclusion of reliable void formation and transport models in process models for LCM is paramount to guarantee the reliability of the manufactured parts, since it allows the estimation of part *in-situ* void content after mould filling, as well as the estimation of the ideal bleeding time.

The incorporation of void dynamics into mould filling simulations has traditionally been in the form of unsaturated flow, where a continuous saturation field is advected. However, these models lack the prediction of the morphological properties of voids, which are known to influence their mobility through the reinforcement, as well as the final part mechanical properties. Moreover, direct numerical simulation methodologies, which are based on the Volume of Fluid (VoF) method, can provide void morphological data but are too computationally expensive to apply directly into an entire mould filling domain.

Particle tracking methodologies have extensively been used in computational fluid dynamics (CFD), to solve problems in which the fluid flow carries solid particles. This methodology could prove to be a computationally efficient way to deal with the different void morphologies registered, both during void generation, as well as transport, since each void is taken as a discrete particle, thus possessing its own set of properties.

This work discusses the implementation of such a methodology, envisioning a streamlined application into process design.

KEYWORDS: Liquid Composite Moulding, Defects, Voids,

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LÁMINA Y SECUENCIA DE LAMINADO EN LAS TENSIONES POR EFECTO BORDE

**J.Martín^{1*}, J.M.González-Cantero¹, S.Rebollo¹, A. Torres¹, D.Meizoso¹,
J.M.Blanco¹, J.A.Rodríguez¹**

¹AIRBUS Operaciones S.L.

*jorge.j.martin-beato@airbus.com

KEY WORDS: Free edge, interlaminar stresses, delamination.

ABSTRACT

The composite free edge effect is a phenomenon associated to the composite anisotropy, producing interlaminar peeling and shear stresses close to the panel edges. This behavior was already studied by Pipes & Pagano in 1974, providing a first solution with limited applicability.

This paper is intended to provide an update for the treatment of this behaviour after the technical work review of the last decade publications and it is proposing a stress tool solution for the interlaminar stresses evaluation and preliminary proposal for delamination initiation criterion.

Different parameters will be evaluated based on the proposed analytical solution: different cured ply thickness, materials combination, lay-up, stacking sequence and ply orientation

BUCKLING OF CIRCULAR CYLINDRICAL SHELLS UNDER IN-PLANE AND/OR PRESSURE LOADS

J. Enrique Herencia

Senior Stress Engineer, Airbus Operations GmbH, Kreetzslag 10, 21129, Hamburg, Germany

enrique.herencia@airbus.com

ABSTRACT

Circular cylindrical shells are extensively used in the aerospace industry and might be made of metallic or composite materials and designed with or without stiffeners as well as step thickness variations. A typical example of a cylindrical shell could be an aircraft fuselage or rocket pressure tank.

Although the nature of shell buckling is a highly nonlinear phenomenon, mostly due to its sensitivity to imperfections, it has been addressed by using a combination of empirical knockdown factors and linear buckling analysis. In the early stages of shell design, when a large number of optimization studies and trends need to be performed, the use of non-linear or even linear detailed finite elements is not feasible due to their complexity and computational cost. An alternative to the use of finite elements is the use of variational or energy methods such as the Rayleigh-Ritz.

This work focuses on the linear buckling analysis and presents a semi-analytical approach to calculate rapidly but accurately the buckling onset of metallic and composite cylindrical shells with various boundary conditions and under in-plane and/or pressure loads by the Rayleigh-Ritz method. Several shell analysis theories such as those from Donnell, Sanders or Love are considered. The results of the linear buckling analysis are compared with the literature and detailed finite element models. The proposed approach allows a quick linear buckling analysis of shells, which makes it useful to be employed in the early design phases and/or as part of an optimization scheme.

KEY WORDS: Analytical method, Rayleigh-Ritz, buckling, composite, cylinders, FEM

ANÁLISIS DEL FENÓMENO DE IMPACTO MÚLTIPLE DE ALTA VELOCIDAD EN PLACAS DE LAMINADO DE MATERIAL COMPUESTO

M. A. Paredes-Gordillo¹, I. Iváñez^{*1}, S. K. García-Castillo¹ y C. Navarro¹

¹Universidad Carlos III de Madrid

^{*}idel@ing.uc3m.es

RESUMEN

Dentro de los estados de carga más comunes a los que están expuestas las estructuras de material compuesto se encuentran los debidos a impacto, que pueden ocasionar una repentina pérdida de propiedades, favoreciendo su fallo catastrófico. Las cargas de impacto suelen ser ocasionadas por elementos externos tales como escombros, partículas arrastradas por el viento, granizo, fragmentos derivados de una explosión, etc. Todos estos casos pueden representarse como impactos de alta velocidad; sin embargo, de manera general, estos impactos no suelen reducirse a la acción de un único proyectil sobre la estructura, sino que en realidad pueden representarse como múltiples proyectiles que impactan simultánea o secuencialmente sobre la misma. Todo esto es conocido como el fenómeno de impacto múltiple.

En el presente trabajo se desarrolla un modelo numérico, a través de un software comercial de elementos finitos, donde se analiza el fenómeno de impacto múltiple en laminados de material compuesto, enfocando la atención en la interacción de ondas de tensión entre proyectiles. Este modelo es previamente validado con resultados experimentales de la literatura científica para impacto único de alta velocidad. Posteriormente se estudia la interacción entre ondas generada por la acción de dos proyectiles que impactan a una misma velocidad y que están separados a una determinada distancia entre sí (impacto múltiple simultáneo de alta velocidad), a través del estudio de los desplazamientos fuera del plano que presentan las placas de laminados y del movimiento relativo que sufren los proyectiles en los otros ejes durante su paso por la estructura.

PALABRAS CLAVE: Laminado, CFRP, alta velocidad, impacto múltiple, ondas de tensión.

MODELOS DE CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS A BAJA ENERGÍA Y DETECCIÓN DE DAÑO EN ESTRUCTURAS MONOCASCO DE PEQUEÑO ESPESOR MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

D. del-Río^{*1}, A. Pedraza¹, A. Fernández-López¹, A. Güemes¹

¹Universidad Politécnica de Madrid - ETSIAE

^{*}daniel.delrio.velilla@upm.es

RESUMEN

The low damage tolerance of composite aeronautical structures forces the oversizing of the structures and the need to use traditional maintenance techniques based on periodic non-destructive inspections (NDI). Through the application of structural monitoring (SHM) techniques, which allows the characterisation of impacts with a reduced number of sensors, further structural optimisation is possible.

This article proposes the use of Artificial Intelligence (AI) models for a complete impact characterisation performed on an anisotropic Carbon Fibre Reinforced Polymer plate. The three principal objectives are the impact-location, energetic parameters characterisation of the Impactor Object (IO), focusing on splitting the mass and velocity at equi-energy impacts and damage detection.

The location task consists on the impact coordinates (X-Y) prediction while the energetic-characterisation of the IO predicts its mass, velocity and energy when the impact occurs. These models are powered by low-cost piezoelectric (PZT) sensors, which acquire the acoustic wave generated by the impact, that allows the monitoring of large surfaces of complex geometry with a reduced number of sensors. These models have been trained with experimental data acquired with an Autonomous Impact Machine. This machine has performed more than 40000 impacts in a coordinates grid varying the IO mass, velocity and impact energy, focusing on multiple equal-energetic combinations of IO mass and impact velocity. Damage detection is performed by comparing the predictions of multiple location and characterisation models.

PALABRAS CLAVE: shm, damage, low-energy impact, characterization, Neural Network.

THERMOPLASTIC WELD FATIGUE BEHAVIOUR ANALYSIS USING STRUCTURAL HEALTH MONITORING SENSORS DATA

M. Mazzeschi^{*1}, K.C. Nuñez^{1,2}, M. Fernandez¹, E. Cañibano^{1,3} y J. Merino^{1,2}

¹Fundación para la Investigación y el Desarrollo en Transporte y Energía (Fundación CIDAUT), Plza. Vicente Aleixandre Campos, 2, Parque Tecnológico de Boecillo, 47151, Valladolid, España.

²Departamento de física de la materia condensada, Universidad de Valladolid, 47011, Paseo de Belén, 7, Valladolid, España

³Ingeniería Industrial. Universidad de Valladolid, Paseo del Cauce, s/n, 47011, Valladolid, España

* matmaz@cidaut.es

RESUMEN

Thermoplastic composite joints show many advantages in comparison to conventional fasteners. However, thermoplastic welding of primary aircraft structures is still a certification issue. Long and extensive fatigue and test campaign is required for a depth understanding of damage progression. In fact, scarce historical data are currently available and the joint fatigue performances are extremely sensitive to numerous welding process parameters.

In this context, Structural Health Monitoring (SHM) technologies consists of a built-in sensors network providing real-time condition and the damage state of a structure. SHM brings several benefits. First of all, SHM ensures safety in-flight through continuously assessing damages and alerting if strength reduction approaches acceptable limits. The data obtained are useful for future structure retrofitting and new developments. Moreover, SHM has the potential to support and speed up the certification of thermoplastic composite joint. SHM data give added value to each individual fatigue test contributing to a greater understanding of damage progression and making fatigue campaign shorter and more efficient.

In the present work, both quasi-static as well as fatigue tests were conducted to evaluate performances of thermoplastic induction welded joints. Strain gauges and purpose-designed electromagnetic-based SHM sensor were integrated into the specimens in order to collect useful data during tests in three main cases: lap-joint specimens manufactured (i), (ii) with two different set of process parameters and (iii) with artificial delamination placed in the joint line. The approach proposed and data collected by the sensors has provided valuable information for understanding damage propagation in this kind of joint.

PALABRAS CLAVE: Thermoplastic welded joints, Structural Health monitoring, Fatigue, electromagnetic-based SHM sensor

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE DESLAMINACIÓN SEGÚN EL TIPO DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN UNIONES ADHESIVAS EN COMPOSITES EPOXI REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO

P. Vigón ^{1*}, A. Argüelles ², V. Mollón ², J. Bonhomme ¹, M. Lozano ¹ & J. Viña ²

IEMES Research Group. Universidad de Oviedo

¹ Edificio Departamental Oeste. 7.1.10. Campus Universitario de Gijón. 33203 Gijón. España

² Edificio Departamental Este. Campus Universitario de Gijón. 33203 Gijón, Spain

* Persona de contacto: vigonblancopaula.fuo@uniovi.es

RESUMEN

Este trabajo analiza el fenómeno de delaminación bajo régimen estático y a fatiga en diferentes condiciones de degradación ambiental al que se sometieron las probetas, uno higrotérmico y otro en cámara de niebla salina para uniones adhesivas formadas por dos laminados de un mismo material compuesto de matriz epoxy y refuerzo de fibra de carbono y dos tipos de adhesivos: Uno base epoxy y otro de base acrílica. Los ensayos se realizaron mediante la prueba normalizada Double Cantilever Beam (DCB) para modo I, con el objetivo de cuantificar la influencia de: los periodos de degradación, el tipo de adhesivo utilizado y el modo de fractura aplicado en las muestras, tienen sobre la tenacidad a fractura interlaminar.

Los resultados experimentales revelan que ante un ambiente salino el adhesivo de base epoxy tiene una pérdida relevante de su capacidad de resistencia frente a la deslaminación, mientras que su exposición higrotérmica se ve modificado considerablemente su comportamiento ante este fenómeno y si se analiza los resultados para el adhesivo de base acrílica el comportamiento frente ambiente salino modifica levemente su comportamiento frente a deslaminación si bien la exposición en ambiente higrotérmico origina una mejora de su comportamiento.

PALABRAS CLAVE: Compuestos, adhesivos, fatiga, degradación ambiental.

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE DELAMINACIÓN EN UNIONES ADHESIVAS CON ADHESIVO BASE EPOXI EN MODO II

P. Vigón ^{1*}, A. Argüelles ², I. Viña¹, M. Lozano¹ & J. Viña²

IEMES Research Group. Universidad de Oviedo

¹ Edificio Departamental Oeste. 7.1.10. Campus Universitario de Gijón. 33203 Gijón. España.

² Edificio Departamental Este. Campus Universitario de Gijón. 33203 Gijón, Spain

* Persona de contacto: vigonblancopaula.fuo@uniovi.es

RESUMEN

Este trabajo analiza, experimentalmente, el fenómeno de delaminación bajo sollicitación en régimen estático y a fatiga en modo II utilizando el ensayo normalizado de viga doble con entalla final (ENF). Se estudia bajo distintas condiciones de degradación ambientales y para diferentes periodos de tiempo las uniones adhesivas formadas por dos laminados de un mismo material compuesto de matriz epoxy y refuerzo de fibra de carbono.

Mediante los ensayos realizados en régimen estático se caracteriza los valores críticos de la tasa de liberación de energía con el objetivo de determinar los valores de referencia y definir la estrategia de ensayos para la caracterización dinámica y bajo fatiga se obtuvieron las curvas de inicio de fatiga G-N para los diferentes periodos de exposición. Para una mejor interpretación de los resultados experimentales obtenidos, los datos experimentales han sido tratados mediante un modelo probabilístico basado en la distribución de Weibull.

Los resultados revelan que ante un ambiente salino las uniones adhesivas tiene una pérdida de su capacidad de resistencia frente a la deslaminación.

PALABRAS CLAVE: Compuestos, adhesivos, fatiga, fractura, Weibull.

INFLUENCIA DE LA NOLINEALIDAD GEOMÉTRICA EN LA DESCOMPOSICIÓN DEL MODO MIXTO EN PROBETAS ASIMÉTRICAS

J. Bonhomme^{1*}, V. Mollón², A. Argüelles¹ y J. Viña²

¹Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo

²Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Universidad de Oviedo

*bonhomme@uniovi.es

RESUMEN

El crecimiento de grietas en laminados de materiales compuestos puede producirse en modos puros I, II y III, aunque normalmente, en servicio, se presenta una combinación de estos modos. Uno de los modos mixtos que ha sido más estudiado hasta la actualidad es el modo mixto I/II. Una configuración de ensayo utilizada en este sentido es el ensayo ADCB (Asymmetric Double Cantilever Beam) formada por dos sublaminados con distintos espesores o rigideces. También se utiliza habitualmente esta configuración de ensayo con uniones adhesivas bimateriales. Durante este ensayo se produce un giro de la probeta.

En este trabajo se ha observado que, en esta configuración de ensayo en el que giro de la probeta no es despreciable, es importante tener en cuenta el giro del sistema en el cálculo de las componentes I y II.

El concepto de modos I y II se refiere a las componentes de la tasa de liberación crítica de energía calculadas en dirección perpendicular y tangencial al plano de deslaminación respectivamente. Si el plano de grieta se desvía del sistema de coordenadas globales, el cálculo de la energía total evidentemente no varía, pero sí su descomposición en los modos I y II según las coordenadas globales o un sistema local ya que estos valores dependen de la posición del plano de grieta.

En este trabajo se han llegado a observar diferencias significativas en los valores calculados de los modos I y II en función de su cálculo en coordenadas globales o locales teniendo en cuenta el giro de la probeta.

PALABRAS CLAVE: Modo Mixto, ADCB, Deslaminación

COMPORTAMIENTO DE GRIETAS DE INTERFASE ANTE ESTADO DE TENSIONES BIAxiaLES DEBIDO AL EFECTO BORDE EN LAMINADOS DE CARBONO/EPOXI

S. Sánchez-Carmona*, Carlos Sandino, E. Correa, A. Barroso, F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla

*sscarmona@us.es

RESUMEN

Un reciente estudio sobre *edge effect* en laminados *cross-ply* de material compuesto fabricados con láminas ultradelgadas muestra la presencia de una componente tensional relevante en el espesor del laminado, tal que conlleva la existencia de un estado biaxial de tensiones en la capa de 90°. Dicho estado biaxial aparece tanto antes como durante los ensayos ante carga cíclica.

En este trabajo se analizan 4 laminados *cross-ply*, los cuales únicamente se diferencian en el espesor de la capa de 90°, obteniendo el estado biaxial de tensiones que se origina en cada una de ellas. Teniendo en cuenta dichos estados tensionales, se ha empleado un modelo BEM para calcular el Índice de Liberación de Energía (G) en función del tamaño de las grietas de interfase entre fibra y matriz.

A través de la revisión exhaustiva de micrografías tanto de probetas no ensayadas (únicamente preparadas superficialmente tras lijado) como ensayadas a fatiga a distintos niveles de carga cíclica, se ha comprobado la existencia de estas grietas de interfase y se ha medido su longitud antes diversos estados de cargas biaxiales.

La comparación entre los resultados del modelo numérico y las observaciones microscópicas arrojan evidencia micromecánica del origen de estas grietas de interfase.

PALABRAS CLAVE: láminas ultradelgadas, *edge effect*, ratio de biaxialidad, fatiga, índice de liberación de energía

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL USO DE LÁMINAS ULTRADELGADAS EN LAMINADOS CUASI-ISÓTROPOS CON IMPACTO PREVIO ANTE CARGA CÍCLICA DE TRACCIÓN

C. Sandino*, S. Sánchez-Carmona, E. Correa y F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales

Escuela Técnica Superior de Ingeniería – Universidad de Sevilla

Camino de los Descubrimientos s/n, 41092 Sevilla (España)

*csandino@us.es

RESUMEN

En laminados de materiales compuestos que contienen láminas con fibras orientadas a 90° con respecto a la dirección de la carga, se produce un retraso en la aparición del daño al disminuir el espesor de dichas láminas. Este fenómeno, que se denomina “efecto escala”, ha promovido el estudio del uso de láminas ultradelgadas para la fabricación de laminados en los que el fallo aparece a mayores niveles de carga.

Con este objetivo, los autores proponen un estudio sobre la posible mejora del comportamiento mecánico producida por el uso de láminas ultradelgadas en laminados sometidos a fatiga. Concretamente, en este trabajo se introduce el uso de este tipo de láminas en laminados cuasi-isótropos de material compuesto de fibra de carbono, con el objetivo de estudiar experimentalmente la evolución del daño producido por un impacto ante cargas cíclicas de tracción. Para ello, se compara el comportamiento de laminados formado por láminas de espesor convencional, con laminados en los que las láminas orientadas a 90° son ultradelgadas.

Para llevar a cabo la comparación entre laminados, se evalúa la extensión del daño ante carga cíclica de tracción, mediante la inspección por ultrasonidos. La evolución del daño demuestra un menor avance y una rotura más tardía para los laminados que contienen láminas ultradelgadas, a un nivel de carga similar. Esto supone una mejora del **comportamiento ante cargas de fatiga y, por lo tanto, valida la posible implementación de esta estrategia a nivel industrial.**

PALABRAS CLAVE: Fatiga, Daño, Impacto, Cuasi-isótropo, Ultra-thin plies (UTPs)

ANÁLISIS DEL DAÑO EN LAMINADOS CRUZADOS SIMÉTRICOS A TRACCIÓN EN FUNCION DEL ESPESOR DE LAS LÁMINAS

ML. Velasco, A. Blázquez*, P. Caballos y F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Escuela Técnica Superior de
Ingeniería, Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimiento s/n

*abg@us.es.es

RESUMEN

La predicción del fallo de un laminado requiere el conocimiento de propiedades de resistencia y tenacidad tanto de las láminas como de las interfaces. La estimación de los valores de estas propiedades no resulta trivial, en particular, no existe un procedimiento suficientemente fiable para medir las propiedades de la interfaz entre las láminas de 0° y 90° , y además el estado tensional que se genera no es el que aparece en el laminado a tracción.

Cuando un laminado $[0/90_n]_s$ con n suficientemente grande se somete a una carga de tracción, el primer daño observable viene caracterizado morfológicamente por una grieta transversal en la lámina de 90° acompañada de delaminaciones relativamente importantes a lo largo de las interfaces entre las láminas de 0° y 90° , siendo el daño de delaminación mayor cuanto mayor es el espesor de la capa central a 90° . Una campaña de ensayos de tracción sobre laminados $[0_4/90_n]_s$ ha puesto de manifiesto, con microscopía óptica, que el daño es cualitativamente similar en ambos lados del laminado, lo que justifica la utilización de un modelo plano para el análisis del problema.

En este trabajo se realiza un modelo plano del laminado, basado en el MEC, involucrando tanto el daño intralaminar en la lámina de 90° como el de las interfaces entre las láminas de 0° y 90° . Ello permite analizar las evoluciones de la ratio de liberación de energía de delaminación en orden a poder valorar las propiedades a fractura de la correspondiente interfaz.

PALABRAS CLAVE: Agrietamiento transversal, delaminación, tenacidad a fractura.

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA SECUENCIA DE APILADO EN LA ROTURA DE LAMINADOS CROSS-PLY FABRICADOS CON LÁMINAS ULTRADELGADAS

M.L Velasco*, E. Correa, S. Sánchez-Carmona, F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales

Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla

*mvelasco7@us.es

RESUMEN

Numerosos estudios sobre el uso de laminados fabricados con láminas ultradelgadas de material compuesto han constatado la existencia de un significativo retraso en la aparición del daño, fenómeno conocido popularmente como *Efecto Escala*. Con idea de estudiar la posible presencia de dicho fenómeno cuando aparecen estados más avanzados del daño, en este trabajo se analiza si el empleo de láminas ultradelgadas exhibe un mejor comportamiento en los instantes previos al fallo y en la rotura del laminado.

Para ello, se han fabricado diferentes laminados con material de espesor ultradelgado formados por el mismo número de láminas orientadas a 0 y 90 grados, pero con diferentes secuencias de apilado, distribuyendo las láminas de forma que los espesores de las capas resultantes sean diferentes. Los laminados han sido sometidos a tracción uniaxial hasta valores cercanos a la carga de rotura con el objetivo de observar y comparar las diferentes morfologías del daño que aparecen en las capas de 90 y 0 grados, empleando para la observación del daño técnicas de microscopía óptica. Por otro lado, también se han comparado las cargas de rotura para las cuales se produce el fallo de los laminados seleccionados.

Los resultados obtenidos de este estudio muestran diferentes comportamientos de los laminados en función del espesor de sus capas de 0 y 90 grados en los instantes previos al fallo y en el instante en que este se produce.

PALABRAS CLAVE: Láminas ultradelgadas, ultra-thin plies (UTPs), mecanismos de daño, laminados cross-ply

CARACTERIZACIÓN DE LA TENACIDAD INTERLAMINAR EN MODO I EN INTERFASES MULTIDIRECCIONALES EN UN COMPUESTO FABRICADO POR IMPRESIÓN 3D

J.D. Santos^{1,2}, N. Blanco^{*2}, J.M. Guerrero²

¹Grupo de Investigación en Nuevos Materiales y Procesos de Transformación (GIMAT),
Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja 12-30 y Elia Liut, Cuenca 010105,
Ecuador

²Analysis and Advanced Materials for Structural Design (AMADE), Escola Politècnica
Superior, Universitat de Girona, Avda. M. Aurèlia Capmany 61, 17003 Girona, Spain

*norbert.blanco@udg.edu

RESUMEN

El despegue de la capas, o delaminación, es uno de los mecanismos de daño más críticos para un material compuesto laminado y ha sido objeto de multitud de investigaciones científicas. Habitualmente en las aplicaciones reales, las delaminaciones suelen iniciarse y propagarse entre láminas con distintas orientaciones de refuerzo. No obstante, la mayoría de los estudios experimentales se llevan a cabo usando laminados unidireccionales para la caracterización experimental de la tenacidad a la fractura interlaminar. Esto es así debido a que en condiciones de laboratorio es complejo propagar una delaminación entre láminas multidireccionales sin que se produzcan problemas asociados a otros mecanismos de daño que invaliden el ensayo. Entre estos mecanismos de daño cabe destacar la migración de plano de la grieta interlaminar o la propagación de varias grietas en paralelo en distintos planos o interfases.

En esta comunicación se detallará y se analizará la caracterización experimental de la tenacidad a la fractura interlaminar en un material compuesto fabricado por impresión 3D con interfases multidireccionales. Para ello, se detallará el proceso de diseño y fabricación de probetas de doble viga en voladizo (o Double Cantilever Beam) para asegurar que la propagación de la grieta se realiza en modo I puro y que esta se mantiene siempre en el mismo plano. Finalmente, se establecerá una comparación con la tenacidad medida para el mismo material pero en probetas unidireccionales y se compararán las respectivas superficies de fractura.

PALABRAS CLAVE: Tenacidad, Fractura interlaminar, Multidireccional, Impresión 3D

CARACTERIZACIÓN DE LA FRACTURA INTERLAMINAR POR FATIGA EN MODO II

A.Arrese*¹, F. Mujika¹ y J. Renart^{2,3}.

¹ Grupo Materiales + Tecnologías / Mecánica De Materiales
Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa (UPV/EHU).
Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián

² AMADE, Escuela Politécnica (II), Universitat de Girona, Carrer Universitat de Girona,
4, E-17003 Girona.

³ Serra Hünter Fellow, Generalitat de Catalunya.

*ainhoa.arrese@ehu.es

RESUMEN

La comprensión del comportamiento de los laminados compuestos frente al inicio y crecimiento de grieta por fatiga es esencial para predecir con exactitud la vida útil del componente y establecer periodos de mantenimiento seguro.

En este trabajo se presenta y valida un procedimiento de extrapolación para caracterizar el comportamiento a fatiga en modo II basado en las curvas maestras J_{0i} - C_{0i} y Δ_{0i} - C_{0i} .

El procedimiento de extrapolación, basado en la variación de la flexibilidad, asume que todos los efectos asociados al daño se incluyen en la longitud de grieta equivalente. En este método, se definen nuevas expresiones factorizadas de la flexibilidad (C_{0i}), la Integral- J (J_{0i}) y el desplazamiento de la punta de la grieta (Δ_{0i}).

De acuerdo con las expresiones polinómicas de J_{0i} , C_{0i} y Δ_{0i} con respecto a la longitud de grieta equivalente, se obtienen relaciones invariantes entre J_{0i} - C_{0i} y Δ_{0i} - C_{0i} para cualquier relación de espesores adhesivo-adherente de un sistema material y configuración de ensayo determinados.

Una vez calibradas las curvas maestras mediante ensayos cuasi-estáticos, el procedimiento de extrapolación permite caracterizar el comportamiento a fatiga de un sistema material, determinando tanto la ley de París como la evolución de las tensiones cohesivas durante el ensayo de fatiga, monitorizando únicamente la flexibilidad del ensayo y la carga máxima.

PALABRAS CLAVE: Fractura Interlaminar, Fatiga, Modo II.

SOLDADURA DE COMPOSITES TERMOPLÁSTICOS MEDIANTE CALENTAMIENTO RESISTIVO DIRECTO: DISEÑO DE UTILLAJES, PROCEDIMIENTO DE UNIÓN Y FABRICACIÓN DE DEMOSTRADOR

A. Iriarte^{*}, M. Segura, S. García-Arrieta, R. Mezzacasa

Tecnalia Research and Innovation.

^{*}aroa.iriarte@tecnalia.com

RESUMEN

La tecnología de soldadura de termoplásticos es una tecnología establecida desde hace mucho tiempo en la industria donde la eficiencia de la unión soldada puede acercarse a las propiedades del material base mediante una unión rápida y susceptible de ser automatizada y reversible. La unión de dos compuestos termoplásticos se puede realizar mediante unión por fusión. Esta técnica se basa en la fusión y reconsolidación de las piezas en la línea de unión.

Las técnicas de unión por fusión más prometedoras, y actualmente con más presencia en el sector aeronáutico, son la soldadura por resistencia, la soldadura por inducción, la soldadura por ultrasonidos y la soldadura por láser. De entre estos métodos, la ventaja de la soldadura por resistencia es que el calor se produce exactamente en la interfaz a soldar evitando calentamientos indeseados en otras partes de la pieza. Este método se basa en la aplicación de un implante conductor de electricidad entre las dos partes a soldar bajo presión que genera calor con el paso de corriente.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un sistema de soldadura por resistencia para el ensamblaje de un conjunto de composite termoplástico. Se fabricó un demostrador de un elemento representativo de conjunto del sector aeronáutico en material compuesto de fibra de carbono y PPS que constaba de una piel a la que se soldaron dos refuerzos. El proceso de soldadura llevado a cabo y los parámetros eléctricos y térmicos obtenidos muestran la repetitividad de este proceso. Esta tecnología podría ser fácilmente escalable para la soldadura de elementos de mayor tamaño y diferentes geometrías.

PALABRAS CLAVE: Soldadura resistiva, termoplástico, reducción energía

RESISTANCE WELDING OF THERMOPLASTIC COMPOSITE: FROM LABORATORY OPTIMIZATION TO SCALE-UP ON A FUSELAGE DEMONSTRATOR

S. Pintos^{*1}, N. González-Castro¹, M. Russello¹, J. Illade-Quinteiro¹, D. Castro¹, I. Monzón² and G. Herranz²

¹AIMEN Centro Tecnológico

²AITIP Centro Tecnológico

^{*}soraya.pintos@aimen.es

RESUMEN

Future aircraft manufacturing factories are moving towards more flexible and adaptable manufacturing systems that enable shorter manufacturing cycles, environmental friendliness, energy efficiency, and higher productivity. A global aeronautic trend to face this challenge includes the replacement of metal parts with composite counterparts with emphasis on thermoplastic composites (TPCs) for their unique ability to be recycled, reprocessed, and welded. Aiming to commit to the drastic projected increase in aircraft production rates, *WELDER project*, focused on the next-generation MultiFunctional Fuselage Demonstrator (MFFD), has promoted the development and investigation of highly integrated and robotized manufacturing technologies that needed to be scaled up from a laboratory to an industrial environment. To contribute to such an advance, resistance welding was investigated in this work and successfully automatized for fuselage components assembly.

Welding investigation, including process maturation, parameter optimization, and scale-up analysis was performed at laboratory using LM-PAEK/CF composites. A resistance welding Heating Element (HE), made of stainless steel metal mesh and embedded in glass fiber scrims, was first designed and manufactured using a hot press. The HE, priorly characterized by cross-sectional optical microscopy and electrical analysis, was adopted, in conjunction with a lab-scale welding head, to optimize and define appropriate processing times (welding and cooling), welding power, and pressures for the welding of the composite parts. The welds were characterized by visual inspection, microscopy analysis, and mechanical tests (SLSS tests - AITM 1-0019). Once materials and processes were optimized, they were scaled up to finally perform the welding of the frame couplings into MFFD.

PALABRAS CLAVE: resistance welding, heating element, monitoring system, robotized welding head, thermoplastic fuselage.