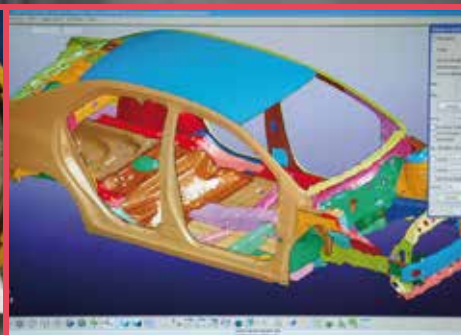




XII Congreso Nacional de Materiales Compuestos MATCOMP 2017

Donostia / San Sebastián, 21, 22 y 23 Junio 2017

Libro de Resúmenes



ORGANIZADORES



PRESENTACIÓN

La Asociación Española de Materiales Compuestos (AEMAC) con la finalidad de promover y divulgar la investigación y fomentar la utilización de los Materiales Compuestos organiza cada dos años el Congreso Nacional de Materiales Compuestos en colaboración con uno de sus asociados. En esta ocasión **AEMAC** junto con **MONDRAGON UNIBERTSITATEA** y **TECNALIA** han organizado el XII Congreso Nacional de Materiales Compuestos los días 21, 22 y 23 de junio de 2017 en el centro de congresos Kursaal de San Sebastián/Donostia.

MATCOMP 2017 ha conseguido reunir a más de 200 ponencias y 200 profesionales con un alto nivel de innovación. Su contenido científico y tecnológico en todos los aspectos relacionados con los Materiales Compuestos ha pretendido reforzar en esta edición, su presencia en otros sectores, como el transporte y la industria. Los principales retos identificados han sido la automatización, la flexibilidad y el aligeramiento para los sectores de automoción, aeronáutica y máquina-herramienta.

Las ponencias técnicas que se presentan se han agrupado en cinco sesiones paralelas, divididas por las siguientes temáticas: materiales y multimateriales, comportamiento en servicio, procesos, aplicaciones, unión y adhesión y por último reciclado y sostenibilidad, cubriendo todos los aspectos relacionados con la utilización de los materiales compuestos en la industria y en la sociedad.

Con 4 conferencias plenarias se aporta la visión industrial sobre la automatización de los procesos de fabricación de los Materiales Compuestos, la importancia de las materias primas, con **Miguel Angel Castillo, Aernnova, "Desarrollos tecnológicos de Aernnova en Cleansky 2, H2020"**, **Andreas Erber, SGL Group: "Composite intensive lightweight design in automotive – today and tomorrow"**, **Wilhelm Rupertsberger, Fill: "4 x 4 Strategy - Base for Automation in Composite Manufacturing"**, así como una **visión científica por parte del Dr. Baran de la Universidad de Twente**, con la conferencia **"How to overcome challenges in reliable composite manufacturing"**. Cada jornada finaliza con una mesa redonda relacionada con el sector aeronáutico, automoción y máquina-herramienta que se han convertido en un foro de intercambio de ideas y necesidades entre las comunidades empresariales, técnica y científica que representan a la I+D+i de los Materiales compuestos en España.

El futuro de los Materiales Compuestos ofrece un gran abanico de posibilidades a todos aquellos interesados en nuevos productos y procesos. Sus límites están aún por determinar gracias a la Investigación, a su conocimiento y al desarrollo sin pausa de las aplicaciones reales.

En este camino, el desarrollo de los materiales compuestos ha tenido un nuevo punto de apoyo en **MATCOMP 2017**. Desde la Organización del Congreso, esperamos que este haya sido de su interés.

El Congreso cuenta como patrocinadores a empresas tan relevantes como **ESI-Get it right, Corporación Mondragón, TITANIA, FIDAMC, AIRBUS, IRURENA Group, 3M, METTLER Toledo, M.TORRES, NETZSCH, ZWICK-ROELL, DASSAULT SYSTEMES/PRINCIPIA y Gobierno Vasco**.



ORGANIZACIÓN

Presidente:

- **Josep Costa** (AEMAC)
- **Laurentzi Aretxabaleta** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Javier Coletto** (TECNALIA)

Secretaría:

- **María Jesús Jurado** (TECNALIA)
- **Mariasun Sarrionandia** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)

Vocales:

- **Eli Arizmendi** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Sara Lanchas** (TECNALIA)
- **Ana Olaizola** (TECNALIA)

Comité científico:

- **Josep Costa** (AEMAC)
- **Carlos Daniel González** (IMDEA Materiales)
- **Enrique Barbero** (Universidad Carlos III de Madrid)
- **Alfonso Corz** (Universidad de Cádiz)
- **Raquel Verdejo** (Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC)
- **María Lluisa Maspoch** (Universidad Politécnica de Cataluña)
- **Federico París** (Universidad de Sevilla)
- **Antonio Fernández** (Universidad Politécnica de Madrid)
- **Xabier Martínez** (CIMNE)
- **Jacinto Tortosa** (FIDAMC)
- **Alejandro Ureña** (Universidad Rey Juan Carlos)
- **María Jesús Jurado** (TECNALIA)
- **Ricardo Mezzacasa** (TECNALIA)
- **Cristina Elizetxea** (TECNALIA)
- **Isabel Harismendy** (TECNALIA)
- **Sonia Florez** (TECNALIA)
- **Jon Aurrekoetxea** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA),
- **Laurentzi Aretxabaleta** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Losu Tena** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Modesto Mateos** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Aritz Esnaola** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Iñaki Hurtado** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)
- **Mariasun Sarrionandia** (MONDRAGON UNIBERTSITATEA)

APLICACIONES 1

Diseño y fabricación de un colín de moto de competición autoportante realizado en fibra de carbono	1
Metodología para la manufactura de horquilla para un monoplaça de F1 a base de fibra de carbono	2
Modular deployable structures	3
Applicability of Short Carbon Fiber technology to aeronautical structural parts of low responsibility	4
Rediseño de caja electrónica para aplicación espacial en material compuesto	5
Diseño y fabricación de componentes de automoción en material compuesto termoplástico (Parte II)	6
Concepción de chasis de vehículo para su fabricación mediante pultrusión 3D	7
Lightweighting of PP/GF: foamed composites for automotive applications	8
Diseño de núcleos fabricados mediante impresión 3D para mejorar el comportamiento a compresión radial de tubos fabricados por pultrusión	9
Fabricación de piezas con geometría compleja basadas en tapes unidireccionales. Transferencia tecnológica de automoción a aeronáutica	10
Fabricación de un subframe de suspensión mediante la tecnología CAPROCAST (T-RTM)	11
Diseño y fabricación de componentes de automoción en material compuesto termoplástico (Parte I)	12
Estudio experimental de la influencia del espesor y la secuencia de apilado en laminados de tejido sometidos a impacto de baja velocidad	13
Thermoplastic composite penetration in the aerospace structures	14
Caracterización y validación mecánica de biocomposites para la construcción de pequeñas embarcaciones. Análisis del ciclo de vida. .	15
Diseño y Fabricación de una pala de aerogenerador mediante material compuesto biodegradable	16
Desarrollo de software para el cálculo de recipientes a presión optimizados según código ASME X	17
Caracterización del proceso CRTM aplicado al refuerzo de una puerta	18
Propiedades eléctricas en resinas de poliéster: comparativa del uso de nanotubos de carbono (CNT) y negro de carbono (CB). .	19
Uso de materiales compuestos en sellos aerodinámicos	20
Diseño y desarrollo de un innovador sistema estructural basado en materiales compuestos para la construcción de faros marítimos de menor mantenimiento (FAROCOMP)	21
Análisis experimental de impactos de alta velocidad de fragmentos de material compuesto carbono/epoxi	22
PLATFORM: Estudio de la integración de nuevos nanomateriales en procesos actuales de fabricación con preimpregnados en aeronáutica	23
Passive damped deployment of full composite structures	24
ZAero- Cero Defectos en la fabricación de piezas de material compuesto en la industria aeroespacial	25
Study of alternative materials for Portland cement replacement in civil construction	26

MATERIALES 27

Estrategia de la fabricación de velos por electrospinning para la mejora de las propiedades en composites poliméricos reforzados con fibra	27
Efecto de la adición de velos en la fabricabilidad y propiedades mecánicas de composites carbono/epoxi	28
Obtaining electrospun mats from waterborne polyurethanes containing cellulose nanocrystals	29
Materiales Compuestos Jerárquicos	30
Desarrollo de espumas rígidas de poliuretano de baja densidad conteniendo microcápsulas termorreguladoras	31
Paneles GFRP modificados con capas viscoelásticas para mejorar la respuesta frente a impactos de baja velocidad	32
Diseño y fabricación de un material híbrido granular con alta capacidad de disipación de energía	33
Análisis de ensayos de ILSS de probetas de material compuesto reforzadas con fibra continua producidas mediante impresión 3D ..	34

Espumas metal/copos de grafito para aplicaciones de control térmico	35
Evaluación del tamaño de cristalito y la micro-deformación durante el proceso de molienda mecánica del material compuesto AA6005A+ 10% nano-TiC	36
Guías básicas para elección de material de útil de curado en autoclave para fabricar piezas de composite. CFRP vs INVAR36. . .	37
Una nueva estructura reforzante en compuestos para banda de rodadura de neumático: octosilicato hinchado como aditivo . . .	38
Proceso de "Hot Forming" vs Parametrización de Ciclo: Materiales Auxiliares, Riesgos de Contaminación y Envejecimiento del Prepreg .	39
Prepreg, tejido de carbono, resina termoestable autoadhesiva para piezas sandwich: ventajas, inconvenientes y desafíos en la fabricación	40
Resinas fotocurables nanorreforzadas	41
Nuevas formulaciones para composites curados mediante radiación ultravioleta	42
Composites termoestables reprocesables, reparables y reciclables	43
Estudio de la nanoestructura y las propiedades mecánicas locales de materiales multifuncionales de polipropileno	44
Estudio del proceso de fabricación de composites de polipropileno reforzados con fibras continuas	45
Tratamientos químicos superficiales sobre aluminio para mejorar la adhesión sobre polipropileno	46
PLA and P3HB-3HH-based bio-composites made with cotton fabric.	47
Estudio de los sistemas basados en poliácido láctico y aceites vegetales	48
Modificación superficial de fibras de sisal para su utilización como refuerzo en materiales composites de matriz polipropileno	49
Determinación experimental de los parámetros de Weibull de composites en fallo por tracción usando laminados híbridos . . .	50
Flexión en dos planos de laminados composites unidireccionales	51
Influencia del proceso de obtención en las propiedades de nanocompuestos de bio-poliámidas	52
Materiales compuestos de polieterecetona (PEEK) y grafeno fabricados por inyección	53
Efecto de la adición de nanoláminas de grafeno en las propiedades de laminados de fibra de carbono y benzoxacina	54
Aplicación de ultrasonidos para la mejora de la dispersión de nanopartículas en una aleación de aluminio Al-Si7Mg0.6 reforzada con 0.5% en peso de nanodiamantes	55
Soldadura por fricción-agitación, FSW, de materiales compuestos de matriz metálica, MMCs, con elevado contenido de refuerzo	56
Desarrollo de un nuevo método de fabricación para la obtención de material compuesto Al/AlN	57
Metallic composite material to protect against high-velocity projectiles and high energy impacts	58
Desarrollo de materiales compuestos con matriz de titanio para aplicaciones aeroespaciales	59
Avances en elastómeros dieléctricos electro-mecánicos: de los materiales nanocompuestos a los sistemas híbridos	60
Eliminación de singularidades en ensayos estándar de materiales compuestos	61
Bacteriostatic effect of waterborne polyurethane-urea films containing bioactive plant extracts incorporated by different routes .	62
Caracterización de muestras celulósicas obtenidas de fibras de sisal	63
Nanocompuestos grafeno-nanotubos de carbono-epoxi influencia de la absorción de agua en las propiedades	64
Polimerización In Situ de nanocompuestos de polipropileno isotáctico con catálisis metalocénica.	65
Mejora del proceso de síntesis directa de poliámidas para obtener un material de altas propiedades.	66
Desarrollo de desencofrantes hidrofóbicos mediante el uso de nanopartículas de SiO ₂	67
Espumas de carbono con porosidad jerarquizada	68
Obtención y propiedades de nanocomposites de nanofibra de carbono/oxicarburo de silicio	69
Curado de nanocompuestos grafeno-epoxi: influencia de la relación entrecruzante/resina	70
Efecto del contenido de entrecruzante y tipo de grafeno en las propiedades termo-mecánicas de nanocompuestos	71
Tratamientos superficiales de silanización para mejorar la adhesión de superficies aluminio-polipropileno	72
Utilización de la ceniza de la paja de caña de azúcar (CPC) como puzolana en sustituciones parciales del cemento Portland . . .	73
Metodología integral de optimización dimensional y de materiales adaptada al diseño de producto	74
PROCESOS DE FABRICACIÓN	75
Modelado y control predictivo de un molde de RTM	75
Moldes prototipo de RTM fabricados mediante impresión 3D	76

Desarrollo de procesos de preformado y RTM para estructuras altamente integradas	77
Optimización del CRTM mediante técnicas de monitorizado de procesos	78
PLATFORM: Estudio de la integración de materiales fabricados con CNTs en procesos actuales de fabricación por infusión en aeronáutica	79
Industria 4.0: El control de materiales y procesos de fabricación de CFRPs a través del laboratorio digital	80
Modelado por Elementos Finitos de las deformaciones térmicas en componentes de Material Compuesto	81
Caracterización de nuevas generaciones de preimpregnados fuera de autoclave (OoA)	82
Mechanisms of air removal and void development in Out-of-Autoclave processing of laminates	83
Proceso Automatizado de conformado para omegas con alta curvatura	84
Dry carbon fiber applications in aerospace sector and automation options	85
Proceso de fabricación de estructuras de materiales compuestos de fibra de carbono mediante moldeo por compresión asistido por membranas	86
Ensayos de fabricabilidad del revestimiento inferior de un ala en fibra seca mediante encintado en FP y posterior conformado e infusión	87
Desarrollo y automatización de nuevo proceso de fabricación de composites basado en preimpregnados de curado ultravioleta	88
Reducción de costes mediante la fabricación integrada de un panel rigidizado por ambas caras usando un proceso de cocurado de CFRP	89
Flexible, efficient and automated fast manufacturing of high performance composite parts	90
Nuevos procesos de fabricación de fuselajes en material compuesto	91
Perfiles recubiertos en línea: Optimización del proceso de pultrusión (proyecto COALINE)	92
Fabricación integrada de paneles sándwich con elementos estructurales en CFRP	93
Fabricación aditiva de estructuras 3D reforzadas: efectos de los parámetros de impresión en el comportamiento mecánico . . .	94
Optimización de una tinta de resina termoestable con nanotubos de carbono para impresión por tecnologías de inyección . . .	95
Optimización del proceso de infusión (LRI) mediante software de simulación por elementos finitos	96
A microlevel capillary study in composite materials by X-ray tomography	97
Simulation based design of single-shot RTM process for an integrated aircraft door structure	98
Análisis de los cambios en la zona pseudo-estacionaria del espectro de la fuerza de empuje en el taladrado en seco de apilados CFRP/CFRP	99
Estudio del curado de materiales compuestos con DEA y DSC en la industria de la automoción	100
COMPORTAMIENTO EN SERVICIO	101
Effects of laminate thickness and ply-stacking sequence on the low velocity impact resistance of carbon fiber-reinforced laminates	101
Caracterización de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos mediante medida de energía crítica por termografía infrarroja	102
Efecto del desalineamiento de los marcos de máquinas ensayo sobre las propiedades mecánicas de CFRPs	103
Flexión en materiales compuestos con distinta respuesta a tracción y a compresión	104
Análisis de las tensiones fuera del plano en laminados mediante diferencias finitas	105
Modelos de viscoelasticidad en green composites de PLA y refuerzo de cáscara de avellana con plastificante natural de aceite de linaza	106
The three-point off-axis bending method for determining in-plane shear properties in wood	107
Detección de Arrugas en laminados de fibra de vidrio y de carbono usando técnicas de inspección por ultrasonidos	108
Caracterización de elementos de protección térmica de materiales compuestos mediante análisis térmicos	109
Quantitative TEM tomography of Poly lactic acid/clay nanocomposites for a better comprehension of processing-microstructure-properties relationship	110
Tasa de liberación de energía equivalente y estabilidad de grieta en la configuración ENFR de modo mixto I/II	111



Análisis del ensayo DCB de laminados angulares incluyendo tensiones residuales	112
Configuración del ensayo ELS para la determinación de la tenacidad a la fractura en modo II en uniones adhesivas	113
Evaluación de la absorción de energía y el daño en laminados de tejido sometidos a impactos de alta velocidad	114
A stiffness-based phenomenological model to predict the fatigue life of unidirectional CFRP laminates under tensile fatigue loadings	115
Validación de un modelo numérico para caracterizar el daño por delaminación de laminados sometidos a impacto de baja energía	116
Fase de Fatiga & Tolerancia al Daño del Full Component Test del A350 XWB Sección 19.1	117
Optimización de peso de estructuras carenadas de material compuesto	118
Caracterización acelerada de CFRP para la obtención de diagramas de vida constante	119
Analysis of the tufting process, an alternative to suppress delamination. A mesomechanical approach	120
Análisis de la descomposición de modos en ensayos de fractura interlaminar asimétricos	121
Flaw-Bridging in Composite Materials	122
Estudio Micromecánico del Efecto Escala en laminados de Material Compuesto	123
Optical fibre based sensors application to structural health monitoring in composite materials	124
Fabricación y caracterización de materiales compuestos reforzados con óxido de grafeno	125
Ensayos de pull-off sobre probetas con rigidizadores en T	126
Effect of ply-thickness on the impact response of interleaved thin-ply non-crimp-fabric laminates: X-ray tomography investigation	127
Ensayos numéricos de uniones adhesivas composite-composite para la determinación de la tenacidad a la fractura	128
Observaciones experimentales de las grietas de interfase asociadas al fallo de la matriz a compresión en laminados de material compuesto	129
Simulación de impactos sobre láminas de material compuesto	130
Comparativa de análisis entre el método clásico ESIS y la Norma ASTM D-7905, para la obtención de la tenacidad a la fractura por cortante	131
Aplicación del método Rigidez-Fuerza en el análisis de adherencia fibra-matriz en laminados composites	132
Influencia de la geometría de las partículas en el refuerzo de resinas epoxi	133
Análisis y optimización del mecanizado de probetas para ensayos de resistencia a cortadura en uniones encoladas de material compuesto	134
Damage Tolerance of CFRP laminates subjected to CAI after low velocity impact	135
Aplicación del método Rigidez-Fuerza en el análisis de una placa a tracción con un agujero central	136
Estudio del ensayo de flexión, en dos vanos, de estructuras sándwich	137
Ley cohesiva en modo II de uniones adhesivas	138
Influencia de la secuencia de apilamiento y el espesor de las láminas en las tensiones de borde de laminados cuasi-isótropos simétricos	139
Análisis de placas sándwich con pieles de material compuesto sometidas a impacto oblicuo de alta velocidad	140
Estrategias en el análisis de muestras de materiales compuestos para la cuantificación de porosidad mediante análisis de imagen	141
Comportamiento a fatiga frente a deslaminación bajo modo mixto I/II y ensayo ADCB de un material compuesto carbono/epoxi	142
Nuevo Modelo Discreto Multiescala (DM) para análisis no-lineales de materiales compuestos	143
Comportamiento a fractura dinámica en modo III de laminados epoxi-carbono	144
Estudio experimental micromecánico del fallo entre fibras ante tracción: Observaciones al microscopio	145
Estudio experimental de interfases no convencionales con patrones trapezoidales	146

ESTRUCTURAS MULTIFUNCIONALES 147

Monitorización de la salud estructural de un vehículo aéreo no tripulado de material compuesto mediante sensores de fibra óptica	147
Comparativa del comportamiento a impacto de rayo entre materiales reforzados en fibra de carbono con matriz de resina termoestable	

y con matriz de resina termoplástica	148
Detección de daño en laminados mediante sensores de fibra óptica	149
Towards energy storage in structural composites	150
Efecto sinérgico en la monitorización de multiescalares por adición simultánea de nanorrefuerzos en la matriz y sobre el refuerzo	151
Tratamientos Superficiales Químicos sobre filmes de aluminio para preparar FML (laminados Al-PP)	152
Mejora de las propiedades mecánicas de estructuras híbridas por refuerzo de perfiles de aluminio con espumas rígidas de poliuretano	153

UNIONES Y REPARACIONES 154

Uniones de materiales compuestos: la ventaja de los adhesivos estructurales y de las cintas adhesivas	154
Application of functionally graded adhesives in aluminium-composite joints	155
Activación superficial láser en coencolado de paneles de CFRP. Comparación con otro método certificado	156
Sensorización de uniones adhesivas por incorporación de nanotubos de carbono y grafeno	157
Ánisis del comportamiento de reparaciones adhesivas sometidas a cargas estáticas	158
Out of autoclave bonded repair process and implementation for aircraft composite structures	159
Comportamiento multifuncional de películas de adhesivo modificadas con CNT para reparaciones en materiales compuestos	160
Evaluación experimental de la calidad de una unión encolada composite-composite mediante ensayos de pelado	161
Saneado láser UV para la reparación de laminados monolíticos de fibra de carbono. Influencia de la dirección de procesado ..	162
Diseño de soluciones estructurales con uniones adhesivas, aportación del modelado de la unión	163
Estudio comparativo entre técnicas de preparación superficial estándar y tratamiento por plasma para uniones adhesivas en fibra de carbono y aluminio	164

RECICLAJE Y SOSTENIBILIDAD 165

Reuse of aeronautical uncured prepreg	165
Beneficio económico y energético de un método de tratamiento de vapores en el reciclado de residuos de fibra de carbono por pirolisis	166
Obtención de fibra de carbono reciclada mediante pirolisis de preimpregnados curados	167
Modelización reológica mediante Cross-WLF de un nuevo material compuesto elaborado con bioPE y Thyme	168
Biocompuesto de fibra natural de palma cumare (Astrocaryum chambira) y resina bioepoxy, aplicaciones industriales	169
Development of New Thermosetting Resins from Polyethylene Terephthalate (PET) Wastes	170
Reuse of CFRP material from Aircraft Manufacturing Parts. Industrial applications and inverse logistic solution	171
Influencia del tratamiento superficial en la resistencia y adhesión entre fibras naturales de lino y una matriz termoplástica ..	172
Composites termoestables reciclables derivados de textiles de desecho	173
Acerca del estudio de compuestos de yeso con incorporación de caucho de neumáticos	174

Diseño y fabricación de un colín de moto de competición autoportante realizado en fibra de carbono

F.J. Garzón Lucena^a, C. López Taboada^a, G. Castillo López^a, F. García Sánchez^a

^a Departamento de Ingeniería Civil, de Materiales y de Fabricación, Universidad de Málaga, Dr- Ortiz Ramos s/n, 29071 Málaga, España

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño, cálculo y fabricación del colín de moto de competición, que ha participado en la edición MotoStudent 2016, celebrada en octubre de 2016 en el circuito de Alcañiz, representando a la Universidad de Málaga. En esta ocasión se presentaban dos motos, una dentro de la categoría Petrol (motor de 4 tiempos y 250 cc) y otra en la categoría Electric. Se trata de una estructura autoportante que sustituye a la utilización del subchasis y colín tradicionales, con el objetivo de que la solución sea más ligera que el conjunto anterior.

Como material se ha seleccionado un tejido de carbono sarga 2x2 de 3K y 200 g/m² y resina epoxi Resoltech 1070/1074. El proceso de fabricación seleccionado ha sido el moldeo manual y posterior compactado con bolsa de vacío. Mediante la utilización de modelos micromecánicos y a partir del porcentaje de fibra, se han estimado las propiedades de la lámina elemental de material compuesto. Dichas propiedades han sido implementadas en el programa de elementos finitos Patran-Nastran para la optimización de la pieza.

Una vez diseñado el colín, se ha fabricado un modelo de la pieza a partir del mecanizado de placas de madera MDF que ha servido para fabricar el molde de la pieza en fibra de vidrio.

Los colines diseñados fueron homologados por la organización de la competición. El colin desarrollado es un 50% más ligero que la solución actual. El molde fabricado permite la obtención de varias piezas con la consiguiente reducción de costes.

Palabras clave: Colín de moto Micromecánica Optimización, Elementos Finitos, Bolsa de vacío.

TEMÁTICAS DEL CONGRESO

1. Aplicaciones

Aeronáutica Transporte terrestre (automoción, vehículos industriales, ferrocarril)

Naval

Ingeniería civil

Ocio y deporte

Energía

Industriales

2. Materiales

Matriz polimérica

Matriz metálica

Matriz cerámica

Híbridos

Refuerzos (nanorefuerzos, fibras naturales, nuevos tejidos...)

3. Procesos de fabricación

Simulación de procesos

Automatización

Monitorizado y control

Industria 4.0

Fabricación de preformas

Autoclave

Procesos fuera de autoclave

RTM

Infusión

Pultrusión

Fabricación aditiva

4. Comportamiento en servicio:

Modelado y caracterización experimental

Comportamiento mecánico

Comportamiento eléctrico

Comportamiento térmico y fuego

Envejecimiento y durabilidad

Control no destructivo

5. Estructuras multifuncionales

Monitorizado de la salud estructural

Estructuras autorreparantes

Estructuras inteligentes

6. Uniones y reparaciones

Reparación

Uniones adhesivas

Uniones multimaterial

Inspección de uniones

7. Reciclado y sostenibilidad

Técnicas de reciclaje y valorización

Análisis ciclo de vida

Empleo de materiales reciclados

Bio-composites

Metodología para la manufactura de horquilla para un monoplaza de F1 a base de fibra de carbono

I. Jáuregui^a, M. Siqueiros^b, B. González^a, A. Tellez^b, S. King^c

^{a,b,c,d} Escuela de la Ciencia de la Ingeniería y Tecnología (ECITEC). Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Blvd. Universitario #1000, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana B.C., México.

RESUMEN

En el siguiente artículo se propone una metodología para la creación de una horquilla de un monoplaza de formula 1 con material compuesto de Fibra de carbono bidireccional y resina epoxica en un laminado de 6 capas con ángulos [0,-45,+45] teniendo como objetivo obtener una horquilla con un proceso más rápido y menos costoso a comparación de los utilizados en el mundo de fórmula 1.

Palabras clave: Fibra de carbono, Materiales compuestos, Formula 1, Horquilla.



Modular deployable structures

José Nieto⁽¹⁾, Juan Fayos⁽²⁾, Álvaro Pipó⁽³⁾, Carlos Montesano⁽⁴⁾, Eduardo Ozores⁽⁵⁾, Julián Santiago-Prowald⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Comet Ingeniería, C/ Convento Carmelitas, 2-2, 46010, Valencia, Spain. Email: jnieto@comet-ingenieria.es

⁽²⁾ Comet Ingeniería, C/ Convento Carmelitas, 2-2, 46010, Valencia, Spain. Email: jfayos@comet-ingenieria.es

⁽³⁾ Prosix Engineering, Avda. de Carlos I, 2-6, 20011, San Sebastián, Spain. Email: alvaro.pipo@prosix.es

⁽⁴⁾ Airbus Defence and Space, EADS CASA Espacio, Avda. de Aragón 404, 28022, Madrid, Spain. Email: carlos.montesano@airbus.com

⁽⁵⁾ Airbus Defence and Space, EADS CASA Espacio, Avda. de Aragón 404, 28022, Madrid, Spain. Email: eduardo.ozores@airbus.com

⁽⁶⁾ European Space Agency, ESTEC, Keplerlaan 1, PB 299, NL-2200 AG Noordwijk, The Netherlands. Email: Julian.Santiago.Prowald@esa.int

RESUMEN

Large aperture antennas and telescopes, long baselines and long focal lengths in space have important applications for Telecommunications, Earth Observation and Science missions. Within this context, an ESA TRP activity is currently under development, carried out by COMET Ingeniería, PROSIX Engineering and Airbus DS (CASA Espacio), with the aim of designing overall structural assemblies based on unit cells developing representative parts of deployable masts (linear structures) and rings (antenna or radiotelescope aperture). This paper presents the current status of this project and the results obtained until the date of presentation of this paper. The results of these paper will be confirmed during next PDR to be celebrated at ESA-ESTEC.



Applicability of Short Carbon Fiber technology to aeronautical structural parts of low responsibility

D. Lastra Gil, C. García Nieto, S. Crespo Peña, E. Guinaldo Fernández, P. Cebolla Garrofe, F. J. Honorato Ruiz

Departamento de Investigación y Tecnología, Airbus Operations S.L., Paseo John Lennon s/n, 28906 Getafe, Madrid

RESUMEN

The development of structural parts optimized in weight and cost has always been a key aspect in the aeronautical industry. Nevertheless, these premises also appears in other industries. A specific study focused on the automative industry showed the possibility of re-studying a technology analyzed in the past: Short Carbon Fiber injection. The technology offered low recurring costs, high rate possibilities and reliable repetitivity of the processes. Based on these statements, aeronautical parts from the Horizontal Tail Plane (THS) with low structural responsibility were defined as target options. After defining the scope, different engineering and manufacturing studies were performed. The conclusions from both investigations, together with weight and cost estimations, confirmed the potential application of the technology for a present and future implementation.

The previous project was included in the project FACTORIA, funded by the Ministerio de Economía y Competitividad, by means of the Centro Tecnológico Industrial (CDTI), in the Strategic Programme CIEN 2016.

Keywords: Aeronautic, Structural responsibility, Injection, Short fiber.



Rediseño de caja electrónica para aplicación espacial en material compuesto

M. Segura^a, A. Iriarte^a, M.J. Jurado^a, E. Roldán^b, Harri Katajisto^c

(a) División Industria y Transporte, Unidad Aeroespacial, TECNALIA, Mikeletegi Pasealekua 2, 20009 Donostia, España.

(b) Desarrollo CRISA (an Airbus Defence and Space company), Torres Quevedo 9, 28760 Tres Cantos – Spain

(c) Componeering, Itämerenkatu 8, FI-00180 Helsinki, Finland

RESUMEN

El trabajo descrito se enmarca dentro de un contrato con la ESA para el desarrollo de materiales compuestos multifuncionales en los que se trabaja desde el punto de vista de material para mejorar la conductividad térmica a través del espesor. Como demostrador del proyecto, se diseña, fabrica y valida mediante ensayo el chasis de un equipo electrónico que la empresa CRISA, el socio industrial del proyecto, actualmente construye en aluminio. Más concretamente, se trata de la electrónica de la Unidad Secuencial Pirotécnica del lanzador Ariane 5.

El chasis metálico actual es relativamente pesado y se pretende disminuir el peso de forma significativa mediante el uso de la fibra de carbono. El mayor reto asociado a este tipo de aplicaciones de cajas es la necesidad de disipar el calor generado por los componentes electrónicos. Actualmente, esto se lleva a cabo mediante conducción, a través de las diferentes piezas de la caja de aluminio. En el caso de los laminados basados en fibra de carbono tradicionales, la conducción térmica es muy inferior (un orden de magnitud menor al aluminio), por ello se suelen usar fibras de carbono especiales, de muy alta conductividad térmica. Sin embargo, estos materiales son extremadamente caros y frágiles, por lo que por un lado limitan las posibilidades de fabricación y, por otro, encarecen el producto de manera significativa.

Por ello, la solución que se ha adoptado en el proyecto Thercobox ha consistido en el empleo de fibras de carbono más tradicionales y de menor coste. La estrategia ha consistido en dopar la resina de forma que se mejora notablemente la conductividad térmica en el espesor. Ello implica que no sea necesario el uso de fibras exóticas de muy alto coste.

Basándonos en el material desarrollado por Tecnalia, se ha diseñado, calculado y validado un chasis de composite, con el que se ha conseguido una reducción en peso del 42% frente a la solución metálica actual.

Palabras clave: Análisis, Diseño, Composites multifuncionales, Entorno espacial.



Diseño y fabricación de componentes de automoción en material compuesto termoplástico (Parte II)

S. García-Arrieta^a, A. de la Calle^a, A. Iriarte^a, M. Segura^a,
C. Elizetxea^a, N. Egidazu^b, R. Labrador^b

^aDivisión Industria y transporte, Unidad Aeroespacial, TECNALIA, Mikeletegi Pasealekua 2, 20009 Donostia, España.

^bDesarrollo de producto, Polo Innovación, EDERTEK centro tecnológico Isasi Kalea 6, Apto. 19, 20500 Mondragón-Arrasate, España

RESUMEN

El proceso de RTM termoplástico (T-RTM) es en la actualidad uno de los procesos más demandados por la I+D del sector automoción. Este sector busca aligerar el peso del vehículo con componentes no metálicos altamente resistentes y con fabricaciones eficientes en tiempo y coste. En el marco del proyecto BIHARKONP, EDERTEK-TECNALIA propusieron la migración de un brazo de suspensión, actualmente fabricado mediante estampación metálica, a materiales compuestos de altos requerimientos mecánicos obteniendo una reducción de peso de un 30%. Para la fabricación de este componente se propuso rediseñar el componente en fibra de carbono (FC) y matriz de poliamida 6 (APA6). El rediseño (Parte I) ha consistido en un cálculo mecánico de los esfuerzos que debía soportar el componente. Se ha variado la geometría con el objetivo de cumplir conjuntamente el cuaderno de cargas y las particularidades del proceso T-RTM.

Para la fabricación del componente se definió y caracterizó el laminado de composite FC/APA6 seleccionando una FC específica para termoplásticos. Posteriormente se diseñó y fabricó un molde de T-RTM con insertos de compactación de fibra y ocho zonas de control térmico. La geometría del brazo de control implica la fabricación de preformas de FC mediante un proceso de conformado térmico con velos termoplásticos. La tecnología Caprocast ha sido utilizada para la fabricación del prototipo realizando la inyección de caprolactama y produciéndose la polimerización en el molde calefactado. El componente se sometió a ensayos de bearing, inserción-extracción de **bushing** y ensayo de resistencia del **bushing** obteniéndose la validación del componente.

Concepción de chasis de vehículo para su fabricación mediante pultrusión 3D

I. Tena, I. Saenz-Dominguez, A. Esnaola, L. Aretxabaleta, M.Sarrionandia, J. Aurrekoetxea

Departamento de Mecánica y Producción Industrial, Mondragon Unibertsitatea, Mondragon 20500, España

RESUMEN

La eficiencia energética es uno de los factores clave en el sector de la automoción; por ello, debido a su ligereza y su alta capacidad de absorción de energía, entre otros factores, los materiales compuestos están en la agenda estratégica de las OEM. Aun así, los altos costes junto con la complejidad de algunos procesos de fabricación, además de los altos requerimientos de productividad, han derivado en un uso limitado de los composites en automoción. Uno de los procesos que pueden cumplir con los niveles de productividad para la fabricación de piezas de sección constante es la pultrusión. No obstante, debido a que el curado se realiza dentro del molde, el proceso queda restringido a perfiles rectos, lo que se traduce en la necesidad de diseñar y fabricar complejos nodos de unión con el resto de la estructura. Sin embargo, la combinación de la pultrusión y el curado mediante radiación ultravioleta (UV) puede ser una solución a este problema. Curando el perfil fuera del molde hilera mediante radiación UV, las principales limitaciones de la pultrusión térmica son superadas, pudiendo fabricar perfiles curvos mediante tirado robótico.

Así, en el presente trabajo se presenta un estudio preliminar del empleo de la pultrusión UV para concebir chasis tubulares para vehículos. Se han analizado tanto el empleo de perfiles rectos para los elementos de absorción de energía; como las ventajas y la factibilidad de emplear perfiles curvos en otras zonas estructurales, demostrando la viabilidad del proceso para este tipo de aplicaciones.

Palabras clave: Pultrusión, Curado ultravioleta, Chasis, Crash, Absorción de energía.

Lightweighting of PP/GF: foamed composites for automotive applications

J. Gómez-Monterde^a, M. Schulte^a, J. Hain^b, J. Frigola^c, E. Barriuso^c, M. Sánchez-Soto^d, M. Ll. MasPOCH^d

^a SEAT SA, Martorell, E-08760, Spain

^b Volkswagen AG, Wolfsburg D-38436, Germany

^c GRC Geociències Marines, Universitat de Barcelona, Barcelona, E-08028, Spain

^d Centre Català del Plàstic, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, Terrassa, E-08222, Spain

RESUMEN

Lightweight construction is one of the main strategies conducted by carmakers in order to reduce fuel consumption and greenhouse gas emissions. Since the demand of plastic and composite materials for automotive applications is continuously growing, lightening approaches like foaming techniques are being introduced with the aim of decreasing their weight. The present work aims to compare the morphology and mechanical properties of plastic foams obtained by two different foaming technologies: MuCell® and IQ Foam®. Solid and foamed plates of glass fiber reinforced-polypropylene (PP/GF) were injection molded by using MuCell® and IQ Foam® processes combined with the complementary tool technology Core Back expansion molding. The morphology analysis of the obtained plates was carried out through Scanning Electron Microscopy (SEM) and Computed Tomography (CT) techniques, and the mechanical properties were assessed by means of tensile, flexural and impact tests.

The morphology analysis revealed the presence of solid skin-foamed core structure in the foamed samples. The mechanical properties decreased gradually with the apparent density of the microcellular plates. By increasing the thickness of the part because of the expansion of the cavity, the apparent density decreased but the flexural stiffness was greatly enhanced. Foamed samples obtained by IQ Foam® technology exhibited lower cell density than that of the MuCell® ones, but consequently higher resistant area, and thus, slightly higher mechanical properties. The new IQ Foam® technology is able to produce foamed parts with properties comparable to that of the MuCell® process, offering additional benefits such as cost-effectiveness, easy to use and machine-independence.

Palabras clave: Polypropylene / Glass fiber, Microcellular injection molding, Plastic foams, MuCell®, IQ Foam®.

Diseño de núcleos fabricados mediante impresión 3D para mejorar el comportamiento a compresión radial de tubos fabricados por pultrusión

A. Esnaola, I. Saenz, I. Tena, M. Iragi, U. Morales, L. Aretxabaleta, J. Aurrekoetxea

Departamento de Mecánica y Producción Industrial, Mondragon Unibertsitatea, Mondragon 20500, España

RESUMEN

Las estructuras de impacto axial de vidrio-E/vinilester fabricados por pultrusión-UV han demostrado tener altos valores de absorción de energía específica (SEA). Sin embargo, se ha podido verificar que el comportamiento al colapso radial de una estructura de tipo tubo hueco es sumamente inferior en comparación a la axial. Es por ello que en el presente trabajo se han diseñado y fabricado diferentes núcleos mediante impresión 3D utilizando la tecnología FDM (Fused Deposition Modeling) con el objetivo de mejorar el comportamiento al colapso radial de las estructuras fabricadas por pultrusión-UV. Por un lado se ha fabricado un núcleo hexagonal que consiste en una piel de ABS y material de relleno, y por otro lado se ha fabricado un núcleo hexagonal en ABS aplicando el concepto de nido de abeja para su diseño. Los resultados de los ensayos de compresión cuasi-estática de las estructuras en la dirección radial han mostrado un significativo aumento de la rigidez y resistencia ante el colapso radial mediante el uso de estos núcleos fabricados por impresión 3D. El núcleo de ABS más relleno ha permitido mejorar casi 9 veces en rigidez y 5 veces en resistencia el comportamiento de la estructura pultruida. En el caso del núcleo 'honeycomb' de ABS, la rigidez de la estructura se ha aumentado desde los 1,15 kN/mm hasta los 22 kN/mm (19 veces mayor). Por otro lado, los valores de resistencia con este mismo núcleo han sido 17 veces mayores respecto al perfil hueco.

Palabras clave: Impresión 3D, Molde, RTM.

Fabricación de piezas con geometría compleja basadas en tapes unidireccionales. Transferencia tecnológica de automoción a aeronáutica

A. Tielas^a, R. Ledo^b, V. Ventosinos^c, D. García^d

^aResponsable del Departamento de Materiales y Sistemas de Interior;

^bCoordinadora del Área de Materiales;

^cInvestigadora Senior;

^dProject manager CTAG – Centro Tecnológico de Automoción de Galicia / www.ctag.com

Polígono Industrial A Granxa, p. 249-250. 36400 O Porriño (España)

^aalberto.tielas@ctag.com; braquel.ledo@ctag.com

RESUMEN

CTAG, junto con sus socios del proyecto FORTAPE¹, ha desarrollado un sistema optimizado y eficiente de fabricación de piezas con geometría compleja basadas en el uso de tapes termoplásticos reforzados con fibra unidireccional (fibra de vidrio y fibra de carbono) para su uso en los sectores de automoción y aeronáutica. Los esfuerzos se han centrado en la automatización del proceso, lo que permite obtener altas cadencias de producción, y en la optimización del uso de material y energía, lo que repercute directamente en una reducción del peso y coste de la pieza final.

Así mismo, CTAG es uno de los integrantes del consorcio AEROCAR², proyecto iniciado en el tercer trimestre de 2016 y que tiene como principal objetivo la creación de una red de transferencia tecnológica entre los sectores de la aeronáutica y la automoción. El propósito último es la mejora de la productividad mediante la creación de nuevas tecnologías, materiales y/o procesos que pongan en valor las sinergias entre ambos sectores. Los principales retos que se abordarán mediante la colaboración de empresas y centros tecnológicos son la utilización de nuevos materiales y la automatización de los procesos.

Palabras clave: Automoción Aeronáutica, Transferencia tecnológica, Tapes unidireccionales, Composites Inyección plástica.



Fabricación de un subframe de suspensión mediante la tecnología CAPROCAST (T-RTM)

A. de la Calle^a, S. García-Arrieta^a, C. Elizetxea^a, I. Lopez^b

^aÁrea de Aeroespacial, Grupo de Aligeramiento, División de Industria y Transporte, TECNALIA

Paseo de Mikeletegi 2, 20009 San Sebastián, España

^bIngeniería avanzada, BATZ, S. COOP, Torrea Auzoa, 2. 48140 Igorre, España

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo ha sido la fabricación, y posteriores ensayos de flexión y fatiga, de piezas reales del sector de automoción, fabricadas en composites termoplásticos. Esto se ha conseguido incorporando fibra de carbono (FC) continua a la matriz polimérica de poliamida (PA), mediante un proceso propio muy similar a un RTM termoplástico. El comportamiento a fatiga de cualquier composite viene regido por la tenacidad del material, por lo que la PA ha sido considerada debido a su tenacidad y bajo coste. El proceso consiste en una polimerización in-situ que, gracias a la baja viscosidad del monómero ϵ -caprolactama (ϵ -CL) permite la infiltración de preformas y tejidos.

La pieza demostradora ha sido completamente rediseñada por BATZ y TECNALIA para cumplir los requerimientos mecánicos y fabricabilidad. En concreto, se ha fabricado un **subframe** de suspensión con un 52% en volumen de una FC comercial y con variaciones de espesor dentro de la misma pieza de 3 a 8mm, consiguiendo una notable reducción en peso respecto a la pieza metálica (6,8 kg vs 3,48 kg) y los requerimientos mecánicos establecidos. En lo que a los ensayos de fatiga/durabilidad se refiere, se han realizado para evaluar la resistencia del composite e incrementar la correlación entre el análisis de CAE y el comportamiento real del componente. Todas las piezas ensayadas aguantan 2.200.000 ciclos (lo estipulado para esta pieza en metal) sin rotura, solo con pequeñas deformaciones de los agujeros para los **bushings**. En lo que a los ensayos de flexión se refiere, evalúan la máxima resistencia quasi-estática del componente. Todas las piezas ensayadas deforman considerablemente, recuperando buena parte de esta deformación una vez quitada la carga.

Palabras clave: Composite termoplástico, ϵ -Caprolactama, T-RTM, Fibra de Carbono.



Diseño y fabricación de componentes de automoción en material compuesto termoplástico (Parte I)

A. Iriarte^a, M. Segura^a, C. Elizetxea^a, N. Egidazu^b, R. Labrador^b, I. Lopez^c, F. Burguera^c

^a División Industria y Transporte, Unidad Aeroespacial, TECNALIA, Mikeletegi Pasealekua 2, 20009 Donostia, España.

^b Desarrollo de producto, Polo Innovación, EDERTEK centro tecnológico, Isasi Kalea 6, Apto. 19, 20500 Mondragón-Arrasate, España

^c Ingeniería avanzada, BATZ, S. COOP, Torrea Auzoa, 2. 48140 Igorre, España

RESUMEN

Ante las cada vez más restrictivas normativas medioambientales en cuanto a emisiones a la atmósfera, el sector del automóvil ha aumentado progresivamente el consumo de plásticos en los vehículos. El objetivo es introducir en el mercado componentes estructurales en materiales compuestos de última generación de forma competitiva y seriada, con la funcionalidad que ofrecen los elementos metálicos actuales.

En este estudio se presenta el rediseño de dos componentes de automoción actualmente fabricados en acero para su posterior producción mediante tecnología T-RTM (Parte II). Esta tecnología permite la elaboración de componentes en materiales compuestos de fibra continua y altas prestaciones con tiempos de ciclo cada vez más cortos.

En base al cuaderno de cargas que deben soportar los componentes y el comportamiento de las soluciones actuales obtenidas mediante estampación metálica se muestra un nuevo concepto de un pedal de freno y un brazo de suspensión cuya producción sea compatible con un proceso de T-RTM. Para el cálculo de ambos componentes se utilizan soluciones basadas en fibra de vidrio o de carbono y matriz de poliamida 6 (APA6).

Palabras clave: Análisis, Diseño, RTM termoplástico, Composites termoplásticos

Estudio experimental de la influencia del espesor y la secuencia de apilado en laminados de tejido sometidos a impacto de baja velocidad

.G. Rodríguez-Luján^a, J. Pernas-Sánchez^a, J.A. Artero-Guerrero^a, D. Varas^a, J. López-Puente^a

^a Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés (Madrid), 28911, España

RESUMEN

En este trabajo se han estudiado los diferentes mecanismos de fallo que aparecen en laminados de tejido 5HS, sometidos a impactos de baja velocidad. Se ha utilizado un amplio rango de energías (5-75J) para inducir los distintos fallos: delaminación, rotura de fibras, cortadura fuera de plano y perforación. Además, se han fabricado probetas con diferentes configuraciones de tejido AGP 280-5HS para analizar tanto la influencia del espesor: $((0/90)_{45^s}, (0/90)_{65}$ y $(0/90)_{85^s}$), como la secuencia de apilado: $((0/90)_{85^s}, (\pm 45)_{85^s}, [(\pm 45)/(0/90)]_{45^s}, [(\pm 45)_2/(0/90)_{25}],$ y $[(\pm 45)_4/(0/90)_{45^s}]$). Los laminados se han sometido a un impacto de baja velocidad usando una torre de caída de peso INSTRON-CEAST Fractovis 6875, según la norma ASTM (D7136). Cada ensayo se ha grabado mediante dos videocámaras de alta velocidad (Photron SA-Z 2100K) para analizar el comportamiento de la placa durante el impacto. Además, se ha realizado un análisis mediante correlación digital de imágenes tridimensional de alta velocidad (HV-DIC) para medir el desplazamiento fuera del plano. Una vez realizado el impacto, se ha obtenido el área dañada de cada laminado mediante inspección ultrasónica. El análisis de la influencia del espesor de la placa y de la secuencia de apilamiento se ha realizado de acuerdo con el "Composite Structure Impact Performance Assessment Program" propuesto por Feraboli y Kedward, usando la fuerza máxima y la energía absorbida.

Palabras clave: Impactos de baja velocidad, Laminado CFRP tejido, Espesor de laminado, Secuencia de apilamiento

Thermoplastic composite penetration in the aerospace structures

F.Rodríguez-Lence, E.Lorenzo, K.Fernández, S.Romero, M.Zuazo

FIDAMC. Departamento de Materiales y Procesos
Av. Rita Levi Montalcini, 29, 28906, Getafe, España
fernando.rodriguez@fidamc.es

RESUMEN

FIDAMC (*Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos*), has been investigating different technologies, under the frame of several research projects funded by Clean Sky initiatives and Spanish governmental entities, in order to demonstrate that thermoplastic can be directly manufactured via automation without autoclave consolidation and the full integration of the structure by co-consolidation method fusing together the skin and stringers in only one melting step.

Our Center is currently involved in an interesting project with a complete manufacturing solution of a thermoplastic wing skin using Automatic Fiber Placement (AFP) with assisted laser system as heating source techniques. This new Out-of-Autoclave procedure will be validated with ground/flying tests in 2020.

This paper provides an overview of several research projects aimed to develop the automated lamination and in-situ co-consolidation technology and includes a review of automated methods to lay up PEEK prepreg from the first AFP head, in cooperation with the Spanish supplier MTORRES and installed six years ago in FIDAMC, the evolution of this machine and the up-to-the minute configuration of new Multi-tows head to produce the feasibility demonstrator panel with co-consolidated "T" shaped stringers and scale up the methods to the final stiffened wing panel to incorporate in Clean Sky 2 as Flight test Bed developed by Airbus.

Palabras clave: Thermoplastic, In situ Consolidation, Aeronautic structure, AFP.



Caracterización y validación mecánica de biocomposites para la construcción de pequeñas embarcaciones. Análisis del ciclo de vida.

A. Lopez-Arraiza^a, F. R. Valencia^a, G. Castillo López^b, A. Bermúdez^b, C. Montoya^c, J.L. Ramón^c

^a Escuela de Ingeniería de Bilbao (sección de Náutica y Máquinas Navales), Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Portugalete, 48920, España

^b Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Málaga, Málaga, 29071, España

^c Facultad de Ingeniería. Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

RESUMEN

Actualmente, la mayoría de las embarcaciones de pequeña eslora se fabrican mediante laminación manual de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio. Los principales inconvenientes de la utilización de estos materiales compuestos son: la dependencia de los hidrocarburos para la síntesis de las resinas, el elevado coste energético para la obtención de la fibra de vidrio y la emisión de compuestos volátiles nocivos en el proceso de fabricación.

En el presente trabajo, se analizan las ventajas de utilizar laminados de resina de origen renovable reforzada con fibra natural de lino. Para ello, se preparan probetas normalizadas y se someten a ensayos mecánicos de tracción y flexión. A partir de las propiedades obtenidas, se diseña una embarcación de eslora menor de 24 metros siguiendo las indicaciones de la norma internacional ISO 12215-5. Los resultados indican que pese a necesitar mayores espesores de laminado, el peso final de la embarcación se reduce un 12% utilizando biocomposites. El análisis por Elementos Finitos (FEM) subraya la posibilidad de optimizar estructuralmente el diseño de la embarcación.

Finalmente, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) pone de manifiesto una mejora medioambiental de la embarcación fabricada con biocomposite frente a la fibra de vidrio. Sin embargo, dicha mejora está limitada por la transformación de suelos y la elevada huella hídrica de la fibra de lino en su proceso productivo.

Palabras clave: Biocomposite, Elementos Finitos, Análisis del Ciclo de Vida.



Diseño y Fabricación de una pala de aerogenerador mediante material compuesto biodegradable

A. Pozo^a, A. Fernández-López, A. Güemes

^aDepartamento de Materiales Compuestos, Center of Composite Materials and Smart Structure (CCMSS), Universidad Politécnica de Madrid,
Plaza Cardenal Cisneros 3, 28040 Madrid, Spain,
ar.pozo@aero.upm.es,
www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites

RESUMEN

El desarrollo de una industria respetable con el medioambiente, tecnología sostenible y procesos optimizados con un menor impacto es una preocupación permanente en la sociedad actual; sin embargo su desarrollo es todavía un reto difícil de conseguir.

Los materiales estructurales biodegradables pueden contribuir a reducir las emisiones de CO₂, la huella de carbón e incrementar el concepto de reciclado en aplicaciones estructurales. En términos de rendimientos, los materiales compuestos de fibras naturales pueden llegar a ser una alternativa viable para reducir el uso de los materiales compuesto de fibra de vidrio E-epoxi, materiales de madera reforzados y aleaciones de aluminio, debido principalmente a su buena relación entre las propiedades mecánicas, densidad y coste. Sin embargo, las aplicaciones ingenieriles estructurales son todavía muy limitadas principalmente debido a la falta de un proceso de fabricación robusto.

Para conseguir desarrollar un proceso de fabricación robusto, se ha desarrollado una innovadora metodología de extracción de la fibra basada en la morfología de dos especies de bambú, junto con la optimización de los parámetros relacionados con la fundición del termoplástico biodegradable seleccionado PLA. El objetivo final es desarrollar un material completamente biodegradable con buenas prestaciones mecánicas. Además, con el fin de definir las futuras aplicaciones, las propiedades mecánicas han sido ampliamente estudiada junto con el comportamiento en determinadas condiciones de envejecimiento.

Palabras clave: Biocompuesto.



Desarrollo de software para el cálculo de recipientes a presión optimizados según código ASME X

A. Corz^a, J. Franco^a, A. Peña^b

^a Grupo de Materiales Compuestos TEP-157, Avd. Ramón Pujol s/n, Algeciras 11205, España
^b Calpe Institute of Technology, C/Severo Ochoa 4, Málaga 29590, España

RESUMEN

La metodología de cálculo de recipientes construidos mediante materiales compuestos destinados a la industria, está recogida en la Sección X del Código ASME. Este tipo de recipientes son más comunes en la ingeniería aeroespacial, o en la industria de gases sanitarios, pero últimamente se están introduciendo en el sector de automoción, naval, energético y petrolquímico. Se plantea como objetivo el desarrollar un software de cálculo de recipientes a presión bajo el código ASME sec. X.

Técnicamente se quiere obtener una aplicación informática que ayude y acelere en el proceso de diseño de recipientes a presión según el código ASME Sec. X. Con ella, a partir de los datos de entrada (diámetros, longitudes, presiones de diseño, temperaturas de diseño, etc...) se podrán obtener las dimensiones y laminados finales de un recipiente para que no se superen los criterios de fallo para el tipo de material compuesto en cuestión.

Palabras clave: Recipientes a presión, ASME, Software, Optimización.



Caracterización del proceso CRTM aplicado al refuerzo de una puerta

U.Argarate^a, E. Arregi^a, G. J.Acosta^a, M.Baskaran^b, J. Aurrekoetxea^b, L. Aretxabaleta^b

^a Fagor Arrasate-Koniker, 20500, Arrasate, BasqueCountry

^b Mondragon Goi Eskola Politeknikoa, 20500, Arrasate, Basque Country

RESUMEN

La industria automovilística ya se beneficia en cierta medida de los composites desde hace varias décadas, sobre todo para aplicaciones estructurales no primarias. Tecnologías como GMT, LFT o SMC se utilizan para fabricar componentes del interior, piezas funcionales o piezas de carrocería, con estándares de productividad y precios muy competitivos. Pero a pesar de estas aplicaciones exitosas, su expansión a piezas más estructurales no es posible por las limitadas propiedades de los materiales y en gran medida porque los procesos e instalaciones de fabricación actuales no están preparados para la fabricación en masa.

Cuando se pretende fabricar piezas con elevados contenidos en fibra y/o piezas de grandes dimensiones, el incremento del contenido en fibra disminuye la permeabilidad de la preforma, necesitando mayores tiempos de llenado, y generando problemas de impregnación y elevados contenidos en poros. A fin de resolver estos inconvenientes asociados al RTM convencional se han explorado diferentes alternativas: aumentar la presión de inyección, inyectar por múltiples entradas o reducir la viscosidad de la resina entre otras. Una de las más prometedoras es la combinación del RTM con la compresión, denominada CRTM (Compression RTM). A diferencia del RTM convencional, el molde se mantiene parcialmente abierto en la fase de inyección, generando un espacio no ocupado por las fibras que ejerce de camino preferente de flujo para la resina sin necesidad de penetrar en la preforma.

El objetivo del proyecto ha sido caracterizar del proceso CRTM y aplicar este conocimiento en la fabricación de un refuerzo lateral de puerta.

Palabras clave: Advanced RTM, CFRP.



Propiedades eléctricas en resinas de poliéster: comparativa del uso de nanotubos de carbono (CNT) y negro de carbono (CB).

A. Crespo, B. Monje, R. Llorens, S. Viamonte, N. Lardiés.

AIMPLAS, Calle Gustave Eiffel, 4. 46980 Paterna. Valencia, ESPAÑA

RESUMEN

Este trabajo presenta una comparativa en la obtención de resinas de poliéster con propiedades de conductividad eléctrica mediante el dopaje de las mismas con dos tipos de carga carbonosas: nanotubos de carbono (CNT) y negro de carbono (CB). Estas resinas se utilizan en la obtención de un gel coat en polvo con propiedades de conductividad eléctrica. Este tipo de recubrimiento permite reducir los tiempos de ciclo en la fabricación de composites disminuyendo sensiblemente el tiempo de curado del gel coat y eliminando operaciones secundarias para la aplicación de la capa final de recubrimiento de la pieza.

A lo largo del documento se detallan los valores de conductividad eléctrica y los umbrales de percolación obtenidos en la fase de simulación. Los resultados obtenidos en la simulación son validados a nivel de planta piloto teniendo en cuenta la influencia del porcentaje de carga en el procesado de la resina. Finalmente, se establece una comparativa entre los resultados obtenidos con las distintas cargas de CNT y CB.

Los resultados de la simulación nos demuestran que el valor del umbral de percolación es mucho menor en el caso de la utilización de CNT (alrededor del 3% en el caso de CNT frente a un 35% en el caso de CB). Los resultados experimentales nos muestran la fuerte dependencia de las propiedades eléctricas con el proceso de producción obteniendo variaciones de hasta dos órdenes de magnitud en los resultados experimentales empleando el mismo porcentaje de CNT pero distinto tipo de resina de poliéster.

Palabras clave: Nanotubos de carbono, Negro de carbono, Grafito, Resistividad eléctrica, Resina de poliéster.



Uso de materiales compuestos en sellos aerodinámicos

G. Morales, M. E. Puig^a

^a Engineering Dept, ALESTIS AEROSPACE, La Rinconada, 41309, Seville, Spain

RESUMEN

Este trabajo describe la utilización de materiales compuestos en la fabricación de sellos aerodinámicos. Concretamente se revisa el diseño de los sellos entre el ala y la carena ventral, realizados por ALESTIS AEROSPACE, para el avión A350 XWB. En el proceso se han realizado simulaciones FEM y ensayos para obtener los niveles de rigidez requeridos por las especificaciones aerodinámicas.

Estos ensayos se hacen para encontrar el equilibrio adecuado entre rigidez y adaptabilidad de los sellos a la geometría del ala, y el cumplimiento de las condiciones de contorno impuestas por la diferencia de presión entre el interior de la carena ventral y el exterior (presión estática y dinámica).

Debido a la variación de las condiciones de contorno del sello, tanto en niveles de presión como en desplazamientos a absorber, además de los requerimientos de vida, los materiales utilizados proporcionan diferentes grados de rigidez:

- Matriz: silicona
- Refuerzos:
 - Tejido de poliéster
 - Tejido de fibra de vidrio
 - Material compuesto de vidrio
 - Matriz: resina de poliéster
 - Refuerzo: tejido de vidrio
- Acabado: tejido de poliéster con tratamiento de baja fricción

El uso de las combinaciones adecuadas de materiales permite obtener sellos más ligeros y eficientes.

Palabras clave: Sello aerodinámico, Refuerzo.

Diseño y desarrollo de un innovador sistema estructural basado en materiales compuestos para la construcción de faros marítimos de menor mantenimiento (FAROCOMP)

S. Hernández^a, N. Uranga^{a,*}, E. Martínez^a, M. Sánchez^a, J. Sacristan^a, P. Sánchez^a, J.D. Jiménez^a,
A. Gómez San Martín

^a Grupo de Polímeros y Materiales Compuestos, Centro Tecnológico, Acciona Construcción S.A., Alcobendas, España.

RESUMEN

El objetivo general del proyecto consistió en desarrollar una estructura basada íntegramente en materiales compuestos de matriz polimérica destinada a su utilización como faro marítimo. Dicho proyecto fue desarrollado como parte de las obras correspondientes a la ampliación Norte del Puerto de Valencia promovidas por la Autoridad Portuaria de dicha comunidad. Los trabajos realizados abordaron tanto la definición y ejecución de la estrategia de diseño y cálculo estructural como el desarrollo y caracterización de los materiales y de los distintos procesos de fabricación empleados, así como la estrategia de montaje e instalación de la estructura en su ubicación final. A lo largo del proyecto se mantuvo una relación óptima coste/rendimiento cumpliendo con los requerimientos específicos de la estructura y la normativa vigente aplicable.

Palabras clave: Faro, Materiales compuestos, Construcción, Pultrusión, Durabilidad.

Análisis experimental de impactos de alta velocidad de fragmentos de material compuesto carbono/epoxi

A. Mata-Díaz, J. López-Puente, D. Varas, J. Pernas-Sánchez, J.A. Artero-Guerrero

Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid, Avenida de la Universidad 30, 28911 Leganés, España

RESUMEN

La industria aeronáutica persigue de forma continua la optimización de componentes estructurales con el objetivo de reducir su peso y conseguir un transporte más sostenible. Actualmente se está trabajando en el desarrollo de aeronaves que probablemente incorporen motores de rotor abierto, ya que estos presentan un consumo sensiblemente menor que los actuales. Estos motores poseen una serie de palas contrarrotatorias realizadas empleando material compuesto, las cuales podrían desprenderse e impactar contra el fuselaje de la aeronave. Los impactos sobre una estructura aeronáutica pueden ser provocados por cuerpos cuasi-indeformables (fragmentos metálicos), o altamente deformables (granizo, pájaro). Aparte de éstos, que ya han sido estudiados con cierta profundidad, existe otro tipo de impactos, prácticamente inexplorados pero que suponen una problemática actual, que son los de fragmentos de laminados de carbono/epoxi.

En este trabajo se han realizado ensayos de impacto de alta velocidad de fragmentos de carbono/epoxi en un rango de velocidades desde los 80 hasta 190 m/s. Estos ensayos se han monitorizado empleando cámaras de alta velocidad lo cual ha permitido, por medio de un software específico de tracking, calcular su aceleración y por lo tanto la fuerza ejercida. Así mismo se ha cuantificado la erosión que sufren los mismos durante el impacto. Con el fin de estudiar el proceso de rotura, se ha propuesto un modelo analítico sencillo para poder evaluar la influencia de los diferentes mecanismos de absorción de energía durante el impacto y de esta manera poder predecir la erosión que sufre el fragmento durante el impacto.

Palabras clave: Material compuesto, Alta-velocidad, Fragmento, Impacto, Modelo analítico.



PLATFORM: Estudio de la integración de nuevos nanomateriales en procesos actuales de fabricación con preimpregnados en aeronáutica

L. Sánchez^a, B. López^a, I. Gaztelumendi^b, S. Flórez^b, M. Chapartegui^b, P.Latko^c, A.Vavouliotis^d

^a Departamento de Ingeniería de Materiales Avanzados, FIDAMC, Getafe-Madrid 28906, España

^b Departamento de Industrial y transporte, Tecnalia, San Sebastián E-20009, España

^c Fundacja Partnerstwa Technologicznego - Technology Partners, Warszawa 00-001, Polonia

^d Adamant Composites, Platani-Patras GR-26504, Grecia

RESUMEN

PLATFORM surge de la necesidad de mejorar las propiedades no intrínsecas de los materiales compuestos, principalmente mejora de propiedades mecánicas y eléctricas. El objetivo principal del proyecto es analizar la posibilidad de introducir los tres nuevos materiales en desarrollo en los procesos de fabricación actuales para mejorar las propiedades del material base, en este caso fibra de carbono unidireccional preimpregnada con resina epoxi.

Los tres materiales en desarrollo son elaborados con nanotubos de carbono en diferentes formatos: buckypapers, velos termoplásticos dopados y preimpregnado dopado.

Se ha estudiado la implementación de cada uno de estos materiales en los procesos de fabricación actuales con materiales preimpregnados y curados en autoclave. Se han considerado las 3 posibles opciones de incorporación: Buckypapers introducidos en material preimpregnado curado en autoclave, Velos dopados implantados en material impregnado curado en autoclave y fabricación con material preimpregnado dopado curado en autoclave.

Los resultados que se han obtenido hasta el segundo años de proyecto son satisfactorios, aunque es necesario automatizar la fabricación y mejorar las propiedades finales.

Palabras clave: Nanomateriales, Conductividad eléctrica, Propiedades mecánicas, Procesos de fabricación, Aeronáutica, Preimpregnados.



Passive damped deployment of full composite structures

J. Nieto⁽¹⁾, E. Marqués⁽¹⁾, Á. Pipó⁽²⁾, G. Rodrigues⁽³⁾, V. Gómez-Molinero⁽⁴⁾, J. Fayos⁽¹⁾

⁽¹⁾ Comet Ingeniería. C/ Convento Carmelitas, 2-2, 46010, Valencia, Spain

⁽²⁾ Prosix Engineering. Avda. de Carlos I, 2-6, 20011, San Sebastián, Spain

⁽³⁾ European Space Agency, ESTEC. Keplerlaan 1, PB 299, NL-2200 AG Noordwijk, The Netherlands

⁽⁴⁾ Airbus Defence and Space, EADS CASA Espacio. Avda. de Aragón 404, 28022, Madrid, Spain

RESUMEN

A new material, currently used in non-spatial applications, with interesting properties has been identified: a flexible epoxy resin with lower stiffness and higher damping than the space used resins and that is miscible with these ones. Such a mixed material could be used in CFRP components which properties (stiffness and damping) could be customised.

One possible application has been selected for this study: the deployment of full CFRP structures composed of thin-walled composite deployable booms with tape-spring hinges on them. These kind of passive springs have been shown to be very powerful, but they have also shown a hard dynamic behaviour that can produce damages to the deployed items or their hosting structure. The partial use of flexible epoxy resins in the CFRP hinges can introduce an efficient damping in the deployment and relief of this dynamic effect.

The objective of this activity is to verify the feasibility of the use of a mixture of rigid and flexible epoxy resins for obtaining better dynamic performances of CFRP tape springs. The desired performances consist of increasing the damping while maintaining the deployment capacity.

Four carbon fibre reinforced resin mixtures have been considered in this study. Their Young's moduli have been measured by means of both axial tensile tests and four-point bending tests. For measuring the damping, the amplitude logarithmic decrement method has been used and an equivalent Rayleigh stiffness-proportional damping model coefficient has been obtained.

Finite element analyses of these thin-walled composite deployable booms with tape-spring hinges were made considering these materials, and the deployment driving torque and the energy loss by damping were recovered for each one and compared.

The results of this study are very promising. They show that it is possible to customise the properties of some components by finding the adequate mixture of resins. However, additional studies are necessary to assess good performances in space environment. The validation of this material can open the door to new space applications where the proper combination of stiffness and damping is crucial.



ZAero- Cero Defectos en la fabricación de piezas de material compuesto en la industria aeroespacial

A.R.Rodriguez, J.Cuenca, R. Ruiz, A.Calero

Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos (FIDAMC), Getafe

RESUMEN

Durante el proceso de fabricación de una pieza de fibra de carbono en la industria aeronáutica, se producen defectos. Estos defectos se identifican a través de inspecciones realizadas en etapas intermedias y al final del proceso de fabricación. Debido a estos defectos se producen retrabajos e incluso inutilidades.

Este Proyecto tiene como objetivo el control en línea de los defectos que se irán produciendo a lo largo de la fabricación de un panel rigidizado de superficie sustentadora. El sistema de control ZAero consta de unos sensores integrados en la máquina de laminación y unos sensores usados durante la etapa de infusión y curado de resina. A través de estos sensores se detectarán los defectos que estén fuera del rango de aceptación y se producirá una respuesta. Esta respuesta podrá ser un retrabajo como en el caso de los defectos producidos en la etapa de laminación o una variación de parámetros producidos en la etapa de infusión y curado de resina debido a la monitorización del proceso.

Se realizará la fabricación de tres demostradores, aumentando en cada demostrador el grado de complejidad. El sistema de control a través de sensores irá realizando un control de calidad y cuando se produzca un defecto que se encuentre fuera del rango de aceptación se producirá una respuesta.

Palabras clave: Control de calidad en línea, Analisis de defectología, Sensorización, Deposición de fibra seca.



Study of alternative materials for Portland cement replacement in civil construction

M.J.B.Moraes^a, J.C.B. Moraes^a, M.M. Tashima^a, J.L.Akasaki^a

^a Department of Civil Engineer, Unesp, Brazil Avenue 56, 15385-000 Ilha Solteira, Brazil.

RESUMEN

The proposal of this work is to study materials, which initially were classified as disposable, in building construction as new alternative materials. In this way, this research studied the partial replacement of Portland cement in mortars by the following pozzolans: sugar cane bagasse ash (SCBA), rice husk ash (RHA), metakaolin (MK) and silica fume (SA). These composites were compared with a control mixture, which no Portland cement replacement, in the following tests: compressive strength, consistency, water capillarity and water immersion. The replacements percentages carried out were 5, 10, 15, 20, 25 and 30% for SCBA, RHA and metakaolin, and 5, 10 and 15% for silica fume by weight. The compressive strength test was performed at curing times of 3, 7, 28 and 90 days, whereas water capillarity and water immersion were carried out at 28 days. In the early ages, few mixtures showed resistance above the reference, but with 90 days, six mixtures passed the control. All mixtures with pozzolans presented less water absorption by immersion and capillarity. Sustainably, the use of SCBA, RHA, MK and SA is viable.

Palabras clave: Civil construction, Sustainable Materials, Pozzolan.



Estrategia de la fabricación de velos por electrospinning para la mejora de las propiedades en composites poliméricos reforzados con fibra

A. Pérez-Márquez^a, J. Maudes^a, Isabel Harismendy^a, G. Gayoso^a, G. Imbuluzqueta^a, N. Murillo^a, K. Gondra^b, S. Neira^b, S. Allue^b, M. Blanco^c, C. Monteserín^c, J. L. Vilas^d

^a TECNALIA, Parque Tecnológico de Miramon, Mikeletegi 2, Donostia-San Sebastián 20009, España.

^b GAIKER-IK4, Parque Tecnológico, Edificio 202, 48170 Zamudio, España

^c TEKNIKER-IK4, Iñaki Goenaga 5, Polo Tecnológico, Eibar, España

^d Dpto. de Química Física, Lab. de Química Macromolecular. UPV/EHU, Leioa, España

RESUMEN

En las últimas décadas los composites poliméricos reforzados con fibra, FRPC, han experimentado un desarrollo espectacular en aplicaciones donde se requieren elevadas prestaciones de resistencia y tenacidad con un peso mínimo. Sin embargo, debido a su estructura laminar y a la fragilidad de sus resinas, muestran una gran tendencia a la fractura como modo de fallo. Actualmente, se están estudiando tecnologías para mejorar su comportamiento a la fractura, dopado o modificación de resinas y tratamientos de los materiales de refuerzo. Pero, la tendencia con mayor potencial actualmente es el uso de velos interlaminares dispuestos como interfase entre la matriz y la fibra, que han demostrado importantes mejoras en las propiedades mecánicas finales del material compuesto. Esto es debido a fenómenos de adhesión entre la matriz polimérica y la fibra de refuerzo.

Los estudios iniciales se realizaron con velos interlaminares no desarrollados específicamente para este uso; en la actualidad se están desarrollando velos a media para su uso en composites laminares. La tecnología de electrospinning está tomando en este campo un posicionamiento de relevancia, debido a su gran capacidad de producción y su bajo coste, que junto con unas propiedades inigualables de superficie específica, hacen de ella un buen candidato para fabricar velos interlaminares para la mejora a la fractura de composites laminados.

Este trabajo muestra la fabricación de velos electrohilados de poliamidas PA6 para su integración en el material compuesto variando el número de velos para analizar la influencia de los mismos en el esfuerzo de flexión de los composites.

Palabras clave: Electrospinning, Velos, Propiedades Mecánicas, Composite.



Efecto de la adición de velos en la fabricabilidad y propiedades mecánicas de composites carbono/epoxi

J. Gayoso^a, I. Harismendy^a, J. Maudes^a, A. Pérez-Márquez^a, N. Murillo^a

^a Unidad aeroespacial, División Industria y Transporte, Tecnalia Research & Innovation, San Sebastián, 20009, España

RESUMEN

La tenacidad a la fractura es una propiedad crítica en los materiales compuestos, especialmente en aquellos fabricados por procesos de moldeo por vía líquida, dada la naturaleza frágil de las resinas habitualmente empleadas.

La adición de velos termoplásticos en este tipo de materiales puede mejorar la tenacidad del composite final afectando ligeramente al resto de propiedades mecánicas. Por otra parte, el uso de estos materiales puede influir en el proceso de fabricación.

En el presente estudio se han evaluado diferentes soluciones de velos en términos de fabricabilidad, microestructura y propiedades mecánicas del composite.

Los resultados obtenidos indican que es factible mejorar la tenacidad a la fractura con este tipo de soluciones sin afectar significativamente a la fabricabilidad del composite.

Palabras clave: Tenacidad a la fractura, Moldeo por vía líquida, Velos termoplásticos.

Obtaining electrospun mats from waterborne polyurethanes containing cellulose nanocrystals

A. Santamaria-Echart^a, A. Arbelaz^a, L. Irusta^b, A. Gonzalez^b, J. Vadillo^a, M.A. Corcuera^a, A. Eceiza^a

^a 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), Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián, España

^b POLYMAT, Departamento de Ciencia y Tecnología de Polímeros, Facultad de Química, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Pº Manuel Lardizabal 3, 2018 Donostia-San Sebastián, España

RESUMEN

Cellulose nanocrystals (CNC) have attracted great interest as nanoreinforcement due to their excellent mechanical properties. Furthermore, their dispersibility in water makes them suitable for their incorporation in many aqueous systems such as waterborne polyurethanes (WBPU). WBPUs have gained attention due to their versatility and ability to adjust their properties to a wide range of applications, in addition to their non-toxicity, non-flammability and environmental sustainability.

Therefore, in this work a waterborne polyurethane has been synthesized for the preparation of nanocomposites with different contents of cellulose nanocrystals, incorporated by different routes, the classical mixing by sonication once the waterborne polyurethane has been synthesized, and the alternative in-situ by adding the CNCs in water during the WBPU synthesis, just in the phase inversion step.

The obtained dispersions have been used in the preparation of films by casting and mats by electrospinning.

The films and mats have been characterized from the point of view of their physical-chemical, morphological and superficial properties.

Keywords: Waterborne polyurethane, Cellulose nanocrystals, Nanocomposites, Electrospinning.

Materiales Compuestos Jerárquicos

J. M. Vázquez-Moreno^a, E. Sanz-Horcajo^a, J. Viña^b, R. Verdejo^a, M.A. López Manchado^a

^aInstituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, ICTP-CSIC, C/ Juan de la Cierva, 3 28006-Madrid

^bUniv Oviedo, Departamnto de Ciencia de los materiales e Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Gijón 33203-Asturias

RESUMEN

Los materiales compuestos poliméricos reforzados con fibra continua (FRP) se utilizan extensamente como elementos estructurales en una gran variedad de sectores, como el civil, transporte, energía, o marina, entre otros, gracias a sus excelentes propiedades mecánicas y bajo peso. Sin embargo, su relativa debilidad a la compresión y propiedades interlaminares limita su campo de aplicación. Por ello, ha surgido un creciente interés en el desarrollo de materiales compuestos jerárquicos o multiescalares, en los que un refuerzo con dimensiones nanométricas se introduce en los FRP convencionales.

La mayoría de los trabajos se han centrado en el uso de los nanotubos de carbono (CNTs) debido a sus extraordinarias propiedades intrínsecas. Además de sus buenas propiedades mecánicas, los CNTs poseen excelentes propiedades eléctricas y térmicas, lo que les convierte en un material atractivo como refuerzo de matrices poliméricas. Los CNTs proporcionan refuerzo intralaminar e interlaminar, mejorando así, la resistencia a la delaminación y las propiedades en dirección al espesor, sin por ello, comprometer las propiedades en la dirección al plano.

En los últimos años, ha surgido un gran interés en el uso del grafeno como refuerzo de nanocompuestos poliméricos. Con respecto a los CNTs, el grafeno presenta ventajas como un menor coste, mayor área superficial y mayor facilidad de procesado. El grafeno se dispersa más fácilmente en la resina y provoca un menor aumento de la viscosidad, lo cual facilita la impregnación de las fibras.

En este trabajo, se analiza la fabricación y caracterización de materiales compuestos jerárquicos de resina epoxi y fibra de carbono continua reforzado con grafeno como fase nanométrica, mediante el proceso de infusión de resina asistida por vacío.

Palabras clave: Jerárquico, grafeno, infusión, fibra carbono.

Desarrollo de espumas rígidas de poliuretano de baja densidad conteniendo microcápsulas termorreguladoras

A. Serrano^a, M. Carmona^a, J. F. Rodríguez^a, A. M. Borreguero^a, I. Garrido^b, J. Catalá^a, M. Rodríguez^a.

^a Departamento de Ingeniería Química, Instituto de Tecnología Química y Medioambiental, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 13004, España.

^b Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Arquitectura, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, 45071, España.

RESUMEN

Durante los últimos años se han llevado a cabo varios estudios incorporando PCMs en materiales de construcción. La combinación de las propiedades de almacenamiento y aislamiento térmico que presentan las espumas rígidas de poliuretano conteniendo PCMs permiten reducir las pérdidas durante el calentamiento y enfriamiento al mismo tiempo que almacenan energía, haciendo de estos composites un elemento ideal para el incremento de la eficiencia energética de edificios.

Para combinar de una manera óptima ambas propiedades, en este trabajo se ha estudiado la síntesis de espumas de poliuretano rígidas (RPU) conteniendo hasta un 30% en peso de microcápsulas termorreguladoras a presión atmosférica y de vacío (800 y 700 mbar). Las microcápsulas empleadas han sido obtenidas en una planta piloto de spray-drying situada en el Instituto de Tecnología Química y Medioambiental (UCLM). Las espumas obtenidas han sido caracterizadas física (densidad), térmica (capacidad de almacenamiento térmico y conductividad térmica) y mecánicamente (módulo de elasticidad a la compresión).

Como resultado de esta investigación se ha obtenido una espuma RPU sintetizada a 800 mbar y conteniendo un 30% en peso de microcápsulas, con un calor latente de 21,3 J/g y una capacidad de almacenamiento térmico de 1,43 kWh/m³ que además, conserva la capacidad aislante del poliuretano. Esta espuma, presenta una buena resistencia a la compresión con una densidad que cumple la normativa española para la aplicación de espumas RPU en edificios.

Palabras clave: Espuma rígida poliuretano, Material de cambio de fase, Captación pasiva de energía, PCM.

Paneles GFRP modificados con capas viscoelásticas para mejorar la respuesta frente a impactos de baja velocidad

P. Townsend, J.C. Suárez, A. Alcañiz, E. Sanz, P. Pinilla

Departamento de Ciencia de Materiales, Centro de Investigación en Materiales Estructurales (CIME),
Universidad Politécnica de Madrid.
ETSI Navales, Avda. Arco de la Victoria 4, 28040 Madrid, España.

RESUMEN

Las embarcaciones de alta velocidad construidas con laminados de matriz polimérica y refuerzos de fibra de vidrio (GFRP) sufren daños estructurales debidos al fenómeno del slamming durante la navegación, debidos al impacto del casco de la embarcación sobre la superficie libre del agua. Es necesario cuantificar el daño causado por estos impactos repetidos de baja velocidad y su progresión a lo largo de la vida en servicio. Se presentan los ensayos de impacto cíclico, junto con la metodología seguida para evaluar el daño mediante técnicas de análisis destructivo y no destructivo. Se propone, asimismo, la inserción de una capa adicional de un material híbrido, formada por elastómero encapsulado en un celdas de polímero más rígido. La diferente rigidez de estos materiales, unidas al efecto de confinamiento del material más deformable dentro de celdas fabricadas con el material más rígido, contribuyen notablemente a mejorar las prestaciones del material y disipar el mayor porcentaje posible de la energía recibida en el impacto, minimizando el daño generado en el material debido a los picos de presión de slamming. Utilizando probetas de GFRP fabricadas con material preimpregnado con curado fuera del autoclave (OoA) y mediante el desarrollo de un dispositivo de ensayo que reproduce los impactos cíclicos característicos del slamming, es posible comparar el material modificado con la introducción de las capas viscoelásticas con la respuesta en las mismas condiciones de los laminados sin modificar. Adicionalmente, se han ensayado los paneles mediante impactos por caída de peso a distintas energías, lo cuales permiten determinar el umbral de daño del material en función de la energía absorbida y establecer una comparación con los paneles de GFRP modificados.

Palabras clave: Slamming, Daño, Viscoelástico, Preimpregnado OoA, GFRP.

Diseño y fabricación de un material híbrido granular con alta capacidad de disipación de energía

I. Muriel^a, J.C. Suárez^a, C. Santos^b, C. Alía^a, P. Pinilla^a

^aDepartamento de Ciencia de Materiales, Centro de Investigación en Materiales Estructurales (CIME),
Universidad Politécnica de Madrid. ETSI Navales, Avda. Arco de la Victoria 4, 28040 Madrid, España.
^bRepsol Technology Center. Paseo de Extremadura, Km 18, 28935 Móstoles, Madrid, España.

RESUMEN

En la industria actual existe cada vez un interés mayor en obtener materiales más ligeros, más tenaces y resistentes a los impactos. Buscando inspiración en la propia naturaleza, es posible encontrar numerosos ejemplos de materiales con propiedades en gradiente que sirven como base para el desarrollo de nuevos materiales híbridos. Por otro lado, estudios sobre materiales granulares muestran la posibilidad de confinar la energía de un impacto dentro del propio material, permitiendo descomponer el impulso inicial en una serie de impulsos más débiles, disipar la energía mediante mecanismos diversos y liberar la energía no disipada de forma paulatina. En este artículo se recogen los resultados de un estudio preliminar del proceso de diseño y fabricación de un material híbrido granular (matriz polimérica de ABS y refuerzo del 0,25% de nanoláminas de carbono) inicialmente en forma de filamento, que después se empleará para la fabricación de capas viscoelásticas. Estas capas serán fabricadas mediante técnicas de impresión 3D y serán introducidas en el interior de un material estructural para mejorar su comportamiento frente a choques e impactos y aumentar su capacidad de disipación de energía, objetivo último de esta investigación. En el estudio se muestran ensayos no destructivos para la caracterización morfológica del nanorefuerzo (análisis SEM) y para la comprobación de la homogeneidad del refuerzo en el filamento de material híbrido (análisis Micro-CT), así mismo se emplea el método matemático de los diagramas de Voronoï para complementar los resultados. Mediante la realización de ensayos mecánicos se comprueba la mejora de las propiedades mecánicas del material híbrido granular.

Palabras clave: Material híbrido, Medio granular, Estructura jerárquica, Nanoláminas de carbono, Técnicas de impresión 3D.

Análisis de ensayos de ILSS de probetas de material compuesto reforzadas con fibra continua producidas mediante impresión 3D

F. García Móstoles^a, M.R. Martínez Miranda^a, B. López Romano^a, E. Guinaldo Fernández^b, A. Torres Salas^c, A. Jara Rodelgo^c

^a Departamento de Materiales Avanzados, FIDAMC, Getafe 28906, España

^b Departamento de Investigación y Tecnología, Airbus Operations S.L., Getafe 28906, España

^c ProtoSpace, Airbus Operations S.L., Getafe 28906, España

RESUMEN

Las tecnologías de impresión 3D son una de las principales tendencias actuales en fabricación y prototipado de elementos estructurales, con desarrollos recientes enfocados en la producción de piezas de material compuesto de matriz polimérica. El objetivo de este estudio es analizar los resultados de ensayos de cortadura interlaminar realizados sobre probetas monolíticas de material compuesto de matriz termoplástica reforzada con fibra continua.

Las probetas de ensayo han sido fabricadas con una impresora 3D MarkOne utilizando diferentes filamentos reforzados con fibra de vidrio, fibra de aramida y fibra de carbono que posteriormente fueron cortadas y ensayadas de acuerdo a la norma EN2563.

En el caso de los especímenes de fibra de carbono se han obtenido resultados del ensayo de ILSS, que servirán para realizar análisis comparativos. Sin embargo, para los especímenes reforzados con fibra de vidrio no se han obtenido resultados válidos, experimentando deformación plástica durante el ensayo. Los especímenes reforzados con fibra de aramida no pudieron ser ensayados ya que sufrieron un reblandecimiento debido al calor generado durante el proceso de corte.

Estas actividades están incluidas dentro del proyecto FACTORIA, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del Centro Tecnológico Industrial (CDTI) en el marco del Programa Estratégico CIEN 2016.

Palabras clave: Cortadura interlaminar, Impresión 3D, Fabricación aditiva.

Espumas metal/copos de grafito para aplicaciones de control térmico

L.P. Maiorano^a, J.M. Molina^{a,b}

^a Instituto Universitario de Materiales de Alicante, Universidad de Alicante, Ap. 99, E-03080 Alicante, España

^b Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Alicante, Alicante, Ap 99, E-03080, España

RESUMEN

Los materiales que combinan un determinado grado de porosidad con elevada conductividad térmica son interesantes para algunas aplicaciones actuales de control térmico. En este trabajo se presenta el desarrollo de una nueva familia de materiales compuestos porosos multifásicos. Estos materiales están inspirados en el reciente desarrollo de una clase de materiales compuestos que presentan alta conductividad térmica y que combinan copos de grafito y partículas cerámicas en una matriz metálica. Sustituir las partículas cerámicas por partículas de sal común (NaCl) permite obtener una estructura de poros interconectados una vez que se elimina la sal por disolución en agua. De esta forma se han fabricado materiales espumados por medio de la infiltración mediante presión de gas de aluminio en preformas formadas por compactación de copos de grafito y partículas de NaCl. La conductividad térmica de estos materiales se ha medido y los resultados se discuten en base a cálculos realizados mediante dos modelos analíticos basados en las siguientes estructuras ideales: i) capas alternadas de copos de grafito semi-infinitos y espuma metálica; y ii) espumas metálicas con copos de grafito orientados.

Palabras clave: Espumas metálicas, Copos de grafito, Disipador de calor, Conductividad térmica, Coeficiente de transferencia de calor, Potencia disipada.

Evaluación del tamaño de cristalito y la micro-deformación durante el proceso de molienda mecánica del material compuesto AA6005A+ 10% nano-TiC

I. Feijó^a, M. Cabeza^a, P. Merino^a, G. Pena^a, M.C. Pérez^a, S. Cruz^b, P. Rey^b

^a Departamento de Ingeniería de los Materiales, Mecánica Aplicada y Construcción, Grupo de investigación ENCOMAT, Universidad de Vigo, Vigo, 36310, España.

^b AIMEN Centro Tecnológico, O Porriño, 36410, España

RESUMEN

Se ha empleado un proceso de pulvimetalurgia, por molienda mecánica de alta energía, para obtener un material compuesto nanoestructurado de matriz de aluminio. Como matriz se han utilizado polvos de la aleación AA6005A (tamaño de partícula <math><63 \mu\text{m}</math>) y como refuerzo, un 10% en peso de partículas nanométricas de TiC de tamaño comprendido entre 20-30 nm. El polvo de material compuesto fue caracterizado por difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de transmisión (TEM). Los cambios microestructurales producidos durante el proceso de molienda, tales como la modificación del tamaño de cristalito y la micro-deformación de la red cristalina de la matriz se determinaron, utilizando los tres modelos de análisis de Williamson-Hall (W-H): UDM (Uniform Deformation Model), USDM (Uniform Stress Deformation Model) y UDEDM (Uniform Deformation Energy Density Model). Los resultados demuestran que el tamaño de cristalito disminuye y la micro-deformación aumenta bruscamente en las primeras horas de molienda y después, ambos parámetros se mantienen estables hasta las 10 horas. Los tres modelos de W-H presentan un coeficiente de determinación R^2 próximo a la unidad indicando la validez de los tres modelos para determinar el tamaño de cristalito y la micro-deformación de la red cristalina de la matriz del material compuesto nanoestructurado obtenido.

Palabras clave: Aluminio, Nanorrefuerzo, Molienda mecánica, Tamaño cristalito.

Guías básicas para elección de material de útil de curado en autoclave para fabricar piezas de composite. CFRP vs INVAR36.

J. Galiana

Ingeniería de Fabricación, Factoría Illescas, Airbus Operations, Ctra. Madrid-Toledo Km. 32, 45200 Illescas (Toledo), España. jorge.galiana@airbus.com

RESUMEN

La correcta selección de un útil de curado en autoclave, para fabricar piezas en composite de Fibra de Carbono (CFRP), es clave para el éxito de un proyecto. La tendencia en la industria Aeronáutica es la reducción de costes y pesos estructurales. Los útiles requeridos son cada vez mayores y complejos, lo cual constituye un reto para los fabricantes de las piezas y de los útiles.

Los ciclos de curado a alta temperatura suponen un serio inconveniente al uso de materiales de utillaje convencionales, lo que ha forzado el desarrollo de moldes fabricados con materiales con bajo coeficiente de expansión térmica para solventar los problemas derivados del distinto comportamiento de piezas y moldes durante los ciclos y asegurar las estrechas tolerancias geométricas requeridas. INVAR36 y material CFRP con resina de altas prestaciones se han convertido en estándares para la fabricación de moldes.

El objetivo del estudio es la comparación de propiedades y prestaciones de este tipo de materiales, así como de una estimación de costes asociados a cada uno, con el objetivo de ayudar a la selección del más apropiado para su uso en un entorno industrial de alta cadencia de producción.

El método empleado consistió en la recopilación de las características técnicas de los materiales que inciden en las prestaciones de los útiles, así como de los resultados de proyectos de investigación y experiencia del comportamiento en servicio. Adicionalmente se realizaron una simulación de costes asociados al desarrollo, fabricación, puesta en producción y mantenimiento de los moldes. Los resultados permiten evaluar cualitativamente las prestaciones de los moldes fabricados con esos materiales así como disponer de guías básicas para la correcta evaluación de costes de los mismos.

Palabras clave: Composites, Moldes, Curado, Autoclave, INVAR 36, CFRP, CTE.

Una nueva estructura reforzante en compuestos para banda de rodadura de neumático: octosilicato hinchado como aditivo

W. R. Córdova^a, J. G. Meier^a, D. Julve^b, M. Martínez^b, J. Pérez^b

^a ITAINNOVA - Instituto Tecnológico de Aragón, C/ María de Luna 7, 50018 Zaragoza, España

^b IQE S.A. - Industrias Químicas del Ebro S.A., C/D N°97 Polígono Industrial de Malpica, E-50016 Zaragoza, España.

RESUMEN

La adición de 3phr de octosilicato (silicato laminar sintético, SLS) modificado con iones hexadecil-trimetil-amonio (CTA), a un compuesto con 80phr de sílice, mejora sus propiedades y parámetros predictivos en comparación con la referencia de solo sílice. Además, el octosilicato modificado orgánicamente acelera la vulcanización; mientras que su compuesto análogo con montmorillonita (silicato natural) no muestra dichas variaciones.[1-3] La estructura de la red de carga reforzante se modifica como resultado de la incorporación del silicato laminar. Los valores de los exponentes fractales que caracterizan la red de carga reforzante son diferentes cuando se comparan los compuestos de solo sílice con los compuestos aditivados.[4]

La sustitución de iones CTA por iones dimetil-dioctadecil-amonio (2HT) muestra un incremento del espacio interlaminar (de 2,7nm a 4,3nm), facilitando así la exfoliación del octosilicato. Lo que se traduce en propiedades mecánicas similares a las mostradas por OCTO-CTA pero con un menor consumo de octosilicato. Sin embargo, como resultado del cambio en el modificador orgánico y de su concentración, variaciones en el proceso de mezcla han sido necesarios para obtener resultados comparables.[5] Además, la evaluación de las propiedades mecánicas, variando el ratio octosilicato-sílice, sugiere un cambio de las propiedades mecánicas en función del número de láminas incorporadas a la red híbrida. Los resultados de la investigación sistemática serán expuestos y discutidos en esta publicación.

Palabras clave: Octosilicato hinchado, Silanización, Banda de rodadura de neumático, Procedimiento de mezcla, Red reforzante híbrida.

Proceso de "Hot Forming" vs Parametrización de Ciclo: Materiales Auxiliares, Riesgos de Contaminación y Envejecimiento del Prepreg

M. M^a Acosta Rodríguez, C. M. G.E do C.Saleiro

Departamento de Materiales & Procesos / Ingeniería Alestis Aerospace
C/Ingeniero Rafael Rubio Elola N°1 P.T Aerópolis 41309 La Rinconada. Sevilla

RESUMEN

La globalización y el crecimiento del número de proveedores de materiales compuestos en el sector aeronáutico, ha favorecido la creatividad a nivel de utilización/parametrización de los procesos así como el uso de materiales auxiliares que garantizan la calidad del producto con los actuales sistemas de resina disponibles en el mercado.

La optimización del proceso de "Hot-forming" para favorecer el desarrollo de piezas con elevados espesores y formas complejas debe cumplir con unos parámetros mínimos (temperatura, tiempo y vacío), los cuales son determinados experimentalmente, estando directamente relacionados con: 1) Material preimpregnado (cinta/tape, resina); 2) Materiales auxiliares, particularmente el "release film" debido al riesgo de contaminación del prepreg "fresco" durante el proceso de hot-forming; 3) Instrumentación y medios de control de temperatura.

Las nuevas formulaciones de los sistemas de resina termoestables son cada vez más complejas debido al aumento de requerimientos por parte de los OEMs a los fabricantes de materiales compuestos con el objeto de optimizar los productos (funcional y estructuralmente) de forma más eficaz. Este aspecto, unido al estudio y análisis de las capacidades industriales de un equipamiento determinado, nos ha llevado a desarrollar un plan de ensayos en elementos estructurales de prepreg unidireccional (UD) para definir la temperatura máxima, mínima, tiempo y materiales auxiliares a utilizar en un proceso de "hot-forming" garantizando la "no contaminación" y/o "envejecimiento" del material así como la calidad interna de los elementos tras un proceso de consolidación de co-curado en autoclave para cualquier sistema de resina termoestable actualmente en el mercado.

Palabras clave: Hot forming, Release film, Evaluación de la contaminación, Envejecimiento, Optimización de ciclo.

Prepreg, tejido de carbono, resina termoestable autoadhesiva para piezas sandwich: ventajas, inconvenientes y desafíos en la fabricación

I. M^a Mudarra Medina, M. M^a Acosta Rodríguez, C. Manuel, G.E do C.Saleiro

Departamento de Materiales & Procesos/Ingeniería Aestis Aerospace
C/Ingeniero Rafael Rubio Elola N°1 P.T Aerópolis 41309 La Rinconada. Sevilla

RESUMEN

Es ampliamente conocido que una estructura sándwich en el sector aeronáutico está formada por un material denominado núcleo, generalmente formato de nido de abeja (Honeycomb) entre dos revestimientos formados por varias capas de material prepreg. Sin embargo, para obtener una buena adherencia entre el núcleo y el prepreg, los sistemas de resina termoestable en su mayoría necesitan utilizar un adhesivo film intercalado entre el núcleo y prepreg que favorezca la formación de un menisco de material adhesivo dentro de la celdilla del núcleo.

El principal beneficio asociado a la utilización de prepegs autoadhesivos en piezas sandwich consiste en la eliminación del adhesivo film de la configuración de la pieza que se traduce en una reducción de peso de la propia estructura.

El presente artículo se centra en los materiales autoadhesivos de curado a 180°. Después de más de 3 años trabajando con varios fabricantes de materiales compuestos y AIRBUS, se han definido los parámetros claves del proceso en un medio industrial, así como las características básicas fundamentales del material necesarias para garantizar la calidad interna de los elementos.

Palabras clave: Estructura sandwich, Prepreg autoadhesivo, Calidad interna, Reducción peso.

Resinas fotocurables nanorreforzadas

S.G. Prolongo^a, A. Santamaría^{a,b}, M. Campo^a, R. Moriche^a, M. G. Prolongo^b, A. Ureña^a

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

^b Dpt. Materiales y Producción Aeroespacial, Universidad Politécnica de Madrid, España

RESUMEN

Este trabajo se centra en el desarrollo de resinas fotocurables dopadas con nanorrefuerzos de muy diversa naturaleza, entre los que destacan nanopartículas de diamante, óxido de bario, hidroxiapatita y plata. Estas cargas nanométricas están siendo investigadas, e incluso aplicadas industrialmente, como nanorrefuerzos de resinas termoestables, por muy diversas razones, como aumento de propiedades mecánicas, térmicas y químicas, mejora de la conductividad térmica, la biocompatibilidad y propiedades antimicrobianas, entre otras. El refuerzo de resinas termoestables fotocurables puede ser complejo ya que la carga adicionada puede ejercer apantallamiento a la radiación, limitando alcanzar altos grados de curado. Es por ello, que es necesario el uso de catalizadores y sensibilizadores de radiación UV. Además, para limitar este efecto negativo, se requiere un elevado grado de dispersión del nanorrefuerzo, evitando la presencia de aglomerados micrométricos.

Se ha seleccionado un sistema epoxídico, cuya formulación química es la base común a la mayoría de las resinas de uso odontológico, y se han añadido diversos contenidos de estos nanorrefuerzos. Una vez optimizado el proceso de dispersión se ha procedido a estudiar el efecto de las diferentes cargas en el grado de curado de la resina fotocurable, medido a través de su temperatura de transición vítrea. El grado de curado alcanzado ha sido explicado a través de medidas de transperancia a la luz visible de las muestras, así como de la morfología de las resinas curadas y dopadas.

Palabras clave: Resinas fotocurables, Nanopartículas, Nanocomposites.

Nuevas formulaciones para composites curados mediante radiación ultravioleta

I. Sáenz-Domínguez¹, I. Tena¹, M. Sarrionandia¹, J. Torre², J. Aurrekoetxea¹

¹ Departamento de Mecánica y Producción Industrial, Mondragon Unibertsitatea, Mondragon 20500, España

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

RESUMEN

En el presente trabajo se ha llevado a cabo un estudio comparativo de resinas, enfocado al proceso de pultrusión con curado ultravioleta (UV) fuera del molde hilera. En este nuevo enfoque de la pultrusión tradicional, el perfil se cura a la salida del molde mediante radiación UV. Este hecho implica la necesidad de trabajar con resinas que presenten elevadas cinéticas de curado en la primera etapa de la conversión, evitando de este modo la expansión del perfil a la salida del molde. Por lo tanto, con el objetivo de desarrollar nuevas formulaciones de resinas fotocurables, se ha analizado la cinética de curado de una poliéster insaturada, una epoxi-acrilato y una mezcla de ambas al 50-50 mediante la técnica de foto-DSC. Así mismo, se ha realizado un ensayo de compresión cuasi-estática de perfiles fabricados mediante pultrusión UV. Los resultados demuestran que la mezcla de ambas resinas, incrementa la velocidad de conversión de la resina de poliéster insaturado, debido a la mayor cinética de curado de la epoxi acrilato. Además, la mezcla presenta valores de absorción de energía (SEA) de alrededor de un 22% más elevados que la poliéster insaturada y de aproximadamente un 15% mayor con respecto a la epoxi acrilato.

Palabras clave: Curado ultravioleta, Cinética de curado, SEA.

Composites termoestables reprocesables, reparables y reciclables

N. Markaide^a, A. Ruiz de Luzuriaga^a, G. Hoyos^a, A.Rekondo^a, H. J. Grande^a

^a Unidad de Polímeros y Composites, IK4-CIDETEC, Paseo Miramón 196, E-20014 Donostia-San Sebastián, España

RESUMEN

Los materiales compuestos en base de resina epoxi son una clase de materiales estructurales de altas prestaciones con un gran potencial en una amplia variedad de sectores industriales. Sin embargo, al tratarse de resinas termoestables, a pesar de sus grandes beneficios en cuanto a ligereza y prestaciones mecánicas, presentan la gran desventaja de que una vez curados no se pueden reprocesar, reparar ni reciclar. Este hecho está frenando el rápido crecimiento de los materiales compuestos en algunos sectores tales como el de la automoción.

Con el fin de solventar los inconvenientes que presentan las resinas termoestables, en este trabajo se presenta el desarrollo de una nueva generación de resinas epoxi termoestables dinámicas capaces de ser reprocesadas, reparadas y recicladas gracias a la incorporación de enlaces reversibles dentro de su estructura reticulada. Al tratarse de resinas que contienen enlaces dinámicos, el material curado presenta nuevas propiedades impensables hasta ahora para los materiales termoestables. Estas nuevas resinas han sido desarrolladas para la fabricación de materiales compuestos reforzados tanto con fibra de vidrio como con fibra de carbono. Se ha comprobado que estos nuevos composites presentan propiedades mecánicas equivalentes a las de los composites termoestables convencionales, pero a diferencia de estos últimos, son reciclables, reparables y reprocesables, lo que supone todo un avance y la creación de nuevas oportunidades para sectores tales como el de la automoción.

Palabras clave: Epoxi, Disulfuro, Vitrímero, Enlaces covalentes dinámicos.

Estudio de la nanoestructura y las propiedades mecánicas locales de materiales multifuncionales de polipropileno

Enrique-Jimenez^a, S. Quiles-Díaz^b, H. J. Salavagione^b, M. A. Gómez-Fatou^b, F. Ania^a, A. Flores^{a*}

^a Instituto de Estructura de la Materia-CSIC, c/Serrano 119, Madrid, 28006, España

^b Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros-CSIC, Madrid, c/Juan de la Cierva 3, 28006, Madrid, España

RESUMEN

Los materiales multifuncionales de matriz polimérica reforzados con grafeno han supuesto una revolución al combinar excelentes propiedades estructurales con otras características como la conductividad eléctrica. Estos sistemas son buenos candidatos para la industria del transporte, pero pueden presentar problemas si el refuerzo no se encuentra bien disperso en la matriz o no existe una buena interacción entre los diferentes componentes del material.

En este trabajo se estudiaron materiales poliméricos con matriz de polipropileno (PP) reforzada con grafeno a concentraciones que oscilan entre el 0.9 y el 2.6% en volumen de grafeno. Se puso el foco de atención en relacionar la nanoestructura de cada nanocompuesto, analizada a través de difracción de rayos X a ángulos altos, con sus propiedades mecánicas, estudiadas mediante nanoindentación. El estudio de las propiedades mecánicas a nivel local indicó que la dispersión del nanorrefuerzo en la matriz polimérica es óptima. Por otra parte, se constató que los materiales reforzados presentan mejores propiedades mecánicas que el polímero sin carga. Esto se atribuyó a las propiedades intrínsecas del grafeno ya que no se encontraron diferencias significativas en la nanoestructura de los compuestos respecto a la matriz. Finalmente, la comparación del módulo de indentación con el obtenido a partir de medidas macroscópicas de tensión-deformación, permitieron comprender en profundidad el mecanismo de deformación de esos materiales frente a esfuerzos de distinta naturaleza.

Palabras clave: Nanoindentación, Polipropileno, Grafeno.

Estudio del proceso de fabricación de composites de polipropileno reforzados con fibras continuas

K. Gondra^a, S. Neira, S. Allue, W. Greaves, J.L. Ruiz

^a GAIKER-IK4. Parque Tecnológico. 48170 Zamudio (Bizkaia)

RESUMEN

El objetivo del estudio ha consistido en definir la composición y la metodología de fabricación de composites laminados basados en resina de polipropileno y refuerzo de fibra continua de vidrio. Este tipo de composites se diseñan con el objetivo de ser integrados en productos ligeros de altas prestaciones mecánicas que se obtienen mediante procesos de fabricación de alta cadencia de producción como son el moldeo por compresión y la sobreinyección.

Se ha analizado el ciclo completo de producción de los composites laminados textiles de polipropileno, abarcando desde la selección y aditivación de las materias primas, tratamientos específicos de la fibra, concepción y creación de la lamina base de composite mediante procesos de laminación continua, hasta la fabricación de composites mediante el apilado de la lamina base y su caracterización mecánica y física. El estudio se ha centrado en composites basados en resinas de polipropileno y en refuerzos con tejido twill 2/2 de fibra de vidrio

Palabras clave: Composite Termoplástico, Laminados termoplásticos, Refuerzo continuo, Polipropileno, Fibra de vidrio, Laminación, Compresión Caracterización.

Tratamientos químicos superficiales sobre aluminio para mejorar la adhesión sobre polipropileno

A.Valeaa, J.C.Migueza; A. Eceizab; V.Astigarragaa; M.L. Gonzáleza

^a Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente Escuela de Ingeniería de Bilbao II. Universidad del País Vasco. Bilbao 48013. España.
^b Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Donostia. Universidad del País Vasco. San Sebastián. España

RESUMEN

La unión de materiales mediante el empleo de adhesivos se viene utilizando desde antiguo, quizá lo novedoso es poder realizar la unión entre materiales que presentan grandes diferencias en su energía libre superficial, como sucede al tratar de unir materiales metálicos con otros de base polimérica y naturaleza hidrofóbica.

En este trabajo se van a estudiar un amplio abanico de diferentes compuestos para la preparación superficial de Al2O₃ y de polipropileno (PP), que posteriormente van a unirse mediante dos tipos de adhesivos: un adhesivo estructural bicomponente DP8005 y un adhesivo film de doble cara RP45 (por el interés que puede tener para operaciones de montaje rápido) ambos 3M, Co. Los tratamientos superficiales que se utilizarán en el trabajo son del tipo no silano, en concreto, dos agentes de maleinización (en disolución), un tratamiento con un agente nitrante a diferentes concentraciones ya que su conducta difiere según se comporte como ácido fuerte, como agente oxidante o como agente nitrante, seguido de un tratamiento con microondas; un tratamiento de fosfatización; un tratamiento con metacrilato de glicidilo y un tratamiento con un agente de imprimación convencional, para contrastar. Los tratamientos tipo silano se presentan en otro trabajo [1] y este trabajo es complementario de otro anterior [2].

Palabras clave: Tratamientos superficiales, Maleinización, Fosfatización, Ataque oxidativo, Imprimación.

PLA and P3HB-3HH-based bio-composites made with cotton fabric.

D. Battegazzore^a, A. Frache^a, T. Abt^b, M. LL. MasPOCH^b

^a Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia, Politecnico di Torino, sede di Alessandria, Viale Teresa Michel 5, 15121 Alessandria, Italy.
^b Centre Català del Plàstic (CCP)-Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona Tech (EEBE-UPC). C/Colom, 114, Terrassa 08222, Spain

RESUMEN

Composite panels were produced using film stacking procedure: a dry layer of fabric and two layers of matrix were piled up alternately and compression molded. The matrices used were PLA or PHB and the fabric was a cotton twill fabric without any chemical pre-treatment or treated with an epoxy functional oligomeric acrylic polymer (J). The PLA-based composite had clearly better mechanical properties than the pure matrix, namely +75%, +39% and +45% for elastic modulus, elongation at break and tensile strength, respectively. The PHB gave dramatic results reaching increases of +103%, +83%, +104% of the same three parameters. The J additive employed in the PLA gave no substantial changes but reduced the elongation at break. The same J additive in the PHB-based composite apparently increased the adhesion between matrix and fabric, showing an modulus and strength increase with a reduction of elongation at break.

Palabras clave: bio-composite, PLA, PHB, fabric, mechanical properties.

Estudio de los sistemas basados en poliácido láctico y aceites vegetales

A. Orue, A. Eceiza, C. Peña-Rodríguez, A. Arbeláiz

Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Grupo de Investigación "Materiales + Tecnologías",
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Donostia, 20018, España

RESUMEN

Debido a la alta fragilidad que presenta el poli (ácido láctico) (PLA), el objetivo principal del trabajo es la obtención de un material más dúctil, y su posterior caracterización mediante diferentes técnicas. Con el objetivo de plastificar el PLA, se han utilizado plastificantes provenientes de recursos renovables, como son los aceites vegetales de soja epoxidados y sin epoxidar. El PLA se ha plastificado con una concentración de 20% en peso de aceite y se han estudiado las propiedades de las diferentes mezclas. Los ensayos de impacto demostraron que el PLA se volvió más dúctil con la adición de los plastificantes. Además, los sistemas modificados con aceites epoxidados mostraron una mayor resistencia a tracción y al impacto. Gracias a la espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), se pudo observar que la banda relacionada con el grupo epoxi no desapareció completamente sugiriendo así una reacción incompleta entre el grupo funcional de los aceites funcionales y el grupo funcional del PLA. Por último, mediante la técnica de calorimetría diferencial de barrido (DSC) se ha observado que tras la adición de los aceites vegetales, tanto la temperatura de transición vítrea (T_g) como la temperatura de la cristalización fría (T_{cc}) del PLA disminuyó considerablemente.

Palabras clave: Poliácido láctico, Aceites vegetales, Miscibilidad, Plastificación.



Modificación superficial de fibras de sisal para su utilización como refuerzo en materiales compuestos de matriz polipropileno

^aA.Valea, ^bM.A.Corcuera, ^bA.Eceiza, ^aM.L. González

^aDepartamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Bilbao II. Universidad del País Vasco. Bilbao 48012. España.

^bDepartamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Donostia. Universidad del País Vasco. España

RESUMEN

Las fibras de sisal han recibido atención por parte de investigadores de materiales, como consecuencia de que son económicas, biodegradables y livianas [1]. Los materiales compuestos fabricados con fibras naturales podrían ser comparables a otros compuestos que incorporan refuerzos de fibras sintéticas o artificiales en muchos ámbitos de uso, como lo demuestran estudios previos [2-6]. Por esta razón, fibras o partículas procedentes de fuentes naturales, como madera, cáscaras de frutos secos, yute, kenaf, cáñamo, sisal, piña, etc. se están incorporando en la fabricación de compuestos [7-9]. La fibra de sisal, en este sentido, posee relevantes propiedades tanto económicas como ecológicas [10], razón por la que es uno de los refuerzos naturales más utilizados en la industria de la automoción, aeronáutica y construcción, pero morfológicamente se trata de una fibra lignocelulósica de carácter hidrofílico, por lo que su utilización con matrices hidrofóbicas resulta dificultosa, y se hace necesario utilizar agentes de acoplamiento con el fin de mejorar la adhesión interfacial con la matriz.

En el trabajo que se presenta, se parte de fibras de sisal sometidas a diferentes tipos de tratamiento primario, ya tratamientos secundarios de maleinización, mercerización, silanización, formación de isocianatos superficiales nacientes, carboxilación y tratamiento con metacrilato.

La eficacia de los tratamientos se ha evaluado mediante técnicas de caracterización morfológica por FTIR-ATR, microscopía electrónica (SEM). Sobre algunas de las fibras tratadas se ha procedido a la preparación de compuestos termoplásticos, que se han ensayado térmica y mecánicamente además de medir otras características fisicoquímicas de interés.

Palabras clave: Fibra sisal, Refuerzos fibrosos naturales, Composites termoplásticos, Tratamientos superficiales, Caracterización, superficial, Maleinización, Silanización.



Determinación experimental de los parámetros de Weibull de composites en fallo por tracción usando laminados híbridos

M. Asun Cantera^a, G. Czél^{c,b}, M. Jalalvand^b, M. R. Wisnom^b

^a Grupo Materiales+Tecnologías/Mecánica de materiales, Department of Mechanical Engineering, University of the Basque Country UPV/EHU, 20018 Donostia-San Sebastián, Spain

^b Advanced Composites Centre for Innovation and Science, University of Bristol, Queen's Building, BS8 1TR, Bristol, United Kingdom.

^c Department of Polymer Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3. H-1111 Budapest, Hungary

RESUMEN

Los Composites tienden a fallar en sus defectos, distribuidos de forma aleatoria. Esto hace que la resistencia a la rotura disminuya cuando aumenta el volumen de material ensayado, fenómeno conocido como "size effect" o "volumen effect". Conocer el valor de los parámetros de Weibull es clave para la modelización y el correcto diseño de componentes grandes. En este trabajo se propone el llamado test de fragmentación para obtener los parámetros de Weibull de forma y escala, que se validan con el "scaled test".

Los composites híbridos de láminas de carbono/epoxi entre láminas de vidrio/epoxi pueden presentar una respuesta pseudo-dúctil, que se manifiesta mediante una meseta o "plateau" en curvas tensión-deformación. El diseño de la muestra favorece la fragmentación o fractura gradual de las láminas de carbono eliminando la delaminación inestable en el "plateau". Los eventos de fractura se identifican por video y registro acústico en 11 muestras. Los datos de deformación de fractura se ajustan a la distribución de Weibull siguiendo un proceso iterativo. El procedimiento se ha validado mediante resultados previos de Elementos Finitos. El "volumen effect" se ha validado con los resultados de series de ensayos de tracción de muestras de dimensiones escalas por factores de 2,4 y 8 en cada dirección. Otra ventaja importante de la hibridación es la supresión de concentración de tensiones en la lámina de carbono, empleándose muestras sin "end-tab". Los datos de ambos test presentan muy buen ajuste a la distribución de Weibull, se han comparado, obteniéndose valores muy próximos.

Palabras clave: Distribución de Weibull, Composites Híbridos, Ensayos de tracción, Fractura.

Flexión en dos planos de laminados composites unidireccionales

N. Carbajal^a, F. Mujika^a

^a GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES,

Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, UPV/EHU, Plaza Europa 1, 20018, Donostia-San Sebastián, España.

RESUMEN

En este trabajo se propone la flexión en dos planos de laminados unidireccionales de composites reforzados con fibra larga como método de ensayo para conocer el comportamiento del material ante sollicitaciones combinadas. Se han fabricado y ensayado diferentes muestras utilizando el material T6T/F593 formado por matriz epoxi reforzado con fibra de carbono. Se han diferenciado tres casos según sea el ratio entre las tensiones normales en dirección de la fibra y las tensiones normales en dirección perpendicular a la fibra: menor, igual o mayor a la unidad.

En todos los casos el fallo está asociado con la rotura de la matriz, siendo lineal la relación entre tensión y deformación hasta rotura. Los resultados obtenidos se han analizado mediante tres criterios de fallo: Rankine, Tsai-Wu y máxima energía de deformación. El método de Rankine responde bien para los dos primeros casos. Con los resultados obtenidos se ha calculado el parámetro del Criterio Tsai Wu que relaciona las tensiones en dirección de la fibra y en dirección perpendicular a la fibra. Para los casos en que la tensión en dirección de la fibra es bastante mayor que la tensión en dirección perpendicular se puede despreciar esta última en el cálculo de la máxima energía de deformación.

Palabras clave: Flexión en dos planos, Laminados unidireccionales, Criterios de fallo.

Influencia del proceso de obtención en las propiedades de nanocompuestos de bio-poliámida

M. Herrero^a, M. Asensio^a, K. Núñez^b, J.C. Merino^{a,b}, J.M. Pastor^{a,b}

^a Departamento de Física de la Materia Condensada, Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid, Paseo de Cauce, 47011 Valladolid, España.

^b Fundación Cidaut, Parque Tecnológico de Boecillo, 47151 Boecillo, España.

RESUMEN

En el presente trabajo se han preparado nanocompuestos de bio-poliámida/sepiolita mediante las dos técnicas más viables desde un punto de vista industrial: el intercalado en fundido y la polimerización *in situ*. El efecto del método de preparación y la cantidad de nanorefuerzo se ha evaluado para comprobar su influencia en las propiedades morfológicas, térmicas y mecánicas de los nanocompuestos.

Independientemente del método de preparación, todos los nanocompuestos presentaron buena dispersión de la sepiolita en la matriz polimérica y se consiguieron incrementos significativos en los valores del módulo de Young, esfuerzos de tracción y temperatura de deflexión bajo carga. Sin embargo, los nanocompuestos obtenidos mediante la técnica de polimerización *in situ* presentaron valores más altos debido a que la dispersión de la nanoarcilla se realiza durante la etapa de polimerización, donde las cadenas están en crecimiento y la viscosidad de la matriz aún es baja.

Palabras clave: Bio-poliámida, Polimerización *in situ*, Intercalado en fundido, Nanocompuestos.

Materiales compuestos de polieterecetona (PEEK) y grafeno fabricados por inyección

A. Alvaredo^a, Juan P. Fernández-Blázquez^a, P. Castell^b, R. Guzmán de Villoria^{a,c}

^a Instituto IMDEA Materiales, C/Eric Kandel 2, 28906 Getafe, Madrid, España.

^b Fundación ALTIIP, Pol.Ind. Empresarium, C/ Romero 12, 50720 Zaragoza, España.

^c FIDAMC, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos, Avda. Rita Levi Moltancini 29, 28906 Getafe, Madrid, España.

RESUMEN

En el presente trabajo, se ha dispersado grafeno en diferentes porcentajes, en una matriz polimérica de polieterecetona (PEEK) siguiendo la técnica de la mezcla maestra (masterbatch), con unos parámetros totalmente escalables, como los requeridos en la producción y procesado de termoplásticos de altas prestaciones a nivel industrial. Mediante la caracterización mecánica de los materiales compuestos con contenidos de grafeno de 1, 5 y 10% en peso, se ha observado un aumento del módulo elástico cuando se incrementa el porcentaje de grafeno mientras que la resistencia máxima permanece constante. Además, se han visto diferentes modos de fallo entre el PEEK y el material compuesto. Cuanto mayor es el porcentaje de grafeno, menor es la deformación que admite el material.

Efecto de la adición de nanoláminas de grafeno en las propiedades de laminados de fibra de carbono y benzoxacina

V. García-Martínez^a, M. R. Gude^a, S. Calvo^a, A. Ureña^b

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

^b Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Tecnología Electrónica, Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, España

RESUMEN

En este trabajo se estudia el efecto que tiene la adición de nanopartículas de grafeno (GNPs) en las propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas de los materiales compuestos de fibra de carbono. Las GNPs se han introducido en una matriz benzoxacina y se han fabricado nanocomposites con un 0.5 y 2 % en peso de nanoláminas de grafeno. Se ha evaluado el efecto de este nanorrefuerzo en las propiedades mecánicas, así como en la conductividad térmica y eléctrica de la benzoxacina. Los materiales compuestos de fibra de carbono han sido fabricados por infusión de resina líquida (LRI) empleando los dos nanocomposites preparados. La fabricación con la muestra que contiene un 2% de GNPs presentó problemas de filtración que impidieron su caracterización. Para el laminado con un 0.5 % de nanorrefuerzo se obtiene un incremento de la conductividad tanto térmica como eléctrica respecto al panel con benzoxacina sin modificar.

Palabras clave: Nanoláminas de grafeno, Benzoxacina, Fibra de carbono, Conductividad eléctrica, Propiedades mecánicas, Conductividad térmica.

Aplicación de ultrasonidos para la mejora de la dispersión de nanopartículas en una aleación de aluminio Al-Si7Mg0.6 reforzada con 0.5% en peso de nanodiamantes

P. Egizabal^a, M. Merchán^a, H. Galarraga^a, M. García de Cortázar^a

^a Area de Fundición y Siderurgia, División de Industria y Transporte, Tecnalia Research & Innovation, Mikeletegi Pasealekua 2, 20009, Donostia-San Sebastián España

RESUMEN

Las dificultades en la incorporación y dispersión de nanopartículas en aleaciones de aluminio en procesos de fundición son la mayor barrera para el desarrollo e implementación de estos materiales. El presente trabajo resume los resultados obtenidos con la utilización de una sonda ultrasónica introducida en el metal fundido antes de la etapa de llenado del molde y compara los resultados con los obtenidos con el procedimiento convencional de agitación mecánica o "stir casting". Los materiales utilizados en el estudio son la aleación Al-Si7Mg0.6 y partículas de nanodiamante obtenidas por el proceso de síntesis por detonación. Se han obtenido muestras con un contenido del 0.5 % en peso del nanorrefuerzo y se han comparado la microestructura y las propiedades de tracción de las muestras con la aleación sin reforzar y con la aleación reforzada por agitación mecánica. La aplicación de ondas ultrasónicas parece provocar la disgregación de las aglomeraciones de los nanodiamantes y la consiguiente mejora en las propiedades mecánicas.

Palabras clave: Aleación Aluminio, Sonda Ultrasonidos, Partículas de Nanodiamante.

Soldadura por fricción-agitación, FSW, de materiales compuestos de matriz metálica, MMCs, con elevado contenido de refuerzo

S. Señorís^a, R. Fernández^a, J. Ibáñez^a, G. González-Doncel^a, D. Verdera^b, C. Llovo^b

^a Departamento de Metalurgia Física, CENIM, C.S.I.C. Av. de Gregorio del Amo 8, 28040 Madrid, España

^b AIMEN, Centro Tecnológico, Porriño, 36418 Pontevedra, España

RESUMEN

En buena medida, las expectativas tan prometedoras que se pusieron en los años 80 en los materiales compuestos de matriz metálica, MMCs, se han diluido en las últimas décadas. Una de las razones de esta frustración radica en la imposibilidad de unir estos materiales por los métodos convencionales de soldadura: estos métodos (que involucran la fusión) destruyen la distribución homogénea del refuerzo y dan lugar a productos de reacción perjudiciales para las propiedades de la unión. La soldadura por fricción-agitación, FSW, sin embargo, se produce sin fusión, tiene lugar por un proceso de deformación plástica severa, eliminando los inconvenientes de las técnicas de soldadura tradicionales. Por ello, los últimos años han sido testigo de un creciente interés en el estudio de soldaduras mediante esta técnica, no sólo de MMCs sino también de soldaduras disimilares MMC-metal monolítico

La unión de MMCs mediante FSW no es sencilla, en particular si el contenido de refuerzo es elevado, >20% vol. En este trabajo se comentan las dificultades más importantes que afronta este proceso de soldadura y se resumen los resultados recientes de los estudios realizados en CENIM-AIMEN sobre uniones de materiales compuestos, con hasta un 40% en volumen de refuerzo, y uniones disimilares. Se presentan las correlaciones más relevantes entre los diferentes esfuerzos mecánicos requeridos bajo diferentes velocidades de avance y rotación. Ello permitirá más adelante realizar un análisis del balance energético del trabajo necesario para producir la deformación del material y para calentarlo. En definitiva, se destaca la importancia de medir estos esfuerzos con el fin de profundizar en el proceso de deformación plástica severa que tiene lugar, siempre a altas velocidades de deformación.

Palabras clave: Metal matrix composites, joinining, severe plastic deformation, Materiales compuestos de matriz metálica, Soldadura por fricción-agitación, Deformación plástica severa.

Desarrollo de un nuevo método de fabricación para la obtención de material compuesto Al/AlN

A. Riquelme^a, M. D. Escalera-Rodríguez^a, P. Rodrigo^a, J. Rams^a

Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología electrónica. Universidad Rey Juan Carlos. C/Tulipán S/N, 28933 Móstoles, España

RESUMEN

La fabricación de materiales compuestos de matriz metálica con refuerzo generado in situ es una posible solución a los problemas de mojabilidad y reactividad entre la matriz metálica y el refuerzo cerámico, además de suponer una ventaja desde el punto de vista económico y de fabricación. Se ha desarrollado una novedosa técnica para la fabricación de material compuesto Al/AlN, partiendo únicamente del material que conforma la matriz y gas N₂, de manera que el refuerzo se genera in situ durante el proceso de fabricación. El método consiste en la proyección de la matriz de aluminio en forma de polvo en un gas portador de nitrógeno a través de un cabezal para laser cladding conectado a un láser de diodo. El aluminio y el nitrógeno reaccionan debido a las altas temperaturas que alcanza el polvo al interactuar con el haz láser de manera que tiene lugar la formación de AlN. En función del tipo de aleación de aluminio de partida y de las temperaturas alcanzadas por dichas partículas durante el proceso de fabricación se pueden obtener partículas de AlN con diferente estructura atómica. El polvo de material compuesto resultante se recoge para poder ser utilizado en otras aplicaciones. Se realiza una exhaustiva caracterización de los materiales compuestos obtenidos en forma de polvo cuyo refuerzo ha sido fabricado in situ mediante tecnología láser. Se utilizan técnicas de microscopía (SEM y TEM) y resonancia magnética. El polvo de material compuesto obtenido se puede utilizar en la fabricación de piezas por vía pulvimetalúrgica o se pueden realizar recubrimientos directamente mediante laser cladding.

Palabras clave: In situ, Láser, Al/AlN, Nitruración, pulvimetalurgia.

Metallic composite material to protect against high-velocity projectiles and high energy impacts

R. Seddon^a, J. Maudes^a, A. Pérez-Márquez^a, N. Murillo^a, M. Herrán^b, J. Izaga^b, P. Venegas^b, I. Sáez de Ocáriz^b, A.I. Fernández^c, J. R de la Fuente^c

^a División de Industria y Transporte, TECNALIA, Parque Tecnológico de Miramón, Donostia- San Sebastián, 20009, España.

^b Centro de Tecnologías Aeronáuticas, CTA, Parque Tecnológico de Miñano, Vitoria, España.

^c IK4 AZTERLAN, Aliendalde Auzunea 6, 48200 Durango, Bizkaia, España

RESUMEN

The catastrophic failure of structures due to the impact of high energy waves or high speed projectiles can occur in a wide range of situations, including ballast impacts on high speed trains, manmade terrorist acts or accidental industrial events. High energy absorbing materials are therefore essential for the protection of both the hardware as well as personnel. One common requirement in all applications is the development of materials with reduced weight whilst guaranteeing high energy absorption levels.

The aim of this work has been the investigation of lighter weight metallic composite systems with suitable properties aimed primarily at withstanding high-velocity projectiles and high energy impacts. ($E \approx 100$ J or $v \approx 120$ m/s). Metallic hybrid test panels have been designed and manufactured using both aluminum and aluminum foam layers. To evaluate their efficiency in the case of a high energy impact the panels have been tested under simulated high-velocity projectile impact conditions by means of a pneumatic air cannon. The tested panels have been assessed using visual inspection as well as X-ray tomography and IR thermography. The panel deformation as well as the delamination between structural layers has been assessed for the different proposed solutions.

Palabras clave: Metallic composites, High-velocity projectiles, Impact analysis, Energy absorption, High strain rates.

Desarrollo de materiales compuestos con matriz de titanio para aplicaciones aeroespaciales

M. A. Lagos^a, I. Agote^a, G. Atxaga^a, X. Hernández, C. Jiménez^a, L. Pambaguan^b

^a TECNALIA, División de Industria y transporte, Paseo Mikeletegi, 2 - Parque Tecnológico E-20009 San Sebastián, España

^b European Space Agency ESA-ESTEC, Materials Technology Section, Noordwijk, The Netherlands.

RESUMEN

Los materiales compuestos con matriz de titanio y refuerzos cerámicos son muy interesantes para aplicaciones aeroespaciales ya que presentan mayor módulo y resistencia que las aleaciones convencionales de titanio. El tipo de refuerzo puede ser continuo o discontinuo. Normalmente el refuerzo continuo está formado por fibras cerámicas largas y el refuerzo discontinuo por partículas. Las principales ventajas de los materiales con refuerzo discontinuo son que presentan propiedades mecánicas isotrópicas y menores costes de producción que los materiales con refuerzo continuo.

Este trabajo presenta el desarrollo de aleaciones de titanio (Ti-6Al-4V) reforzadas con partículas de TiC. El refuerzo se obtuvo por Síntesis por Combustión y el compuesto final mediante Spark Plasma Sintering. En definitiva, se trata de un procesamiento pulvimetalúrgico, cuya principal ventaja es el reducido tiempo de procesado.

En cuanto la caracterización termo-mecánica hay que indicar que la presencia del refuerzo aumenta la resistencia y la rigidez del producto obtenido con respecto a la aleación de base, así como la conductividad térmica.

También se presenta el escalado del proceso de SPS para la obtención de prototipos representativos de aplicaciones aeronáuticas. Para la fabricación de los prototipos fue necesario el escalado del proceso de SPS así como el estudio del mecanizado de este tipo de materiales. También se indican algunas consideraciones sobre la unión de este tipo de aleaciones mediante la técnica de soldadura fuerte.

Palabras clave: Materiales compuestos de matriz metálica, TMCs, Aleaciones titanio, Propiedades mecánicas.

Avances en elastómeros dieléctricos electro-mecánicos: de los materiales nanocompuestos a los sistemas híbridos

R. Verdejo^a, M. A. López Manchado^a, L. J. Romasanta^b

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

^b Laboratoire du Futur, CNRS/Solvay, 178 Avenue du Dr Schweitzer, 33608 Bordeaux, France

RESUMEN

Durante los últimos años ha surgido un enorme interés en el desarrollo de materiales y estructuras inteligentes que respondan de modo reversible y controlable ante un estímulo físico o químico externo, modificando sus propiedades. Una de las aplicaciones más atractivas de estos materiales se basa en el desarrollo de actuadores o músculos artificiales capaces de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Hasta el momento, se han utilizado una gran variedad de materiales para el desarrollo de estos actuadores, como aleaciones metálicas, materiales piezoeléctricos y polímeros electroactivos (EAPs).

Esta ponencia presenta las estrategias estudiadas en el desarrollo de EAPs, en concreto de actuadores de elastómeros dieléctricos (DEAs, en sus siglas en inglés), donde se ha alcanzado una respuesta electro-mecánica de hasta un 35% en los materiales híbridos frente a un 3 % de la muestra control a 45 V/ μm .

Palabras clave: Polímeros inteligentes, nanocompuestos, elastómeros.

Eliminación de singularidades en ensayos estándar de materiales compuestos

A. Barroso, J.C. Marín, V. Mantič, F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, ETS Ingeniería, Universidad de Sevilla, España.

Camino de los Descubrimientos s/n, 41092 Sevilla

RESUMEN

En muchas situaciones de ensayo de probetas de material compuesto, sobre todo aquellas que necesitan tacos en los extremos de la probeta, aparecen configuraciones de esquinas multimateriales, con cambio brusco de geometría y propiedades mecánicas, donde las tensiones alcanzan valores muy altos y teóricamente se hacen infinitas. Estas intensificaciones de tensiones pueden provocar fallos prematuros o simplemente alteraciones del estado uniforme de tensiones que se pretende generar en la probeta, de manera que la resistencia del ensayo, calculada como una cierta carga dividida por una cierta área de fallo, puede no ser representativa de la resistencia real del material que se pretende determinar.

En el presente trabajo se muestran tres ejemplos prácticos en los que con una adecuada selección de los parámetros geométricos de la configuración de ensayo que no afectan a la determinación de la propiedad a calcular, se pueden eliminar (o disminuir al mínimo posible) las singularidades de tensiones inducidas en dichas esquinas. Los casos analizados son: a) los ensayos de resistencia a la tracción y cortadura (losipescu) en probetas bimateriales, b) el ensayo off-axis para la determinación de la resistencia intralaminar a cortadura de materiales compuestos y c) un ensayo de compresión de laminados unidireccionales de gran espesor. En dos de los tres casos se dispone de resultados experimentales y se ha corroborado que la eliminación de las singularidades en las esquinas multimateriales da lugar a valores de resistencia mayores que las obtenidas con las configuraciones originales de las probetas de ensayo.

Palabras clave: Singularidades de tensión, Ensayo, Off-axis, Resistencia a compresión, Resistencia bimaternal.

Bacteriostatic effect of waterborne polyurethane-urea films containing bioactive plant extracts incorporated by different routes

A. Santamaria-Echart^a, I. Fernandes^b, A. Arbelaz^a, F. Barreiro^b, M. A. Corcuera^a, A. Eceiza^a

^a Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, Pza Europa 1, Donostia-San Sebastián, 20018, España

^b Laboratorio de Ingeniería de Separación y Reacción (LSRE) – Laboratorio Asociado LSRE/LCM, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolonia, Bragança, 5300-253, Portugal

RESUMEN

The environmental awareness has promoted the development of new materials towards eco-friendly systems based on both, green synthesis processes as well as the renewable origin of the raw compounds. In this way, focusing on synthesis methods, the use of waterborne polyurethane-urea dispersions have gained attention due to their versatility leading to a wide variety of applications, broadening the range of applications. In addition, it is worth nothing that the dispersibility in water offers the possibility of incorporating soluble additives, such as plant extracts.

Therefore, in this work *Melissa officinalis* L. plant was selected in order to obtain bioactive plant extract, in order to be incorporated to a waterborne polyurethane-urea dispersion, varying their content as well as using three different incorporation routes. These dispersions were characterized and employed in the preparation of films which were analyzed from the viewpoint of physicochemical, thermal and mechanical properties, among others. Finally, the antibacterial properties of the films were analyzed after 1 and 4 days of incubation, where it was observed that the content and incorporation route of the extract influenced in the behavior of the films against common pathogens (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*).

Palabras clave: Polyurethane-urea dispersions, Plant extracts, Incorporation routes, Bioactive films.

Caracterización de muestras celulósicas obtenidas de fibras de sisal

A. Arbelaz, G. Mondragon, I. Larraza, C. Peña-Rodríguez, A. Eceiza

Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente, Grupo de investigación "Materiales + Tecnologías", Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Plaza Europa 1, 20018 Donostia, España.

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron las condiciones de las principales reacciones de una sucesión de tratamientos químicos específicos utilizados para el aislamiento de nanocelulosa a partir de las fibras de sisal. El estudio realizado clarificó el efecto de las diferentes condiciones de reacción (tiempo o concentración) en la estructura y composición de las fibras, así como en las características de las muestras celulósicas obtenidas. Para lograr este objetivo, después de cada tratamiento químico se utilizaron diferentes técnicas de caracterización físico-química, térmica y morfológica y se seleccionaron las condiciones de reacción más adecuadas.

Palabras clave: fibra de sisal, tratamientos químicos, celulosa.

Nanocompuestos grafeno-nanotubos de carbono-epoxi influencia de la absorción de agua en las propiedades

C. Arribas^a, M. G. Prolongo^a, C. Salom^a, M. Sánchez-Cabezudo^a, R. Moriche Tirado^b, S.G. Prolongo^b

^aDpto. Materiales y Producción Aeroespacial. E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

^bDpto. Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España

RESUMEN

En este trabajo se presenta el efecto que tiene el envejecimiento hidrotérmico mediante inmersión en agua destilada, sobre varios materiales híbridos epoxi que incorporan nanotubos de carbono y/o nano-láminas de grafeno.

Se han utilizado dos tipos de grafeno: grafeno funcionalizado con grupos amino (GNH₂) y grafeno sin funcionalizar. En el caso del grafeno funcionalizado, durante el proceso de curado se produce la unión de dichas láminas al termoestable por formación de enlaces tipo covalente. El grafeno sin funcionalizar permite comprobar el efecto del uso del grafeno funcionalizado en estos materiales.

Se ha realizado el estudio gravimétrico de la absorción isoterma de agua, así como del efecto que tiene la absorción de agua a saturación en las propiedades dinámico-mecánicas, mediante análisis térmico dinámico mecánico y sobre la conductividad eléctrica de los nano-compuestos.

Palabras clave: Epoxi, Grafeno funcionalizado, Absorción de agua.

Polimerización In Situ de nanocompuestos de polipropileno isotáctico con catálisis metalocénica.

M. Asensio^a, M. Herrero^a, K. Núñez^b, J.M. Pastor^a, J.C. Merino^a

^a Departamento de Física de la Materia Condensada, Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid, Paseo de Cauce, 47011 Valladolid, España.

^b Fundación Cidaut, Parque Tecnológico de Boecillo, 47151 Boecillo, España.

RESUMEN

La familia de las poliolefinas son materiales con una demanda elevada, ya que son los termoplásticos estructuralmente más sencillos y económicos en cuanto a su producción y procesado. Dentro de las poliolefinas, el uso comercial del polipropileno comenzó con el auge de las reacciones catalizadas, ya que de esta manera se pudo controlar su conformación específica y con ello las propiedades finales.

Con el fin de mejorar sus propiedades, estos materiales se suelen reforzar, en especial con cargas de tamaño nanométrico. Hasta ahora se han desarrollado tres métodos para la obtención de nanocompuestos: La polimerización In Situ, la intercalación en fundido y el mezclado en disolución. Para solventar los problemas existentes, en cuanto a la dispersión de la carga, compatibilización, el control de pesos moleculares de la matriz sintetizada y la complejidad de los procesos de inmovilización de los catalizadores metalocénicos, en esta investigación se utiliza la polimerización In Situ de nanocompuestos Polipropileno-Sepiolita, utilizando la nanocarga como soporte del sistema catalítico.

Este estudio propone un método de inmovilización que contempla el aprovechamiento de la densidad de los grupos polares que tiene la superficie de la Sepiolita, para fijar el co-catalizador. Además, el consecuente procedimiento de polimerización define a la temperatura de reacción como una variable que proveerá un mecanismo de control de los pesos moleculares del polipropileno. El método propuesto ha permitido aditivar el polipropileno en su propio proceso de síntesis, además de controlar su estructura en cuanto a su estéreo-especificidad y peso molecular, mejorando así sus propiedades finales.

Palabras clave: Polimerización In Situ, Catálisis metalocénica, Polipropileno (PP), Nanocompuestos.

Mejora del proceso de síntesis directa de poliamida para obtener un material de altas propiedades.

A. de la Calle^a, S. García-Arrieta^a, C. Elizetxea^a, I. Aranguren^b

^aÁrea de Aeroespacial, Grupo de Aligeramiento, División de Industria y Transporte, TECNALIA. Paseo de Mikeletegi 2, 20009 San Sebastián, España

^bIngeniería POLIFLUOR, Asteasuko industrialdea 99-100, 20159, Asteasu, España

RESUMEN

En el marco del proyecto NANOTEK+ la empresa POLIFLUOR junto con TECNALIA proponen desarrollar y escalar industrialmente una poliamida obtenida mediante síntesis directa cuyas propiedades, principalmente térmicas, sean mejoradas mediante la adición de nanopartículas (NP). Para ello se ha trabajado tanto en el proceso de dispersión de nanomateriales y polimerización, como en el proceso industrial de producción y en su evaluación desde el punto de vista de seguridad para la salud. El proceso de polimerización in situ de la poliamida 6 aniónica ofrece importantes ventajas para la incorporación de los nanopartículas debido a que la baja viscosidad del monómero facilita la dispersión de los refuerzos a escala nano y se han contemplado diversos parámetros del proceso a tener en cuenta durante el escalado:

- Selección de las nanopartículas adecuadas y el porcentaje de las mismas, teniendo en cuenta su capacidad de dispersión en la matriz y su compatibilidad química.
- Porcentaje de sistema catalítico adecuado, que puede verse afectado por la naturaleza de las nanopartículas.
- Temperaturas de fundido, dosificación y polimerización, que no deben degradar la nanopartícula.
- Velocidades de mezcla, ya que la dispersión de las nano-cargas mediante agitación mecánica puede generar atrapamientos de aire en el polímero obtenido.

La distribución del nano-material en la matriz polimérica y el grado de adhesión entre ambos se han estudiado mediante técnicas como SEM/EDS, realizadas sobre material formulado. La correcta distribución de las nanopartículas en la poliamida 6 ha sido observada durante todo el proceso de industrialización.

Palabras clave: Polimerización in-situ, ε-Caprolactama, Nanopartículas.

Desarrollo de desencofrantes hidrofóbicos mediante el uso de nanopartículas de SiO₂

I. Izarra¹, J. Cubillo², A. Gálvez², J.F. Rodríguez¹, M. Carmona¹

¹Department of Chemical Engineering, University of Castilla – La Mancha, Av. Camilo José Cela s/n, 13004 Ciudad Real, Spain.

²División de Innovación. ACCIONA Construcción, Av. Europa 18, , 28108, Alcobendas Spain

RESUMEN

El presente grupo de investigación ha desarrollado un desencofrante para hormigón a partir de nanopartículas de sílice, conteniendo grupos funcionales hidrófilos que forman enlaces de hidrógeno con el agua presente en el hormigón fresco y grupos hidrofóbicos, que quedan distribuidos en la superficie del hormigón otorgando propiedades hidrofóbicas a la superficie. Como soporte para el desarrollo del agente desencofrante se utilizó un aceite vegetal y se emplearon diferentes tipos de nanopartículas, producidas modificando la relación molar de sus precursores, Metiltrietoxisilano (MTES) y Tetraetilortosilicato (TEOS)

Cada formulación de desencofrante se utilizó para la impregnación de moldes normalizados para fabricar probetas de mortero. Las propiedades hidrofóbicas de las probetas resultantes se estudiaron midiendo el ángulo de contacto del agua con respecto a la superficie. Se encontró que el mejor desencofrante se consigue con una nanosilice de relación molar MTES/TEOS de 2,5, la cual presenta el mejor ángulo de contacto (>145°).

Palabras clave: Desencofrante hidrofóbico, Nanosilice.

Espumas de carbono con porosidad jerarquizada

G. Sarigul^a, L. P. Maiorano^a, J. M. Molina^{ab}

^aInstituto Universitario de Materiales de Alicante, Universidad de Alicante, Ap. 99, E-03080, Alicante, España

^bDepartamento de Química Inorgánica e Instituto Universitario de Materiales de Alicante, Ap. 99, E-03080, Alicante, España

RESUMEN

Los materiales mesoporosos de carbono (tamaño de poros en el intervalo 2-50 nm) se están utilizando en numerosas aplicaciones como membranas, filtros, soportes catalíticos o electrodos en dispositivos electroquímicos. A pesar de sus enormes potenciales, sus problemas relacionados con la difusión de los reactivos/productos y del calor hacia o desde los reactores han motivado el esfuerzo dirigido a obtener nuevos materiales porosos que combinen tamaños de poro en diferentes escalas.

En este trabajo se han desarrollado espumas de carbono con porosidad jerarquizada mediante un método de doble plantilla. Para ello se utiliza una mezcla de brea de mesofase (MP) con poliestireno (PS) que se infiltra en preformas porosas formadas por compactación de partículas de NaCl, que posteriormente son eliminadas por disolución en agua y forman los poros de tamaño más grande en el material. Mediante tratamientos térmicos se consigue eliminar la fina microestructura interconectada formada por el PS y de esta manera crear la porosidad más fina en el material. El éxito del proceso radica en las condiciones de solidificación de la mezcla MP+PS, una vez infiltrada en la preforma de NaCl, y en la delicada eliminación de las fases plantilla. Con este método se ha conseguido desarrollar una nueva clase de materiales carbonosos con porosidad jerarquizada con poros en el intervalo 500 μm -20 nm.

Palabras clave: Espumas de carbono, Porosidad jerarquizada, Brea de mesofase, Poliestireno.

Obtención y propiedades de nanocomposites de nanofibra de carbono/oxicarburo de silicio

M. A. Mazo*

Departamento de Química Física de Superficies y Procesos, Instituto de Cerámica y Vidrio (CSIC) 28049 Madrid, España

*sandra@icv.csic.es

RESUMEN

Los vidrios de oxicarburo de silicio presentan unas excepcionales propiedades entre las que se puede destacar unas buenas propiedades mecánicas, resistencia frente a la oxidación, gran estabilidad a elevadas temperaturas así como frente a ácidos y bases. Además mediante la adición de diferentes nanorefuerzos estas propiedades pueden ajustadas en función de los requerimientos que se necesiten para una determinada aplicación. Todo esto junto con la versatilidad para la obtención de estos materiales hace que puedan ser empleados para nuevas y prometedoras aplicaciones entre las que se incluyen electrodos para supercondensadores, baterías de ion Li, materiales abrasivos a elevadas temperaturas, etc.

En este trabajo se han desarrollado nanocomposites de nanofibra de carbono/oxicarburo de silicio (SiOC-NFC) para ello se han empleado mezclas de SiOC con cantidades crecientes de NFC que van desde 0.5 hasta el 10 %. Una vez obtenidas estas mezclas han sido sinterizadas a 1500 °C en atmósfera de vacío y 40 MPa mediante una técnica de sinterización no convencional como es el Spark Plasma Sintering (SPS). Como consecuencia del empleo del SPS se obtienen materiales densos de SiOC preservando el nanorefuerzo carbonoso que hubiese sido degradado en su mayoría si se hubiese empleado una técnica de sinterización convencional.

La incorporación de los nanorefuerzos así como la técnica de sinterización producen grandes variaciones en el nanocomposite tanto a nivel estructural como desde un punto de vista funcional. En este sentido la conductividad eléctrica experimenta un incremento de más de 5 órdenes de magnitud al aumentar el contenido en NFC alcanzando valores de hasta 1×10^{12} S/m. Por otro lado, la conductividad térmica experimenta un incremento del 40 % y en este caso se consiguen valores de 2.0 W/mK.

Palabras clave: nanocomposites, vidrio de oxicarburo, nanofibra de carbono, conductividad eléctrica, conductividad térmica.

Curado de nanocompuestos grafeno-epoxi: influencia de la relación entrecruzante/resina

A.Toribio^a, M. G. Prolongo^a, C. Salom^a, A. J. Martínez-Martínez^a, S. G. Prolongo^b

^a Dpto. Materiales y Producción Aeroespacial, E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid

^b Dpto. Materiales y Producción Aeroespacial, E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid, España

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la influencia del tipo de grafeno (GNP) y las diferentes proporciones agente entrecruzante (XB) en el curado de dispersiones grafeno-epoxi y en la temperatura de transición vítrea (T_g) del nanocomposite formado. La resina epoxi tipo DGEBA (LY) se ha entrecruzado con una poliamina aromática (XB). Se han utilizado dos tipos de grafeno: uno no funcionalizado (GNP_n) y otro amino funcionalizado (GNP_{NH_2}). En los dos sistemas se han estudiado 5 composiciones con diferente relación XB/LY y se ha variado el contenido de grafeno (6 y 10% en peso). La reacción de curado se ha estudiado por Calorimetría Diferencial de Barrido. Se ha observado que la presencia de grafeno acelera la reacción de curado y que la entalpía de reacción depende de la estequiometría y del contenido en grafeno. Se ha encontrado también que la variación de la T_g del material con la estequiometría, depende del protocolo de curado.

Palabras clave: Grafeno-epoxi, Entrecruzante, Curado.

Efecto del contenido de entrecruzante y tipo de grafeno en las propiedades termo-mecánicas de nanocompuestos

A. Toribio^a, C. Salom^a, M. G. Prolongo^a, A. J. Martínez-Martínez^a, S. G. Prolongo^b

^a Dpto. Materiales y Producción Aeroespacial, E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid

^b Dpto. Materiales y Producción Aeroespacial, E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid, España

RESUMEN

En este trabajo se estudia la influencia del tipo de grafeno (GNP) y de las diferentes proporciones agente entrecruzante (XB)-resina epoxi (LY), en las propiedades termo-mecánicas de nanocompuestos epoxi-grafeno (GNP). Se han preparado nanocompuestos epoxi/GNP utilizando dos tipos de grafenos diferentes: uno no funcionalizado (GNP_n) y un grafeno amino funcionalizado (GNP_{NH_2}). El contenido de grafeno ha sido 6% y 10% en peso. Se han determinado las propiedades termo-mecánicas del termoestable LY-XB y de los nanocompuestos a través del análisis térmico mecánico dinámico y de ensayos a tracción en máquina universal de ensayos. El módulo de almacenamiento en la zona elastomérica y la temperatura de transición vítrea (T_g) del termoestable LY-XB y de los nanocompuestos presentan valores máximos para relaciones ligeramente ricas en amina. La adición de grafeno aumenta notablemente el módulo elástico de los nanocompuestos en comparación con el termoestable LY-XB, tanto en la zona vítrea ($T < T_g$) como en la zona elastomérica ($T > T_g$). El termoestable LY-XB muestra la mejor resistencia y tenacidad para la relación estequiométrica XB/LY. Con la adición de grafeno se obtienen materiales más rígidos pero más frágiles.

Palabras clave: Grafeno-epoxi, Entrecruzante, Propiedades termo-mecánicas.

Tratamientos superficiales de silanización para mejorar la adhesión de superficies aluminio-polipropileno

A. Valea^a, F. J. Juanes^a, M. A. Corcuera^b, V. Astigarraga^a, M. L. González^a

^a Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Bilbao II. Universidad del País Vasco. Bilbao 48013. España

^b Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Donostia. Universidad del País Vasco. Donostia. España

RESUMEN

En este trabajo se van a estudiar un amplio abanico de diferentes compuestos del tipo silano para la preparación superficial de AL2024 y de polipropileno (PP), que posteriormente van a unirse mediante dos tipos de adhesivos: un adhesivo estructural bicomponente DP8005 y un adhesivo film de doble cara RP45 (por el interés que puede tener para operaciones de montaje rápido).

Los compuestos que se utilizarán para el tratamiento superficial son del tipo silano. Los tratamientos tipo no silano se presentan en otros trabajos [1,2] de los mismos autores, que se complementan entre sí y sirven de base para un tercer trabajo en el que se discute el diseño experimental de medida de propiedades, específicamente las mecánicas [3].

Palabras clave: Tratamientos superficiales, Silanos, Silanoles, Silanización de superficies, Caracterización de superficies.

Utilización de la ceniza de la paja de caña de azúcar (CPC) como puzolana en sustituciones parciales del cemento Portland

J. C. B. Moraes^a, J. L. Akasaki^a, M. M. Tashima^a, L. Soriano^b, M. V. Borrachero^b, J. Payá^b

^a Grupo Materiais Alternativos de Construção (MAC), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 15385-000, São Paulo, Brasil

^b Grupo de Investigación en Química de los Materiales de Construcción (GIQUIMA), Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón - ICITECH, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España

RESUMEN

La producción de caña de azúcar en Brasil ha aumentado considerablemente en los últimos 10 años. Después del proceso de cosecha mecanizada, se genera un residuo llamado paja de caña de azúcar. Esta paja tiene un buen poder calorífico y puede ser utilizada para generar energía como una biomasa. Sin embargo, después de este proceso de generación de energía se obtiene otro residuo, el cual no tiene un destino adecuado, llamado ceniza de la paja de caña de azúcar (CPC). Una destinación para este residuo es su valorización como un material puzolánico. Para ello, la CPC ha sido caracterizada físicamente y químicamente. La ceniza ha presentado cantidad de sílice amorfa que puede ser utilizada como una puzolana sustituyendo parcialmente el cemento Portland. La reactividad de la ceniza ha sido evaluada por el ensayo de termogravimetría (TGA) en pastas de cal y puzolana. También fueron estudiadas cinco sustituciones del cemento Portland por CPC en morteros: 0 (control), 15, 20, 25 y 30%. En este estudio se prepararon probetas para romper a ensayos de resistencia a compresión en las edades de 3, 7, 28 y 90 días después de un curado a 25 °C en atmósfera húmeda. Los datos mostraron que la CPC reacciona con la cal y presenta una importante contribución para la resistencia mecánica. Todos los morteros presentaron resistencias a compresión similares después de 90 días de aproximadamente 45 MPa. La conclusión de este trabajo es que esta ceniza CPC puede ser utilizada sustituyendo parcialmente el cemento Portland.

Palabras clave: Sostenibilidad, Análisis termogravimetría, Resistencia mecánica, Residuo agrícola.



Metodología integral de optimización dimensional y de materiales adaptada al diseño de producto

L. Pardo^a, I. Retolaza^b, F. Martínez^b, A. Noriega^c

^aUniversidad de Oviedo, Gijón, Spain. lucia.parpe@gmail.com

^bIK4-IKERLAN, Arizmendiarieta 2, 20500 Mondragon, Spain. iretolaza@ikerlan.es

^cConstruction and Manufacturing Engineering Department, University of Oviedo, Gijon, Spain. noriegaalvaro@uniovi.es

RESUMEN

En este trabajo se expone el desarrollo de una metodología integral de optimización dimensional y selección de materiales orientada al diseño de producto. Dicha metodología se plantea mediante el uso de algoritmos genéticos y permite realizar una optimización conjunta de los materiales y la geometría en estructuras multimaterial.

La metodología de optimización incluye tres aspectos novedosos: el pretratamiento de datos de materiales y su clusterización, la definición de los objetivos y el postprocesado de los resultados sobre el conjunto de posibles soluciones para poder seleccionar la mejor solución según criterios adicionales impuestos por el diseñador.

La metodología de cálculo se ha implementado sobre el caso práctico real de la base de cabina de un ascensor, construyéndose un modelo paramétrico de la estructura que incluye varios casos de carga, y creando un problema de optimización sujeto a objetivos y restricciones. Los resultados obtenidos muestran la validez de la metodología propuesta.

Palabras clave: Materiales, Optimización geométrica, Diseño de producto, Cabina de ascensor, Algoritmos genéticos.

Modelado y control predictivo de un molde de RTM

M. Escolano^a, I. Conde^a, M. Laspalas^a, M. Lizaranzu^a, J. M. Rodríguez^a, J. Alfonso^a, J. Orús^a, A. Chiminelli^a,
J. R. Sainz de Aja^b, F. Martín de la Escalera^b

^aITAINNOVA, Zaragoza, 50014, España

^bAERINNOVA Engineering Division, Madrid, 28050, España

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el control de un molde de Resin Transfer Moulding (RTM) tratando de obtener una temperatura lo más homogénea posible en toda la cavidad. Se trata de un proceso complicado, principalmente por dos motivos: la distribución de temperaturas en una geometría en general compleja y la variabilidad de los parámetros del sistema.

Para resolver esta problemática se sigue un procedimiento de diseño basado en modelos. En primer lugar, el modelado de detalle del sistema térmico del molde, discretizado y resuelto mediante elementos finitos (MEF) y validado mediante pruebas térmicas en el molde físico. A continuación, la obtención mediante la aproximación ARX de un modelo simplificado de orden reducido (MOR) basado en el modelo anterior. Finalmente, el diseño de un control robusto MPC (Model Predictive Control) capaz de tener en cuenta la variabilidad del sistema, la complejidad de la geometría y las limitaciones de los sistemas de actuación (resistencias). Para hacer frente a las no linealidades intrínsecas al sistema, adicionalmente al controlador, se implementa un estimador de perturbaciones que evalúa los cambios que se producen en el molde en comparación con el comportamiento esperado según el MOR. De esta manera, el sistema de control es capaz de detectar las variaciones y compensarlas en tiempo real.

Estos algoritmos se validan tanto por simulación como experimentalmente. De esta verificación se infiere que la aplicación de estas técnicas de modelado, estimación y control permiten controlar el molde con diferencias de temperatura mucho más ajustadas que con controladores PID estándar.

Palabras clave: Modelado, Simulación, Co-simulación, Control predictivo, RTM.

Moldes prototipo de RTM fabricados mediante impresión 3D

A. Esnaola, M. Baskaran, M. Ugarte, M. Iragi, M. Sarrionandia, M. Mateos, L. Aretxabaleta, J. Aurrekoetxea

Departamento de Mecánica y Producción Industrial, Mondragon Unibertsitatea, Mondragon 20500, España

RESUMEN

En el presente trabajo se ha demostrado la validez de la impresión 3D de plásticos, más concretamente la tecnología FDM (Fused Deposition Modeling), para fabricar moldes de RTM en la fase de prototipado. Se ha fabricado la parte superior del molde, la inferior es la metálica del molde original, para una barra anti-intrusión de la puerta delantera de un coche. La impresión del molde ha tardado 104 horas y se han empleado 3,8 kg de plástico. Para el PLA empleado se ha establecido que hasta 5 mm de espesor la translucidez es suficiente como para observar el patrón del flujo de resina durante la inyección. A fin de aumentar la rigidez del molde, se han analizado mediante simulaciones por elementos finitos diferentes geometrías de refuerzos verticales, resultando la de tipo nido de abeja la más adecuada. En la fase previa a la inyección, cuando se hace el vacío, la presencia de la preforma de fibra de vidrio reduce los desplazamientos medidos en diferentes puntos del molde. Por otra parte, la estanqueidad ha sido buena incluso sin aplicar ningún tipo de tratamiento superficial. Sin embargo, cuando se inyecta la resina a 5 bar de presión, la rigidez intrínseca del molde no ha sido suficiente para limitar los desplazamientos y fabricar una pieza buena. Esto se ha solucionado utilizando una plancha de metracilato de 35 mm de espesor para rigidizar el molde y que a su vez sigue permitiendo la visualización del flujo a través de la misma. En lo que a las temperaturas de curado se refiere, 40 °C es el límite superior permitido por la PLA.

Palabras clave: Impresión 3D, Molde, RTM.

Desarrollo de procesos de preformado y RTM para estructuras altamente integradas

J. Gayoso^a, I. Harismendy^a, R. Mezzacasa^a, A. Muelas^b, M. Zufiur^b, I. Vázquez^c

^a Unidad aeroespacial, División Industria y Transporte, Tecnalia Research & Innovation, San Sebastián, 20009, España

^b Fibertecnic S.A (Grupo AERNNOVA), Vitoria, 01013, España

^c Mecanoplástica, S.A., Irun, 20305, España

RESUMEN

Las puertas/trampas de trenes de aterrizaje están habitualmente compuestas de estructuras sándwich fabricadas mediante moldeo manual y curadas en autoclave. En el presente desarrollo se ha procedido a sustituir este tipo de construcción y su proceso de fabricación asociado por un revestimiento rigidizado monolítico con una retícula para su fabricación mediante moldeo por vía líquida. Específicamente, el proceso seleccionado ha sido el RTM (Resin Transfer Moulding) con la particularidad de que la fabricación se ha realizado en un único proceso de impregnación/curado (one shot) con el objetivo de eliminar operaciones posteriores de pegado/remachado y de minimizar recanteos/mecanizados posteriores.

Para la obtención de una preforma 3D integrada cercana a la forma final se han desarrollado procesos de preformado para los sub-elementos de los que consta la pieza (piel, rigidizadores en doble T, rigidizadores en C, etc.) así como los procesos de integración de las diversas preformas hasta la obtención de una preforma integrada.

Como resultado se han validado completamente los procesos de preformado y de fabricación mediante la obtención de prototipos a tamaño real de la pieza objetivo.

Este trabajo se inscribe dentro del proyecto ATEAERO, con el soporte del programa ETORGAI (SPRI – Gobierno Vasco).

Palabras clave: Preformado, RTM.

Optimización del CRTM mediante técnicas de monitorizado de procesos

M. Baskaran, A. Dueñas, L. Aretxabaleta, M. Sarrionandia, J. Aurrekoetxea

Departamento de Mecánica y Producción Industrial, Mondragon Unibertsitatea, Mondragon 20500, España

RESUMEN

En el presente trabajo se demuestra la validez del sistema de monitorizado, compuesto por los sensores de caudal y presión de inyección de la inyectora, además de los sensores de presión integrados en el molde, para determinar la ventana de proceso óptima del CRTM (Compression Resin Transfer Moulding). Los sensores de la inyectora permiten monitorizar la fase de inyección, mientras que los sensores de presión integrados en el molde permiten hacer el seguimiento de las fases de compresión y curado. Para relacionar las variaciones de presión con las etapas de curado, se ha empleado un sensor eléctrico de corriente continua. El aumento de la resistencia, asociada con el comienzo del curado, se corresponde en el tiempo con la caída de la presión, que a su vez se justifica por la contracción generada durante el curado. Esta caída de presión llega a una asíntota horizontal que se corresponde con un grado de conversión del 40%. Tomando como referencia este comportamiento del sensor de presión, es posible determinar el tiempo mínimo para el desmoldeo de cada una de las piezas. Finalmente, el sistema se ha empleado para monitorizar la fabricación de prototipos con temperaturas de curado entre 80-120 °C, y se ha confirmado que los sensores identifican las piezas que se encuentran dentro de la ventana de proceso y las que no lo están.

Palabras clave: Impresión 3D, Molde, RTM.

PLATFORM: Estudio de la integración de materiales fabricados con CNTs en procesos actuales de fabricación por infusión en aeronáutica

L. Sánchez^a, B. López^a, I. Gaztelumendi^b, R. Seddon^b, M. Chapartegui^b, P.Latko^c

^a Departamento de Ingeniería de Materiales Avanzados, FIDAMC, Getafe 28906, España

^b Departamento de Industrial y transporte, TecNALIA, San Sebastián E-20009, España

^c Fundacja Partnerstwa Technologicznego - Technology Partners, Warszawa 00-001, Polonia

RESUMEN

La necesidad de mejorar las propiedades no intrínsecas de los materiales compuestos, es un hecho que lleva a estudios como el realizado en este proyecto, donde se analiza la posibilidad de integración de nuevos materiales en desarrollo con materiales comunes, para dotarles de una mejora de propiedades mecánicas o eléctricas.

El objetivo principal del proyecto es analizar la posibilidad de introducir los nuevos materiales en los procesos de fabricación actuales mejorando las propiedades del material base (tejido de fibra de carbono seco infundido con resina epoxi monocomponente), bajo requerimientos aeronáuticos.

Los dos materiales en desarrollo son elaborados con nanotubos de carbono en dos formatos diferentes: buckypapers y velos termoplásticos dopados.

Se ha estudiado la implementación de cada uno de estos materiales en los procesos de infusión actuales, más concretamente procesos de fabricación por RTM (*Resin Transfer Moulding*). Las posibilidades que se han estudiado son: buckypapers incorporados en preformas secas, para su posterior infusión y velos dopados embebidos en preformas secas, para su posterior infusión.

Los resultados obtenidos hasta el momento (segundo año del proyecto) son satisfactorios, aunque es necesario optimizar los materiales para mejorar la automatización del proceso de fabricación y conseguir una mejora mayor de propiedades.

Palabras clave: Nanomateriales, Conductividad eléctrica, Propiedades mecánicas, Procesos de fabricación, Aeronáutica, Infusión.

Industria 4.0: El control de materiales y procesos de fabricación de CFRPs a través del laboratorio digital

P. J. Astola^a, P. Rodríguez^a, F. J. Botana^b, M. Marcos^c

^a TITANIA, Ensayos y Proyectos Industriales S.L. P.T. Tecnobahía, ed. RETSE nave 4, 11500, El Puerto de Santa María, España.

^b Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcyp), Universidad de Cádiz, Avenida de la Universidad de Cádiz s/n, 11519 Puerto Real (Cádiz), España.

^c Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, Universidad de Cádiz, Avenida de la Universidad de Cádiz s/n, 11519 Puerto Real (Cádiz), España.

RESUMEN

La industria aeroespacial es conocida por ser uno de los sectores más exigentes con los que trabajar. Está fuertemente normalizado, monitorizado y auditado en nombre de la seguridad aérea. En este escenario, la mejora continua es una necesidad, para cumplir no sólo con los requisitos, sino también los plazos y costes. TITANIA, uno de los laboratorios más reconocidos de ensayos de materiales que trabaja para el sector aeroespacial, se actualizó a un sistema de gestión integral a medida para hacer frente al gran volumen de datos que entrega a sus clientes. Después de un esfuerzo de dos años, ahora está explotando sus resultados ofreciendo mejor cumplimiento de plazos, informes de ensayo robustos y nuevos servicios de análisis de datos. La transformación digital ha empujado a TITANIA hacia la Industria 4.0. Este trabajo presenta la metodología seguida y los primeros resultados obtenidos.

Palabras clave: Industria 4.0, Sin papel, Registro único, Aeroespacial, Gran volumen de datos.

Modelado por Elementos Finitos de las deformaciones térmicas en componentes de Material Compuesto

E. Graciani^a, A. Estefani^a, F. París^a

^a Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Universidad de Sevilla,

Edificio Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Camino de los Descubrimientos s/n, Sevilla, 41092, España

RESUMEN

Se presenta un estudio comparativo de cuatro modelos de elementos finitos (modelos MEF) para determinar las deformaciones térmicas de un componente típico de la industria aeronáutica. Empleando como referencia un modelo MEF detallado con elementos sólidos, se determina la precisión obtenida con modelos MEF que emplean elementos shell. El componente está formado por cuatro paneles planos, que presentan partes curvas (relativamente pequeñas) en las dobleces presentes en las zonas de unión de los paneles.

El estudio pone de manifiesto que es fundamental una correcta modelización de los laminados curvos para obtener resultados precisos.

Si el modelo MEF con elementos shell se construye ignorando dichas zonas curvas, como se hace típicamente en los modelos destinados al cálculo de la respuesta ante cargas o presiones, los resultados obtenidos no son satisfactorios. La precisión no mejora significativamente si se modelan con detalle las zonas curvas, definiendo las propiedades de los elementos shell en estas zonas de forma análoga a como se definen en las zonas planas.

Por consiguiente, se presenta una técnica para modificar las propiedades térmicas dentro del plano de los elementos que modelan los laminados en las zonas curvas, para forzarlos a sufrir los mismos cambios de forma que sufren dichos laminados curvos. El modelo MEF con elementos shell obtenido con esta técnica ofrece una precisión análoga a la obtenida en el modelo MEF con elementos sólidos, con un coste computacional sensiblemente inferior.

Palabras clave: Deformaciones térmicas, Elementos finitos, Laminados curvos.

Caracterización de nuevas generaciones de preimpregnados fuera de autoclave (OoA)

R. Páez^a, L. Utrera^a, F. J. Botana^b, L. González-Rovira^b

^a Titania, Ensayos y Proyectos Industriales S.L., El Puerto de Santa María, 11500, España

^b Grupo de Corrosión y Protección, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad de Cádiz, 11519 Puerto Real, España

RESUMEN

Las nuevas generaciones de preimpregnados para procesos Fuera de Autoclave (OoA), también denominados VBP (Vacuum Bag Only), están alcanzando los niveles de madurez necesarios que permitirían fabricar con esta tecnología componentes con calidad de autoclave. Estos materiales se caracterizan porque promueven la evacuación de aire y minimizan la formación de defectos antes de la polimerización completa. Para ello, es necesario controlar los factores que gobiernan los fenómenos que se producen en su interior, tales como compresión de las telas, flujo de resina y crecimiento de huecos. Además, deben tenerse en cuenta las propiedades de las fibras y resinas constituyentes, y parámetros relacionados con la etapa de curado como la temperatura, la calidad del vacío y la duración del mismo.

En este trabajo se han estudiado comparativamente preimpregnados convencionales y preimpregnados específicos OoA. Para ello, se han laminado y curado varios paneles únicamente con bolsa de vacío y sin presión de autoclave. Posteriormente, se han caracterizado mediante la realización de ensayos normalizados de microscopía óptica, inspección con ultrasonidos y mecánicos.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que actualmente los preimpregnados fuera de autoclave presentan propiedades similares a los preimpregnados convencionales. Superada esta etapa, los futuros estudios y desarrollos deberían orientarse, entre otros aspectos, a garantizar la robustez de los procesos de fabricación basados en la utilización de estos materiales y a la optimización de la fabricación de grandes estructuras con geometrías complejas.

Palabras clave: Fuera de autoclave, Preimpregnado OoA, VPB.

Mechanisms of air removal and void development in Out-of-Autoclave processing of laminates

J. J. Torres^a, F. Sket^a, C. González^{a,b}, M. Simmons^c

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

^b Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Prof. Aranguren, 3, 28040 Madrid, España

^c Hexcel Composites, Duxford, Cambridge CB22 4QD, Reino Unido

RESUMEN

This study aims at understanding the void formation, transport mechanisms and porosity evolution during OoA consolidation process. The laminates were conformed by stacking and compacting of prepregs by two different technologies: manual (Hand lay-up, HLU) and automatic (Automated fiber placement, AFP). Subsequently the laminates were cured by the vacuum bag only (VBO) technique in an industrial oven at atmospheric pressure. The porosity characterization was performed using ultrasound and x-ray tomography technologies at different stages of the cure cycle. Ultrasonic inspections showed that the porosity is heterogeneously distributed, where the higher volumetric fraction of pores is located in the center of the laminate. X-ray tomography provided three-dimensional (3D) information of samples of the laminates and it allowed a quantitative and qualitative study of the pores within the tows of fibers and the porosity located between the layers of prepregs during the curing process.

The prepregs designed for out of autoclave are partially impregnated in such a way to provide air evacuation channels in the fiber tows. The porosity of these channels was efficiently extracted and a volumetric fraction of pores entrapped between layers were evacuated during the curing process. The behavior of the evacuation channels and the porosity evolution for both stacking technologies were compared. An analytical model of the evolution of a pore was also developed.

Palabras clave: Out of Autoclave, Prepregs, Vacuum bag only, Porosity, X-ray tomography.

Proceso Automatizado de conformado para omegas con alta curvatura

F. J. Chamorro Alonso, M. Mora Mencia

Departamento de Estructuras Integradas, FIDAMC
francisco.chamorro@fidamc.es
Maria.Mora.Mendias@fidamc.es

RESUMEN

El presente documento describe un innovador proceso de fabricación para la obtención de omegas con alta curvatura.

Partiendo del conformado de una omega en plano, se obtiene la geometría de una omega con alta curvatura en un segundo proceso de fabricación, sin aparición de arrugas.

Con este proceso de fabricación, omegas curvas que actualmente se realizan de forma manual, puede llegarse a automatizar, con el consiguiente de beneficio de:

- Proceso altamente repetitivo.
- Gran nivel calidad.
- Fácilmente automatizable.
- Reducción de costes recurrente y Lead Time.

En este trabajo se muestra el proceso inicial de obtención de la omega con curvatura, para posteriormente describir el proceso final fácilmente industrializable, y los ensayos realizados para validar dicho proceso.

Aunque el trabajo se centró en la obtención de una omega curva, es fácilmente extrapolable a otras configuraciones, como cuadernas en Z.

Palabras clave: Conformado, omegas, alta curvatura, automatización.

Dry carbon fiber applications in aerospace sector and automation options

A. Gandarias^a, H. Gutierrez^a, J. Nuñez^b

^a Composites Division, Danobat S. Coop., Elgoibar 20870, Spain
^b Strategic Innovation Area, IK4-IDEKO, Elgoibar 20870, Spain

RESUMEN

Considering the latest introduction of the dry multiaxial fabrics into Aeronautical applications/programs (wing skins, Vertical Tail Plane [VTP] skins, winglets, bulkheads, cargo doors, etc.), together with the lack of automation for the preform creation and its deposition onto the corresponding molds, this paper will cover different potential solutions for the manufacturing of skins and stiffeners. In all cases, looking to the automated dry multiaxial fabric preform creation, lay-up and forming.

Palabras clave: Aerospace, Dry fiber, Woven, NCF, Automation.

Proceso de fabricación de estructuras de materiales compuestos de fibra de carbono mediante moldeo por compresión asistido por membranas

M. Salvado^a, M. Marcos^b, F. J. Botana^c, B. M. Simonet^d

^{ab} Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, E.S.I., Avda. Universidad de Cádiz, 10, 11519 Puerto Real, Cádiz, España

^c Departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, E.S.I., Avda. Universidad de Cádiz, 10, 11519 Puerto Real, Cádiz, España

^d Nanotures S.L. Parque Tecnológico Agroindustrial, C/ de la Inteligencia, nº 18, 11591 Guadalcaçin, Jerez de la Frontera, Cádiz, España

RESUMEN

Los principales objetivos que se persiguen con este trabajo de investigación son buscar nuevas vías de reducción de costes de fabricación de materiales compuestos, automatizar los procesos y mejorar la eficiencia energética buscando alternativas al uso de autoclave, cumpliendo siempre los requisitos de calidad. Para ello, se estudia un proceso de curado fuera de autoclave mediante un sistema innovador de curado automático y rápido de piezas de materiales compuestos para los sectores aeronáutico, automoción y construcción.

El procedimiento permite el curado de preimpregnados de diversos materiales y geometrías. El proceso incluye aporte de temperatura mediante placa calefactable con resistencias eléctricas, presión y vacío regulables a través de un compresor de aire, y refrigeración mediante circuito a través de placas mecanizadas. La principal característica innovadora de este sistema es el aporte de presión con aire comprimido a la pieza mediante una membrana de silicona moldeable y reutilizable, lo que permite ampliar el campo de estudio a elementos complejos salvando la limitación actual de las prensas de platos calientes, y sin la necesidad de colocar contraútil. Se fabrican piezas de CFRP curada en este nuevo sistema, posteriormente se comparan sus propiedades con piezas curadas en autoclave y se obtienen propiedades similares, además se reducen considerablemente los materiales auxiliares. Se puede concluir que dicho sistema mejora la eficiencia energética, disminuye los costes y optimiza los tiempos.

Palabras clave: Polímero reforzado con fibra de carbono, Curado, Fuera de Autoclave.

Ensayos de fabricabilidad del revestimiento inferior de un ala en fibra seca mediante encintado en FP y posterior conformado e infusión

P. Tabarés, B. Fantina

Departamento de Ingeniería de Desarrollo y Fabricación (fibra seca), FIDAMC, Getafe-Madrid 28906, España

RESUMEN

En los últimos años muchos de los desarrollos realizados en el campo de los materiales compuestos se han centrado en procesos de fibra de carbono seca, y los esfuerzos han ido dirigidos a alcanzar con estos materiales los mismos niveles de industrialización que con los materiales de fibra de carbono preimpregnada, ya que se trata de una tecnología de bajo coste y con una alta productividad.

El objetivo de este proyecto ha sido desarrollar los métodos de fabricación de fibra de carbono seca hasta obtener un proceso automatizado, robusto y eficiente para conseguir llegar a fabricar el revestimiento inferior de un ala con larguerillos y largueros integrados mediante encintado automático en Fiber Placement, posterior conformado en caliente y por último un proceso de infusión de resina mediante el sistema "Vacuum Assisted Process".

Para conseguir este objetivo se ha realizado la puesta a punto de la máquina de Fiber Placement optimizando los parámetros de encintado para el procesado del material a utilizar (fibra Hi-Tape de Hexcel de anchura 1/2").

Por otro lado se han realizado diversas pruebas de conformado en caliente de los laminados encintados mediante el proceso anterior, modificando variables de proceso, detalles de utillaje y configuración de bolsa de conformado, para la obtención de las preformas de rigidizadores y largueros.

Por último la integración de rigidizadores, largueros y revestimiento se ha realizado mediante un proceso de infusión de resina mediante la técnica VAP "Vacuum Assisted Process".

Desarrollo y automatización de nuevo proceso de fabricación de composites basado en preimpregnados de curado ultravioleta

A. Aranburu, F. J. Vallejo

Departamento de procesos de fabricación, IK4-IDEKO, Arriaga industrialdea, 2, E-20870 Elgoibar (Gipuzkoa), Spain.

RESUMEN

Con el objetivo de mejorar los costes del proceso de fabricación y las propiedades de los composites para competir con otros materiales, se ha desarrollado un nuevo proceso de impregnación, consolidación y curado de composites reforzados con fibra de vidrio. Este nuevo proceso basado en preimpregnados de curado ultravioleta se presenta como alternativa a los procesos tradicionales de fabricación de composites incluyendo la infusión y el curado en autoclave.

Este nuevo proceso consta de dos etapas. En primer lugar, la fabricación automatizada de los preimpregnados de curado ultravioleta. En segundo lugar, la consolidación mediante aplicación de presión y radiación ultravioleta del composite dando lugar a la pieza final.

En este trabajo se analizará el proceso de fabricación de los preimpregnados y se analizará el efecto de los distintos parámetros de control del proceso completo compuesto por la impregnación, el ajuste de cantidad de resina y el precurado. Se analizarán los distintos preimpregnados fabricados en términos de durabilidad, así como el comportamiento mecánico del composite final. Finalmente se describirán los prototipos necesarios para la automatización de las dos etapas del proceso.

Palabras clave: Fibra de vidrio, Preimpregnados, Curado UV, Automatización, DEA, Resistencia interlaminar.

Reducción de costes mediante la fabricación integrada de un panel rigidizado por ambas caras usando un proceso de cocurado de CFRP

I. López a, J. Martín^a

^a Departamento de R&T y Desarrollo de Composites, ALESTIS Aerospace Sevilla, España.

RESUMEN

El mamparo vertical de la S19.1 del A350 XWB consiste en un panel plano monolítico de CFRP rigidizado por ambas caras mediante elementales de CFRP ensamblados al mismo a través de uniones convencionales de remachado.

La finalidad de este proyecto es desarrollar un proceso de fabricación con un alto nivel de integración de la estructura con el objeto de obtener una reducción de costes mediante la disminución de tiempos de fabricación y eliminación de operaciones de montaje, manteniendo o disminuyendo el peso global del componente.

Se describen los ensayos realizados para el desarrollo del proceso de fabricación de un panel plano integrando con rigidizadores CFRP de geometría "Ω" por ambas caras como concepto innovador, así como elementos CFRP de geometría "T" en una de ellas, evaluando diferentes configuraciones y alternativas de procesos de cocurado y copegado con el objeto de demostrar la viabilidad de los mismos así como los requerimientos dimensionales y de tolerancia de la estructura.

Los resultados obtenidos garantizan la fabricabilidad y cumplimiento de requerimientos del componente mediante un proceso íntegramente cocurado como opción más ventajosa suponiendo un ahorro significativo de coste mediante la eliminación de operaciones y materiales de montaje y reducción del tiempo total de fabricación.

Palabras clave: CFRP, Rigidizadores "Ω", Integración, Cocurado, Copegado, Pesa de curado, Coste.



Flexible, efficient and automated fast manufacturing of high performance composite parts

R. Mezzacasa^a, M. Segura^a, X. Irastorza^a, I. Harismendy^a, H. Sehrscho^b

^a Area Estructuras en Composites, División Industria y Transporte, Tecnalía, España.

^b Fill, Gurten , Austria

RESUMEN

Fibre-reinforced polymer composite materials are leading candidates as component materials to improve the efficiency and sustainability of many transport modes. Advantages of high performance composites are numerous including lighter weight and reduced assembly costs due to high level of integration potential. This translates into greater weight savings resulting in improved performance, greater payloads, fuel savings and emissions reductions.

However, the current manufacturing processes used in aeronautic and automotive still represent high capital investments for SMEs and this represents a major barrier for their deployment in sectors like automotive and others.

In this context, during the LOWFLIP project, Tecnalía, Fill and other partners have recently developed a low cost manufacturing process dedicated to structural composite parts for sectors like automotive and others, with the following features:

- New fully automated process chain with pick and place multigripper solution providing high production capacity and high quality/ structural performance, with low level of investment, accessible for SMEs.
- Fast preforming, heating and curing with snap cure prepregs and very significant reduction of energy consumption during the process due to innovative toolings

The automated cell developed is ready for implementation in the main sectors using composites.

Palabras clave: composites, manufacturing, automation.

Nuevos procesos de fabricación de fuselajes en material compuesto

M. Torres^a, S. Díaz^a, I. Idareta^a, C. García^a

^a MTorres Diseños Industriales, Torres de Elorz 31119, España

RESUMEN

El presente documento describe un nuevo concepto de fabricación de fuselajes en material compuesto, orientado a la minimización de los costes de fabricación a través de la generación de una estructura de fuselaje monocasco, que permita reducir el número de remaches y también las operaciones de unión de componentes, por medio además de un proceso que evite el empleo de moldes, generando finalmente una estructura ligera y adaptable. El proceso facilita a su vez un alto nivel de automatización de la fabricación de fuselajes en material compuesto y abre la puerta a una mayor aceptación de esta aplicación en el sector aeronáutico.

El documento expone el diseño del proceso de fabricación y la implementación de dicho proceso productivo para la fabricación de un demostrador del concepto a escala real dentro de las instalaciones de MTorres, exponiendo la reducción del ciclo productivo y los costes de fabricación generales en base a la simplificación del diseño estructural y la integración de componentes en una sola pieza. También se valoran otras variables adicionales que pueden beneficiar a la reducción de costes y tiempos de ciclo del proceso productivo.

Palabras clave: Fibra de carbono, Fabricación, AFP, Fuselaje, Monocasco.

Perfiles recubiertos en línea: Optimización del proceso de pultrusión (proyecto COALINE)

N. Lardiés

Departamento de Composites, AIMPLAS, C/ Gustave Eiffel, 4. Valencia

RESUMEN

Los perfiles de composite obtenidos mediante el proceso de pultrusión están sustituyendo a los metales en sectores como construcción y automoción, gracias a dos interesantes propiedades: ligereza, ya que consiguen reducir el consumo de combustible del vehículo, y resistencia a la corrosión. Sin embargo, a la hora de recubrir el perfil con el fin de obtener las cualidades estéticas necesarias y nuevas funcionalidades se ponen de manifiesto algunas limitaciones durante el pintado (elevada mano de obra y emisión de contaminantes como partículas en suspensión y compuestos orgánicos volátiles), reduciendo su competitividad frente a los metales.

En este trabajo se presentan los resultados del proyecto europeo COALINE en el que se ha optimizado el proceso de pultrusión consiguiendo recubrir el perfil (con un gelcoat o con una imprimación) dentro del molde gracias al desarrollo e integración de un sistema de sensores (necesario para ajustar el grado de curado de la resina en cada estado del proceso), una tecnología de curado mediante microondas (para acelerar el tiempo de curado de la resina y poder acortar la longitud del molde) y un diseño avanzado del molde modular.

Se han fabricado dos moldes y se ha obtenido un perfil recubierto con un gelcoat ignífugo para el sector de construcción. Para el sector de automoción se ha obtenido un demostrador con perfiles recubiertos con un primer y unidos mediante un adhesivo con capacidad de despegue, para favorecer su posterior reciclado. Se consigue reducir el coste de producción y de mano de obra en un 35%.

Palabras clave: Pultrusión, coating, recubrimiento, en línea, gelcoat, sensores, microondas, COVs, composites, perfiles, construcción, automoción.

Fabricación integrada de paneles sándwich con elementos estructurales en CFRP

A. Frutos^a, J. Martín^a, J. Moreno^b

^a Departamento de R&T y Desarrollo de Composites, ALESTIS Aerospace Sevilla, España.

^b Departamento de Diseño, ALESTIS Aerospace Sevilla, España.

RESUMEN

La estructura de la Belly Fairing del A350XWB está compartimentada mediante paneles sándwich verticales unidos entre sí mediante remachado a elementos estructurales metálicos y componentes monolíticos de CFRP en la parte inferior del carenado. Esta división, entre otras funciones, asegura la integridad y forma aerodinámica de la estructura.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un proceso de fabricación que permita obtener una estructura de grandes dimensiones (4 a 5 m) integrada por los diferentes elementos que la componen -Panel sandwich & struts metálicos & pie de panel- garantizando la fabricabilidad de la misma así como la función estructural de cada uno de los componentes. En este artículo se describe:

El diseño del componente integrado mediante la sustitución de elementos estructurales metálicos por elementos de CFRP empleando varias geometrías y materiales, tanto de curado a 120° y 180° C.

Desarrollo y resultados de ensayos de fabricación mediante procesos de cocurado y coencolado de estructuras sándwich con elementos monolíticos curados conjuntamente a baja presión.

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de una fabricación integrada de los diferentes componentes monolíticos en una estructura compleja sándwich constituyendo un ahorro de costes y una oportunidad de reducción de peso al disminuir el número de uniones, remaches y procesos de montaje.

Palabras clave: Fabricación integrada, Cocurado, Coencolado, Struts, Estructuras sandwich, Estructuras monolíticas.



Fabricación aditiva de estructuras 3D reforzadas: efectos de los parámetros de impresión en el comportamiento mecánico

M. A. Caminero^a, J. M. Chacón^b, E. García-Plaza^a, P.J.Núñez^a, I. García-Moreno^a, G. P. Rodríguez^a

^aE.T.S. Ingenieros Industriales de Ciudad real, INEI, Univerisdad de Castilla-La Mamcha, 13071-Ciudad Real

^bE.T.S. Ingenieros Industriales de Ciudad real, IMACI, Univerisdad de Castilla-La Mamcha, 13071-Ciudad Real

RESUMEN

La impresión 3D o prototipado rápido es un método de fabricación aditiva que se emplea para la generación de prototipos y piezas funcionales. FDM (Fused Deposition Modelling) es la más popular debido a su uso extensivo en impresoras 3D para la fabricación de piezas con geometrías complejas, con las ventajas de un bajo coste y sin necesidad de mecanizados. La calidad de las partes fabricadas (acabado superficial, precisión dimensional o propiedades mecánicas) dependen de diversas variables del proceso. El estudio de la influencia de estos parámetros es de gran importancia para entender el funcionamiento de materiales de impresión 3D, y para determinar los desarrollos futuros.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la influencia de los distintos parámetros de impresión (orientación, altura de capa y velocidad de impresión) en el comportamiento mecánico de probetas fabricadas con impresoras 3D comerciales. Se han realizado ensayos de tracción y flexión de 3 puntos para evaluar las propiedades mecánicas bajo distintos parámetros del proceso. Finalmente, los resultados obtenidos se han verificado ensayando una estructura funcional como caso práctico.

Palabras clave: Impresión 3D, PLA, ABS, orientación de impresión, espesor de capa, velocidad de impresión, comportamiento a tracción, comportamiento a flexión, análisis de fallo.

Optimización de una tinta de resina termoestable con nanotubos de carbono para impresión por tecnologías de inyección

M. Campo^a, A. Cortés^a, A. Jiménez-Suárez^a, R. Moriche^a, S. G. Prolongo^a, A. Ureña^a

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

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es desarrollar una tinta de resina termoestable nanorreforzada para su posterior uso en las impresoras con tecnología de inyección de material para fabricación aditiva (tecnologías Inkjet).

En primer lugar se han optimizado las condiciones de impresión de la tinta con resina epoxi nanorreforzada con distintos porcentajes de nanotubos de carbono y nanopartículas de grafeno. Posteriormente, se han impreso con estas tintas circuitos y probetas para evaluar sus propiedades eléctricas y mecánicas. Las tintas de resina epoxi con nanotubos desarrolladas son adecuadas para la deposición por inyección y han permitido fabricar circuitos reproducibles. La dispersión del nanorrefuerzo dentro de la resina es adecuada y con un 0,3 %wt. de nanotubos de carbono se obtiene un circuito con conductividad eléctrica. Las propiedades mecánicas medidas en las probetas de pequeñas dimensiones impresas con esta tinta son similares a la de la resina pura.

Palabras clave: Nanotubos de carbono, Tinta nanorreforzada, Impresión 3D por inyección.



Optimización del proceso de infusión (LRI) mediante software de simulación por elementos finitos

C. Churiaque^a, J. M. Sánchez-Amaya^a, J. Botana^a, R. Páez^b, L. Utrera^b

^a Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcyp),

Universidad de Cádiz, Escuela Superior de Ingeniería, Puerto Real (Cádiz), 11519, España

^b Titania, Ensayos y Proyectos Industriales S.L., El Puerto de Santa María (Cádiz), 11500, España

RESUMEN

Los procesos de infusión (LRI) pueden llegar a suponer una reducción de costes muy significativa aunque aún no están ampliamente extendidos en aplicaciones aeronáuticas. Prescindir de autoclave, menores costes de materiales y posibilidad de fabricar estructuras integradas reduciendo el número de uniones son algunas de sus ventajas, aunque siguen presentando algunos inconvenientes como la necesidad de aplicar el método "Ensayo-Error" o disponer de amplia experiencia en el diseño de estructuras.

El riesgo y coste asociado al proceso de infusión es alto, por lo que la industria tiende a emplear diseños más conservadores o a adoptar otras tecnologías y materiales alternativos menos competitivos. Por esta razón, se hace esencial una herramienta de simulación que permita optimizar el proceso de LRI.

En este trabajo se ha llevado a cabo la optimización y la validación del proceso LRI de un demostrador de un cajón de un ala de una aeronave mediante el software de simulación PAM-COMPOSITES. Por un lado, se ha realizado un estudio geométrico y mallado del modelo, a continuación se han definido los parámetros que gobiernan el proceso, y por último se ha llevado a cabo un análisis de los resultados y una validación de los mismos mediante una infusión real del demostrador.

Los resultados obtenidos han permitido principalmente controlar tiempos de fabricación, mejorar estrategias de inyección y venteo, y predecir zonas secas y avances de flujo. Estos resultados han permitido optimizar el proceso de LRI del demostrador, dando así continuidad a otros estudios sobre la viabilidad de los procesos de infusión en estructuras primarias en el sector aeronáutico.

Palabras clave: Infusión de resina líquida (LRI), Simulación, PAM-COMPOSITES, VARI (Infusión de resina asistida por vacío).

A microlevel capillary study in composite materials by X-ray tomography

J. Castro^a, F. Sket^a, C. González^{a,b}

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

^b Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Prof. Aranguren, 3, 28040 Madrid, España

RESUMEN

One of the main problems associated with the manufacture of composite materials by liquid moulding (injection, infusion, etc.) is the generation of porosity. The optimization of the properties of the composites passes through a better understanding of the mechanisms of pore formation and transport. This pore formation is associated with a non-homogeneity of resin flow during the manufacturing process as a consequence of the double-scale porosity present in textile preforms. In the channels between bundles of fibers, the resin flows controlled by the pressure gradient and its viscosity. However, within the fiber bundles, the resin flows as a result of the capillary pressure. As a consequence, if the viscous and capillary forces are not balanced, non-homogeneous local flow occurs and the formation of pores, either between the fiber bundles, or internally to the bundles is produced. In this work a systematic study of the spontaneous wetting process of an E glass fiber bundle through wicking tests, using several fluids with different properties, viscosity, surface tension and contact angle is presented. The visualization of the front position of the resin flow at microscopic scale, as well as the formation of the menisci between fibers has been performed using X-ray tomography techniques using synchrotron radiation. The reconstructed volumes have made it possible to obtain detailed quantitative information on the geometry of the menisci which occur as a consequence of the surface tension operating at such scale. These characterization techniques constitute a fundamental tool for the optimization of the processing of composite materials by liquid moulding.

Palabras clave: Injection, infusion, Porosity, Capillary, X-ray tomography, Flujo.

Simulation based design of single-shot RTM process for an integrated aircraft door structure

I. Harismendy^a, J. Gayoso^a, R. Mezzacasa^a, J. Manzanares^b, G. Gorostiaga^b, M. Zufiur^c, A. Muelas^c

^a Aerospace Unit, Industry and Transport Division, Tecnalia Research & Innovation, Mikeltegi 2, San Sebastian, 2009, Spain

^b Analisis Y Simulación S.L, Leonardo da Vinci 14 (P.T.A.), Miñano, 01510, Spain

^c Fibertecnic S.A (Grupo AERNNOVA), Vitoria, 01013, Spain

RESUMEN

One of the advantages of resin transfer moulding (RTM) is the ability to manufacture in one single step (one-shot) integrated structures having complex geometries resulting in a lower number of parts and reduced assembly costs. However, the design and optimization of the process and the associated tooling can be particularly challenging.

This paper presents the approach for the production of a stiffened aircraft door structure using a single shot RTM process. In this case, the simulation of the process is a necessary step to accelerate and reduce the cost of the development phase, providing rapid solutions for testing the preliminary design options, as well as refined analysis for process and mould optimization, and final design checking.

The processing development has consisted of a complete material characterization and modelling followed by mould filling and curing simulations with PAM-RTM software. The results have been used to optimize the design of the mould and the RTM manufacturing process parameters. The paper also presents the results of the manufacturing of prototype components that validated the design obtained by the analysis.

Palabras clave: Composites, RTM, Simulation.

Análisis de los cambios en la zona pseudo-estacionaria del espectro de la fuerza de empuje en el taladrado en seco de apilados CFRP/CFRP

L. Marín^{a*}, J. Salguero^b, M. Álvarez-Alcón^c, S. R. Fernández-Vidal^c, M. Marcos^c

^a Dpto. de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Cádiz
Escuela Superior de Ingeniería, Avda. de la Universidad de Cádiz, N° 10, 11519, Puerto Real (Cádiz), España. *luis.marin@uca.es

^b Dpto. de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, Universidad de Cádiz

Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Avda. Ramón Puyol s/n, 11202, Algeciras (Cádiz), España

^c Dpto. de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, Universidad de Cádiz

Escuela Superior de Ingeniería. Avda. de la Universidad de Cádiz, N°10, 11519, Puerto Real (Cádiz), España

RESUMEN

En la actualidad, industrias como la aeronáutica apuestan por el uso de apilados o stacks de planchas de espesores relativamente bajos de matriz polimérica reforzada con Fibra de Carbono (CFRP, Carbon Fiber Reinforced Plastic) para su aplicación en estructuras finales. Estos apilados necesitan habitualmente ser taladrados como operación previa a su inserción en la aeronave durante el montaje final. Habitualmente, los stacks se forman mediante uniones mecánicas. Esto genera separaciones entre las planchas durante el primer impacto de la herramienta en la plancha interior, lo cual puede reflejarse y/o detectarse a través de los cambios registrados en los espectros de señales adquiribles a través de una sensorización del proceso.

En la presente contribución se analizan los cambios en el estado pseudo-estacionario de los espectros de la fuerza de empuje durante el taladrado en seco de apilados CFRP/CFRP. Estos cambios se han asociado a la discontinuidad espacial variable en la intercara del stack. De igual forma, las posibles derivas y su evolución con el tiempo contiene información acerca de las posibles alteraciones de la herramienta vinculadas al desgaste de la misma.

Palabras clave: Taladrado en Seco, Apilado, CFRP/CFRP, Vibraciones, Fuerzas.

Estudio del curado de materiales compuestos con DEA y DSC en la industria de la automoción

G. Oteo^a, S. Knappe^b

^a NETZSCH – Gerätebau Spain Branch office, Fructuós Gelabert 2, 08970 Sant Joan Despi, Spain

^b NETZSCH-Gerätebau GmbH, International Sales & Applications, Wittelsbacherstr. 42, 95100 Selb, Germany

RESUMEN

Los plásticos reforzados con fibras son los protagonistas actuales en la industria de la automoción, sus propiedades mecánicas y su ligereza hacen que sean únicos a la hora de disminuir el impacto que tiene el peso sobre el consumo de combustible. El curado de las resinas termoestables que forman la matriz del polímero reforzado es uno de los principales problemas a los que se enfrenta el sector.

A través de ejemplos de prácticos se demuestra que el comportamiento del curado de resinas termoestables se puede estudiar con las técnicas de análisis dieléctrico (DEA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). Monitorización del curado directamente en proceso es posible con el DEA.

Palabras clave: DSC, DEA, CFRP, GFRP, Curado, En proce.

Effects of laminate thickness and ply-stacking sequence on the low velocity impact resistance of carbon fiber-reinforced laminates

I. García-Moreno^a, M. A Caminero, G. P. Rodríguez

E.T.S. Ingenieros Industriales de Ciudad Real, Instituto de Investigaciones Energéticas y Aplicaciones Industriales (INEI) Avda. Camilo José Cela s/n, 13071

Ciudad Real

^airene.gmoreno@uclm.es

RESUMEN

Carbon/epoxy pre-impregnated has become one of the most demanded materials for some aeronautics structures. Boeing 787 and Airbus A350 are pioneers in incorporating carbon fiber-reinforced composite materials in primary structures as wings and airframe. Tailoring the laminate ply sequence involves a difficult challenge owing to the rigorous design and operational criteria. Given that composite materials present a high sensitivity to impact loads, it has been indispensable to examine the influence of different factors in the failure mechanisms after an impact event.

In this work, the effect of impact energy, stacking sequence and thickness on the impact damage resistance of CFRP composites was investigated. Damage response parameters as peak force, absorbed energy and delamination threshold were obtained from the impact curves. Then, a C-Scan imagen showed the damage extension using the non-destructive inspection Phased Array.

Palabras clave: CFRP laminates, impact damage resistance, size effects, stacking sequence effects.

Caracterización de la tenacidad a la fractura de materiales compuestos mediante medida de energía crítica por termografía infrarroja

P. Venegas^a, S. Neira^b, H. Usabiaga^c, J. Izaga^a, I. Sáez de Ocáriz^a, K. Gondra^b, S. Allue^b, X. Eguren^c, M. Olave^c, N. Murillo^d

^a Centro de Tecnologías Aeronáuticas (CTA), Juan de la Cierva, 1, 01510, Miñano, España.

^b GAIKER-IK4, Parque Tecnológico, Edificio 202, 48170 Zamudio, España.

^c IK4-IKERLAN, Pº Jose María Arizmendiarreta 2, 20500 Arrasate-Mondragón, Gipuzkoa.

^d TECNALIA, Pº Mikeletegi, 2. Parque Tecnológico, E-20009 Donostia, España.

RESUMEN

Se ha desarrollado un procedimiento experimental para caracterizar la resistencia interlaminar de materiales compuestos, concretamente preimpregnados de naturaleza viniléster-epoxi, basado en la determinación de su energía crítica mediante la realización de impactos consecutivos de baja energía sobre probetas del material en estudio.

La secuencia de impactos se ha realizado por medio de un impactador certificado, basado en un sistema de péndulo, y el sistema empleado para medir la integridad del material tras cada impacto ha consistido en la técnica de END de termografía óptica pulsada. En el presente estudio se han empleado una serie de 8 probetas fabricadas en fibra unidireccional de vidrio con diferentes disposiciones y tratamientos específicos, tanto sobre el refuerzo como la propia matriz resínica, al tratarse de un tejido asimétrico basado en una superficie de fibras continuas y la otra superficie con acabado de velo de vidrio, para llevar a cabo su caracterización. La técnica de END empleada ha permitido por un lado identificar de manera rápida y eficaz el inicio de la rotura de los materiales, y determinar así la energía crítica, y por otro lado ha permitido medir con precisión el área de las zonas delaminadas y determinar su localización en profundidad a través de representación gráfica por medio de proyección en canales RGB.

Los resultados obtenidos en la caracterización mediante el procedimiento propuesto han sido validados con ensayos de energía a fractura en modo I y II, obteniéndose niveles satisfactorios de correlación entre ambos procedimientos.

Palabras clave: Caracterización, material compuesto, preimpregnados, tenacidad a la fractura, impacto, energía crítica, END, Termografía, RGB.

Efecto del desalineamiento de los marcos de máquinas ensayo sobre las propiedades mecánicas de CFRPs

P.J. Astola^a, M. A. Rodríguez^a, F.J. Botana^b, L. González-Rovira^b

^a Desarrollos internos e innovación, TITANIA, Ensayos y Proyectos Industriales. P.T. Tecnobahía, ed. RETSE nave 4, 11500, El Puerto de Santa María, España.

^b Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcyp), Universidad de Cádiz, Avenida de la Universidad de Cádiz s/n, 11519 Puerto Real (Cádiz), España

RESUMEN

Tradicionalmente, los principales fabricantes de aeronaves han mostrado un gran interés en asegurar un alto grado de alineamiento en el tren de carga de las máquinas de ensayos que determinan las propiedades mecánicas de los materiales CFRP sujetos a ensayo.

Esto se manifiesta en la definición de requisitos exigentes en lo que a alineamiento se refiere en la propia normativa de ensayo de estos fabricantes, siendo el principal estándar de referencia la norma ASTM E1012. Esta norma establece distintas categorías o clases, en función a la deformación que registra una probeta instrumentalizada con galgas extensométricas. Concretamente, la norma define las clases 5, 8 y 10, siendo habitual establecer la clase 5 para ensayos estáticos sobre CFRPs, mientras que estos mismos ensayos sobre materiales metálicos suelen requerir clase 10.

El presente trabajo tiene por objetivo tratar de cuantificar la influencia del desalineamiento de los marcos de ensayo sobre las propiedades mecánicas de CFRPs sometidas a ensayo estático de tracción (resistencia máxima y módulo).

Adicionalmente, se ha estudiado la influencia sobre las propiedades mecánicas de la aplicación de correcciones de la probeta de verificación cuando se determina el grado de alineamiento en base a la norma de referencia ASTM E1012. Este último aspecto está siendo actualmente objeto de estudio por parte de los fabricantes aeronáuticos en el foro de discusión del programa de acreditación NADCAP, en su commodity NMMT.

El presente trabajo muestra la metodología empleada, así como los resultados obtenidos para su discusión.

Palabras clave: Alineamiento, Marcos de ensayo, Propiedades Mecánicas, ASTM E1012.

Flexión en materiales compuestos con distinta respuesta a tracción y a compresión

M. C. Serna Moreno^a, A. Romero Gutiérrez^a, J. L. Martínez Vicente^a, S. Horta Muñoz^a, P. A. Morales-Rodríguez^a, C. Rappold^{a,b}

^a Instituto de Investigaciones Energéticas y Aplicaciones Industriales, Universidad de Castilla-La Mancha, Av. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real, España.

^b GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research, Planckstrasse 1, 64291 Darmstadt, Alemania.

RESUMEN

Se plantea un estudio analítico y experimental de la respuesta a flexión de laminados formados por capas de fibra de carbono unidireccional pre-impregnadas con resina epoxi. Entre otras disposiciones, la configuración formada por agrupaciones de $\pm 45^\circ$ es de interés en la industria del transporte donde hay partes estructurales que están sometidas a esfuerzos de flexión y cortadura simultáneamente. Tomando como referencia los ensayos de flexión de tres puntos, el interés del trabajo reside en tener en cuenta en sus resultados el distinto comportamiento del material ante cargas de tracción y compresión. Desde el punto de vista experimental, se propone examinar el inicio y evolución del daño en el material mediante técnicas de visualización óptica y microscópica, comparándose las observaciones experimentales con las estimaciones analíticas. El modelo analítico utilizado se basa en la técnica de la sección homogeneizada y permite predecir el modo de iniciación del fallo que se producirá experimentalmente dependiendo del espesor de la probeta.

Palabras clave: Matriz polimérica, Fibra de carbono, Flexión en tres puntos, Distinto comportamiento a tracción y a compresión.

Análisis de las tensiones fuera del plano en laminados mediante diferencias finitas

A. Solís^a, S. Sánchez-Sáez^a, E. Barbero^a

^a Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, 28925, España

RESUMEN

En este trabajo se han determinado las componentes del tensor de tensiones completo que caracteriza el estado tensional que aparece en un laminado simétrico de material compuesto sometido a una carga uniaxial en su plano. Cobran, en este estudio, especial interés las componentes de tensión fuera del plano de aplicación de la carga y que son responsables de la aparición de mecanismos de daño que pueden originar el fallo del laminado como la delaminación y la rotura transversal por cortadura. Utilizando argumentos de simetría y la consideración de borde libre de tensiones como condición de contorno en tensiones, se construye un esquema de diferencias finitas que permite resolver las ecuaciones de equilibrio interno y obtener una solución físicamente válida. De esta manera, este planteamiento permite mejorar la aproximación que se consigue mediante el uso de elementos tipo lámina propia de planteamientos bidimensionales. Con el modelo desarrollado se han evaluado las tensiones fuera del plano para distintas secuencias de apilamiento, estudiando los valores máximos y mínimos de las distintas componentes de tensiones interlaminar al variar la orientación de estos laminados.

Palabras clave: Tensiones interlaminares, Laminado simétrico, Efecto de borde, Diferencias finitas.

Modelos de viscoelasticidad en green composites de PLA y refuerzo de cáscara de avellana con plastificante natural de aceite de linaza

J. F. Balart^a, V. Fombuena^a, D. García-Sanoguera^a, L. Sánchez-Nacher^a, T. Boronat^a

^a Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València, Alcoi – Alicante – España

RESUMEN

Al igual que los materiales poliméricos, los materiales compuestos conocidos como Green Composites, tienen un componente viscoelástico que, en función del tiempo, influye sobre el comportamiento mecánico de los mismos. Los materiales utilizados en ingeniería pueden ver afectadas sus propiedades mecánicas por factores como el tiempo y la temperatura, los cuales limitan su puesta en servicio.

Por tanto, este trabajo pretende modelizar el comportamiento viscoelástico de este biomaterial compuesto de una matriz polimérica de origen bio, ácido poliláctico (PLA), con un refuerzo de harina de cáscara de avellana y con diferentes contenidos de un plastificante de origen natural, aceite de linaza epoxidado (ELO). Para ello, se lleva a cabo una primera aproximación del comportamiento viscoelástico mediante los modelos simples.

El Modelo de Maxwell, contempla la combinación en serie de una componente elástica, representada por un resorte o muelle, y una componente viscosa, representada por un émbolo. El Modelo de Kelvin-Voigt, combina estas mismas componentes, pero en paralelo. Dado que estos dos modelos simples presentan limitaciones y no son fieles al comportamiento real, se modeliza también un modelo combinado de éstos, conocido como Modelo de Burguers, el cual contempla la combinación en serie de un elemento del Modelo de Maxwell con uno del modelo de Kelvin-Voigt. El objetivo del trabajo consta en la determinación de los parámetros que intervienen en cada uno de los modelos de viscoelasticidad para cada uno de los biomateriales en función del contenido de ELO.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Fatiga, Impacto.

The three-point off-axis bending method for determining in-plane shear properties in wood

J. M. Cabrero^a, C. Blanco^b, G. Vargas^c

^a Department of Building Construction, Services and Structures, School of Architecture, University of Navarra, 31080 Pamplona, Spain

^b School of Engineering (TECNUN) University of Navarra. Pº de Manuel Lardizabal, 13. 20018 Donostia-San Sebastian, Spain

^c Department of Mechanical Engineering, University of the Basque Country (UPV/EHU), Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastian, Spain

RESUMEN

Several methods to determine in-plane shear properties of anisotropic materials (i.e. fiber reinforced composite materials and natural wood) based on flexural loading have been proposed. One of those methods is the off-axis bending test that considers unidirectional composite materials subject to three-point bending (3-PB) loading. As a result of the anisotropic behaviour, unidirectional off-axis laminates subjected to flexure present a bending–twisting coupling that may cause, in the case of three-point bending loading, a lift-off of the specimen on the fixture supports. Such specimen lift-off has been considered one of the critical features to be considered on the mentioned experimental method. Besides, geometrical parameters and material elastic constants (i.e. longitudinal, transversal, and shear elastic moduli) influence the validity to use this method for characterizing in-plane shear properties. On that sense, an analytical approach for studying the material conditions for which the application of the off-axis 3-PB test is adequate to characterize natural wood is presented in this work.

The condition of small displacements and the condition of lift-off between the specimen and the fixture supports have been taken into account. Some theoretical ideas regarding stress and displacement fields are also presented. The in-plane shear characterization has been performed on two natural wood species: Norway spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*). Test conditions for the off-axis 3-PB experimental bending test, in order to ensure its applicability, are presented.

Palabras clave: Off-axis bending test, In-plane shear properties, Wood.

Detección de Arrugas en laminados de fibra de vidrio y de carbono usando técnicas de inspección por ultrasonidos

B. Larrañaga Valsero ^a, A. Fernández López ^a, A. Guemes ^a

^a Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial, Universidad Politécnica de Madrid, España.

RESUMEN

Las arrugas (ondulaciones fuera del plano de la fibra) son, desafortunadamente, un fenómeno común durante la fabricación de los materiales compuestos. Estos defectos internos degradan las propiedades mecánicas, por lo que todas las estructuras de material compuesto se inspeccionan para asegurar que cumplen con los altos estándares de calidad exigidos por la industria. En diseño, las piezas se sobredimensionan para mitigar el riesgo de arrugas y defectos no detectados. Mientras que las delaminaciones se caracterizan ampliamente con las técnicas tradicionales de ultrasonidos, las arrugas han sido tradicionalmente difícilmente detectables con dichas técnicas debido a que no suponen ningún cambio de densidad ni presentan una frontera para la onda elástica.

El objetivo de este trabajo es intentar detectar y caracterizar las arrugas que se producen en laminados gruesos de material compuesto. Para ello, distintas piezas con arrugas inducidas han sido inspeccionadas con técnicas de ultrasonidos. La frecuencia ideal para las inspecciones se ha determinado usando un modelo analítico en MATLAB. La amplitud de las arrugas se ha medido de forma visual en las piezas y comparado con los resultados obtenidos en los experimentos para determinar la validez del método propuesto.

Palabras clave: Ultrasonidos, Arrugas, Fibra de carbono, Fibra de vidrio.

Caracterización de elementos de protección térmica de materiales compuestos mediante análisis térmicos

P. J. Astola^a, M. A. Rodríguez^a, F. J. Botana^b, L. González-Rovira^b

^a TITANIA, Ensayos y Proyectos Industriales S.L. P.T. Tecnobahía, ed. RETSE nave 4, 11500, El Puerto de Santa María, España.

^b Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcyp), Universidad de Cádiz, Avenida de la Universidad de Cádiz s/n, 11519 Puerto Real (Cádiz), España.

RESUMEN

La competición automovilística de más alto nivel es uno de los sectores que lleva a los materiales al límite de sus especificaciones en su puesta en servicio, creando de esta forma conocimiento en nuevos campos tecnológicos. Un ejemplo es el empleo de estructuras realizadas en CFRPs en la competición, que empieza a trasladarse paulatinamente a la industria automovilística general.

El objetivo de este trabajo es determinar la eficacia de elementos de protección térmica que deben instalarse en aquellas estructuras de los vehículos fabricadas en CFRP expuestas a elevadas temperaturas, como por ejemplo los pontones que cubren la unidad de potencia y sus colectores de escape, tratando de discriminar cuales de ellas ofrecen una mejor protección al menor peso posible.

En este trabajo, se han evaluado 3 sistemas de protección distintos, sometiendo cada uno a 3 tipologías de ensayo, tales como, adherencia, peso y eficacia de protección térmica.

El método aquí descrito, ha posibilitado evaluar la distinta eficacia de los sistemas ensayados, arrojando datos adicionales sobre peso, adherencia y coste del sistema de protección.

Palabras clave: Automoción, Protección térmica, Caracterización, Materiales compuestos.

Quantitative TEM tomography of Poly lactic acid/clay nanocomposites for a better comprehension of processing-microstructure-properties relationship

M. Iturrondobeitia^a, J. Ibarretxe^a, R. Fernandez Martinez^a, P. Jimbert^a, A. Okariz^a, V. Srot^b, P. A. van Aken^b, T. Guraya^a

^a eMERes, Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco, 48013, Bilbao

^b Stuttgart Center for Electron Microscopy, Max Planck Institute for Solid State Research, Heisenbergstr. 1, 70569 Stuttgart, Germany

RESUMEN

The physicochemical properties of polymer nanocomposites (such as polymer/clay systems) are dependent on the properties of the polymer and filler, the reinforcement dimensionality, dispersion and orientation, and the nature of the interface between filler and matrix. Hence, thoroughly characterizing the morphology of those materials can lead to a better understanding of the behaviour of the final product and to improved design tools. The objective of performing TEM tomography (TEMT) on Poly lactic acid(PLA)/clay samples is to characterize their 3D microstructure, by obtaining the dispersion, distribution and orientation of the dimensions of the clays. This information cannot be elucidated from a qualitative TEM analysis or from conventional characterization techniques such as X-Ray diffraction.

To carry out this work, nanocomposites obtained by extruding a PLA matrix and Cloisite 30B clays are used. The nanocomposites are obtained by using different extrusion shear rates. Shear rate favours the exfoliation of the clay particles and their dispersion, leading to nanocomposites with different microstructures and properties. Then, quantitative TEMT is performed to all the nanocomposites and the resulting 3D quantitative characterization is used for the comprehension of the mechanical behaviour of the nanocomposites.

Palabras clave: Tomography, Segmentation, Microstructure, Bionanocomposites, Mechanical properties.

Tasa de liberación de energía equivalente y estabilidad de grieta en la configuración ENFR de modo mixto I/II

A. Boyano^a, J. de Gracia^a, A. Arrese^b, F. Mujika^b

^{a,b} GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA de materiales. Departamento de Ingeniería Mecánica

^a Escuela de ingeniería de Vitoria-Gasteiz c/ Nieves Cano 12, 01006 Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU

^b Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, Europa Plaza, 1, 20018 Donostia, UPV/EHU

RESUMEN

Se analiza el comportamiento de la propagación de la grieta mediante la configuración ENFR (End Notched Flexure test with roller). Se trata de una configuración para analizar fractura interlaminar en modo mixto I/II basada en el ensayo de Flexión con Entalla Final e incluye un rodillo metálico entre los dos brazos de la grieta para provocar un modo mixto de apertura. Se propone una tasa de liberación de energía equivalente teniendo en cuenta la interacción de los modos I y II, en base al criterio de fallo lineal. Se define la condición de estabilidad de crecimiento de grieta, en función de la derivada de la tasa de liberación de energía equivalente propuesta. Se realizan ensayos en probetas de laminado unidireccional reforzadas por fibra de carbono F593/T300 con el objeto de validar la tasa de liberación de energía equivalente y analizar la estabilidad de grieta. Por último, se resumen algunas recomendaciones para realizar ensayos mediante la configuración ENFR en condiciones óptimas.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Modo mixto, Tasa crítica de liberación de energía, Estabilidad de grieta.

Análisis del ensayo DCB de laminados angulares incluyendo tensiones residuales

J. de Gracia^a, A. Boyano^a, A. Arrese^b, F. Mujika^b

GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES

^a Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Universidad del País Vasco. Nieves Cano, 12, 01006 Vitoria-Gasteiz, España.

^b Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Guipúzcoa. Universidad del País Vasco. Plaza de Europa, 1, 20018. San Sebastián, España

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es la determinación analítica de la tasa de liberación de energía durante el ensayo DCB de composites laminados angulares.

Para ello se propone una aproximación basada en la energía complementaria del laminado incluyendo los efectos higrotérmicos. Dichos efectos generan deformaciones iniciales que, sin embargo, son impedidas por la propia configuración del ensayo DCB. Esto provoca la existencia de fuerzas y momentos que son calculados mediante el teorema de Engesser-Castigliano. Una vez obtenidas dichas cargas, se puede obtener una expresión analítica de la tasa de liberación de energía en base a la energía complementaria.

Para los ensayos se prepararon y caracterizaron laminados angulares de 16 capas, simétricos y anti-simétricos. La configuración de cada uno de los brazos o semi-laminados es igual en ambos casos, sin embargo la deslaminación se produce entre caras de diferente orientación. Los ensayos mostraron una buena correlación entre los resultados de los obtenidos mediante el cálculo analítico propuesto y otros métodos.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Fatiga, Impacto.

Configuración del ensayo ELS para la determinación de la tenacidad a la fractura en modo II en uniones adhesivas

M. Pérez-Galmés^a, J. Renart^a, C. Sarrado^a, J. Costa^a, A. Rodríguez-Bellido^b

^a Departamento EMCI, Grupo de investigación AMADE, Universitat de Girona, 17003, España.

^b Composite Technology, Materials and Processes, AIRBUS Operations S.L. Getafe, 28906, España.

RESUMEN

Para obtener la tenacidad a la fractura en modo II se utiliza habitualmente el ensayo ELS (End-Loaded Split) debido a que presenta mayor estabilidad frente a otros del mismo tipo. Como resultados, se obtienen los valores de iniciación del crecimiento de grieta y de su propagación, siendo estos últimos especialmente útiles para alimentar modelos de daño progresivo interlaminar. Los valores de propagación se deben obtener cuando la Zona de Proceso de Fallo (FPZ) se ha desarrollado. En ensayos de deslaminación, contemplados en la norma ISO 15114, la dimensión de la FPZ puede despreciarse frente al resto de dimensiones de la probeta, por lo que el crecimiento de grieta auto-similar se alcanza justo después de la iniciación de la propagación.

Sin embargo, en uniones adhesivas, la dimensión de la FPZ se incrementa notablemente debido a la plasticidad de los adhesivos, pudiendo llegar a ocupar toda la longitud reservada para la propagación de la grieta. Cuando esto ocurre, sólo se obtienen valores de iniciación, siempre inferiores a los valores de propagación, y por lo tanto demasiado conservadores para poder reproducir el comportamiento de la unión.

En este trabajo se presenta una metodología para definir la configuración del ensayo ELS y las dimensiones de la probeta requeridas para obtener resultados de propagación en uniones adhesivas. La metodología se define a partir de dos criterios que tienen en cuenta la longitud de la FPZ y la estabilidad del ensayo. Como resultado se obtiene un dominio de validez del ensayo donde se indica, para un cierto tipo de adhesivo y configuración de las probetas si se van a obtener resultados de propagación.

Palabras clave: Tenacidad a la fractura, Uniones adhesivas, Modo II, Ensayo ELS.

Evaluación de la absorción de energía y el daño en laminados de tejido sometidos a impactos de alta velocidad

L. Alonso^a, C. Navarro^a, S. K. García-Castillo^a

^a Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid. Leganés 28911, España

RESUMEN

En este trabajo se ha realizado una evaluación del comportamiento frente a impactos de alta velocidad de varias estructuras monolíticas fabricadas a partir de láminas de tejido equilibrados de fibra de vidrio E en resina poliéster, mediante técnicas experimentales. Fueron evaluados cuatro laminados de diferentes espesores: 3, 6, 9 y 12 mm, con respecto a la energía absorbida, la energía mínima de perforación, el tiempo de contacto entre el laminado y el proyectil y mediante técnicas de inspección no destructiva se estimó la extensión del área dañada en ambas superficies (entrada y salida) del laminado. A partir de los resultados obtenidos, se determinó que los laminados de mayor espesor presentan una mayor energía mínima de perforación, así como un mayor tiempo de contacto para esta energía de impacto. Adicionalmente, se observó que las máximas extensiones de área dañada tanto en la superficie de entrada del proyectil como en la de salida se alcanzan para una energía de impacto igual a la mínima de perforación.

Palabras clave: Laminado de tejido, Impacto, IND, Deslaminación, Energía absorbida.

A stiffness-based phenomenological model to predict the fatigue life of unidirectional CFRP laminates under tensile fatigue loadings

J. Llobet^a, P. Maimí^a, J. A. Mayugo^a, Y. Essa^b, F. Martin de la Escalera^b

^a AMADE, Departamento de Mecánica y Construcción Industrial, Universitat de Girona, Girona, 17003, España

^b AERENNOVA División de Ingeniería, Departamento de Integridad Estructural, Madrid, 28050, España

RESUMEN

Fibre-reinforced composite materials can withstand large number of loading cycles compared to traditional materials. However, predicting the damage progress and strength loss in a composite structure due to fatigue is difficult because of the complex interaction of different failure mechanisms.

This work investigates the decrease in the stiffness and strength in a high-performance unidirectional CFRP laminate subjected to on-axis fatigue loads. A stiffness-based phenomenological model is proposed in order to evaluate the damage growth due to fatigue through the longitudinal stiffness degradation.

Assuming that the laminate ultimate strain is independent of the distributed damage caused by fatigue, the residual strength model can be deduced, or its integral form, the S-N curve. Thanks to this assumption, the residual stiffness model is related to the residual strength model, and thus it has reduced the experimental characterization of phenomenological-based approaches. The accuracy of the model is verified by comparing the experimental data against the derived S-N curves.

Palabras clave: Intralaminar fracture, Fatigue strength, Fatigue testing.

Validación de un modelo numérico para caracterizar el daño por delaminación de laminados sometidos a impacto de baja energía

X. Eguren^a, H. Zabala^a, H. Usabiaga^a

^a Departamento de Mecánica, IK4-Ikerlan, P^o Jose Maria Arizmendiarreta, 2, 205000 Arrasate-Mondragón, España

RESUMEN

Se ha desarrollado una aproximación numérica a impacto de baja energía considerando el daño por delaminación de laminados reforzados con tejido woven de fibra de carbono. El experimento de validación ha consistido en ensayos de caída de dardo realizados bajo distintas energías de impacto (sub y supercríticas) y con laminados de distintos espesores.

El modelo numérico se ha desarrollado bajo el código de elementos finitos explícito Ls-Dyna. El desarrollo se ha basado en un problema de complejidad creciente. Inicialmente se han desarrollado y validado 3 modelos de laminado de distinto espesor bajo energías subcríticas. Posteriormente, se han considerado el fallo y daño por delaminación de tres espesores distintos de laminado a energías de impacto supercríticas. Para caracterizar el daño por delaminación se ha usado una ley cohesiva que se ha aplicado a través de elementos de contacto y de elementos cohesivos.

La validación compara tanto las relaciones de fuerza desplazamiento en el caso sub-crítico y supercrítico.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Delaminación, Impacto baja energía, Leyes cohesivas, Elementos finitos.

Fase de Fatiga & Tolerancia al Daño del Full Component Test del A350 XWB Sección 19.1

M. E. Gudiel, B. Quiñones, C. Aguado, J. Garcia

A350 XWB S19.1 Stress Office, Alestis Aerospace, Getafe 28906, España

RESUMEN

Este trabajo describe la fase de Fatiga y Tolerancia al daño del ensayo de CFRP de la sección S19.1 del avión A350 XWB. El objetivo de este ensayo fue demostrar que no se producen fenómenos ocasionados por la fatiga del material compuesto, así como que no se produce crecimiento de grietas. El ensayo de la S19.1 del A350 XWB es el primer ensayo que se realiza en una sección 19.1 de un avión de Airbus, por lo que el proceso que se ha seguido en este primer ensayo constituye un paso importante en el desarrollo de modelos experimentales que permitan conocer mejor el comportamiento de este tipo de estructuras.

El proceso llevado a cabo para la obtención de los datos relevantes para la realización del ensayo se describen en este trabajo:

Selección de puntos de chequeo en la estructura.

Instrumentación del espécimen de ensayo.

Generación del espectro de cargas de ensayo

Selección de los árboles para la introducción de las cargas en la estructura.

Optimización de las cargas para la correlación de las interfaces del espécimen.

Los resultados han demostrado que los requerimientos de Certificación se cumplen para esta estructura fabricada en materiales compuestos.

Palabras clave: CFRP, Ensayo, Cono de cola, Fatiga, Tolerancia al Daño.

Optimización de peso de estructuras carenadas de material compuesto

R. Cerrato^a, J. Llamazares^b, J. Garcia^c

^a Departamento de Métodos y Herramientas. Head of Stress. ALESTIS AEROSPACE. Madrid. España

^b Departamento de Cálculo Belly Fairing A350XWB. Chief Stress. ALESTIS AEROSPACE. Madrid. España

^c Departamento de Cálculo. Head of Stress. ALESTIS AEROSPACE. Madrid. España

RESUMEN

Este trabajo describe la optimización en peso llevada a cabo por ALESTIS AEROSPACE en una estructura tipo carena, diseñada y fabricada en material compuesto, mostrándose la aplicación en detalle para la estructura de la Belly Fairing del avión A350 XWB. El objetivo de este ensayo es enumerar y describir los procesos de optimización en peso de este tipo de estructuras, haciendo hincapié en los siguientes procesos:

Definición de la flotabilidad óptima en la unión de los paneles a la subestructura.

Diseño óptimo de los paneles sándwich.

Método para la obtención de las cargas fuera del plano en la unión estructura / panel sándwich.

Obtención de admisibles de la estructura de CFRP, basados en modelos de elementos finitos correlados con ensayos mecánicos.

Se describen también en este artículo tanto el proceso para la obtención de admisibles de ensayos como los métodos llevados a cabo para obtener la optimización en peso de los paneles.

Los resultados obtenidos demuestran que los requerimientos de Certificación se cumplen para la estructura de una carena compleja como la Belly Fairing del A350 XWB, fabricada en material compuesto con un diseño optimizado en peso.

Palabras clave: Carenas, CFRP, Sándwich, Optimización, Peso.

Caracterización acelerada de CFRP para la obtención de diagramas de vida constante

J. Zurbitu^{a*}, M. Cabello^b, C. Moravec^c, J. García-Martínez^c, M. Olave^a, I. Urresti^a, F. Martínez^{a,b}

^a IK4-IKERLAN Technology Research Centre, Mechanics, Structural Reliability. Arrasate-Mondragón, Spain.

^b IK4- IKERLAN Technology Research Centre Mechanics, Robust Design. Arrasate-Mondragón, Spain.

^c Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Structures and Mechanisms Area, Madrid, Spain.

*jzurbitu@ikerlan.es

RESUMEN

Existen distintas formas de obtener el comportamiento a fatiga de los materiales compuestos, como la aplicación teorías clásicas o la de modelos complejos de daño progresivo. Recientemente, se ha demostrado buena efectividad a la hora de predecir la vida a fatiga mediante diagramas de vida constante. Sin embargo, la gran cantidad de ensayos que se precisan, y el tiempo necesario para su realización, hacen de este método un proceso muy costoso en términos de recursos y tiempo.

El objetivo de este trabajo es, evaluar métodos de caracterización acelerados en conjunto con métodos estadísticos, para obtener diagramas de vida constante a fatiga aplicados a materiales compuestos de fibra de carbono, con un número reducido de ensayos y menor tiempo de caracterización.

Los resultados muestran que, combinando métodos de ensayos universales y acelerados con métodos estadísticos, es posible obtener un diagrama de vida constante para todo el rango de modos de sollicitación de tracción-tracción, tracción-compresión, y compresión-compresión, con un número reducido de ensayos. Así mismo, se observa que, los métodos de caracterización acelerados, muestran un límite de vida a fatiga similar a los convencionales.

Palabras clave: CFRP, Fatiga, Diagrama de Vida Constante, , Ensayo acelerado fatiga.

Analysis of the tufting process, an alternative to suppress delamination. A mesomechanical approach

J. A. Dieste, P. Castell, A. Miravete

COMPOSITEAS. C/ Romero 12, Polígono Empresarium. 50.720 Zaragoza

RESUMEN

Among the numerous strategies available for suppressing/decreasing delamination of laminated composite materials, the current work is focused on the tufting process. A literature study is carried out to underscore the advantages of this technology over alternative manufacturing techniques. The current paper presents with a mesomechanical composite modeling approach, based on a MMF (MicroMechanics of Failure) micromechanics scheme. The type of composite material analyzed here is a conventional ply laminate tufted along its thickness. In terms of mesomechanics, a new unit cell is described and formulated. In order to assess the accuracy of the current approach, three theory-experiment correlations studies have been carried out, the results obtained being quite accurate.

Palabras clave: Composite materials, micromechanics, mesomechanics, tufting, representative volume element, simulation, progressive damage, failure, finite element analysis.

Análisis de la descomposición de modos en ensayos de fractura interlaminar asimétricos

F. Mujika^a, A. Arrese^a, A.I. Boyano^b, J. De Gracia^b

^a GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES Departamento de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa.
^b GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES Departamento de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián.

RESUMEN

Los ensayos de fractura interlaminar se realizan habitualmente en probetas donde los dos brazos de grieta son simétricos. El ensayo de Viga en Doble Voladizo Asimétrica (ADCB) constituye una excepción, con brazos de distintos espesores con lo que se obtiene modo mixto I/II. La asimetría de ADCB se podría también aplicar a ensayos de Viga con Entalla Final (ENF), con lo que en principio también se obtendrían modos mixtos I/II.

La descomposición de modos propuesta por Williams no es válida en el ensayo ADCB y no se han encontrado trabajos relacionados con ensayos de ENF asimétricos en los que se considere la descomposición de modos.

En el presente trabajo se desean analizar distintas alternativas para la descomposición de modos en el caso de probetas con brazos asimétricos. La falta de simetría puede deberse a una diferencia de espesores, a una diferencia de materiales o a la combinación de ambos factores. Los resultados obtenidos serán comprobados en primera instancia con los resultados de análisis de descomposición de modos publicados en el caso de ensayos ADCB.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Descomposición de modos, Laminados asimétricos.

Flaw-Bridging in Composite Materials

A.P.S. Selvadurai^a

^a Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University, Montréal, QC, Canada H3A 0C3

RESUMEN

The implicit assumption in the modelling of fibre reinforced materials is that they are defect free. Defects in fibre-reinforced materials can be initiated during their service life and can result a variety of damage phenomena. This paper focuses on the mathematical treatment of the case where a defect is present in the matrix of a uni-directionally reinforced composite but the fibres themselves exhibit continuity across the matrix crack. This results in a processes that is referred to as "flaw bridging". The amplification of the stress intensity factors at the boundary of the matrix crack can be influenced by the bridging action, to the extent that if the the fibres are inextensible, the stress intensity factor can be suppressed. This paper examines the flaw bridging action in a unidirectionally reinforced composite, which can be reduced to the solution of a Fredholm integral equation of the second kind. The mathematical treatment is used to examine the influence of the bridging action on the crack opening mode stress intensity factors at the boundary of a penny-shaped crack.

Palabras clave: Uni-directional reinforcement, Crack bridging, Cracks in composites, Stress intensity factors.

Estudio Micromecánico del Efecto Escala en laminados de Material Compuesto

M.L. Velasco, F. París, E. Correa

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, 41092, España

RESUMEN

Desde el inicio de la aplicación de los materiales compuestos han ido surgiendo distintas teorías para predecir su comportamiento y fallo. Los autores ya realizaron un estudio previo, analizando a nivel macroscópico de forma teórica y experimental, el fallo de laminados no convencionales variando el espesor de las láminas que los forman, con el fin de evaluar el "efecto escala", también conocido como "in-situ strength", presente en ellos. De este estudio se constató la variación de resistencia aparente del laminado con su configuración (efecto escala) y se concluyó que la presencia de láminas con fibras alineadas en la dirección de la carga disminuye dicho efecto.

En este trabajo se va a profundizar en la comprensión del efecto mencionado, realizando un estudio a nivel micromecánico (nivel en el que se generan los daños que conducen a la rotura) del efecto escala con un enfoque energético. Para ello se ha empleado el Método de los Elementos de Contorno (BEM) aplicado a modelos de laminados con secuencia [0, 90_n]_s, donde se ha estudiado la influencia de n en la primera fase de generación del daño, que tiene lugar cuando se produce el despegue entre fibra y matriz. Los modelos desarrollados para contemplar el Efecto Escala son multiescala, involucrando una representación mesomecánica de las láminas del laminado (modeladas como homogéneas) y con celdas de nivel micromecánico en las que se representan separadamente fibra y matriz, teniendo estos modelos por tanto capacidad por un lado para recoger los mecanismos de daño experimentalmente observados y ser capaces por otro de ver la incidencia que el valor de n puede tener en la génesis del daño bajo consideración.

Palabras clave: Efecto Escala, Resistencia In-situ, Micromecánica.

Optical fibre based sensors application to structural health monitoring in composite materials

M. Jiménez^a, F. Simón^a, S. Goosens^b, B. De Pauw^b, T. Geernaert^b, F. Berghmans^b, D. Habas^c

^a Testing and Engineering of Aeronautical Materials and Structures S.L., Sevilla, España

^b Vrije Universiteit Brussel, Department of Applied Physics and Photonics, Brussels Photonics (B-PHOT), Brussels, Belgium

^c Hellenic Aerospace Industry, Schimatari, Greece

RESUMEN

Structural health monitoring (SHM) by means of embedded fibre optic (FO) sensors is able to perform diagnosis and prognosis of structural damages and defects. SHM system monitor structural status based on the acquired data resulting in the detection and characterization of damages and defects without necessity for the aircraft to be on ground. Optical fibre sensors are permanently installed in the structure and trigger maintenance actions only when a damage or defect of a particular size is detected.

To demonstrate the potential of FO sensors technology and their application by means of embedded sensors to composite material aerostructures, manufacturing trials have been performed and the influence in mechanical behaviour of the sensors' embedding has been studied by performing tests campaigns, at coupon level, for experimental validation.

This study is within the scope of SHERLOC, a project belonging to the Clean Sky 2 JU aeronautical research and development program, and of which main objective is to combine advanced Structural Health Monitoring (SHM) and smart repair technologies with a probabilistic design philosophy, and hence to develop new maintenance concepts to reduce the direct operative costs without lowering the operational safety of a composite fuselage.

Palabras clave: structural, health, monitoring, sensor, detection, damages, defects, maintenance, optical, fibre.

Fabricación y caracterización de materiales compuestos reforzados con óxido de grafeno

S. Horta Muñoz^a, M.C. Serna Moreno^a, J. M. González-Domínguez^b, P. A. Morales-Rodríguez^c, J. L. Martínez Vicente^a, E. Vázquez Fernández-Pacheco^b

^a Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Ciudad Real, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 13071, España

^b Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas-IRICA, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 13071, España

^c Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 13071, España

RESUMEN

El presente trabajo se centra en la obtención y caracterización mecánica de materiales compuestos de matriz polimérica reforzada con nanoestructuras de óxido de grafeno (GO). En primer lugar se lleva a cabo la selección de la matriz polimérica, de los parámetros para realizar un correcto curado y fabricación del material compuesto. El procedimiento propuesto tiene por resultado una dispersión adecuada del GO, sin necesidad de emplear disolventes, lo cual influye positivamente en las propiedades mecánicas del material final. La resina epoxi seleccionada como matriz se refuerza con diferentes porcentajes de GO para estudiar la influencia del refuerzo sobre las propiedades mecánicas aparentes.

Los materiales compuestos obtenidos utilizando dichas nanoestructuras son caracterizados mediante ensayos de compresión y de flexión de tres puntos. Mediante el uso de un equipo de Correlación Digital de Imagen (DIC) es posible evaluar el estado de deformaciones del material durante los ensayos. Este comportamiento se combina con las estimaciones analíticas del modelo desarrollado para tener en cuenta en los resultados del ensayo de flexión la diferencia de las propiedades elásticas a tracción y compresión del material. Además, se desarrollan simulaciones numéricas aplicando tanto el Método de los Elementos Finitos (FEM) como el Método de los Elementos Finitos Extendido (XFEM) cuyos resultados se utilizan para validar los datos experimentales y estimaciones analíticas.

Palabras clave: Nanocomposites, Matriz polimérica, Propiedades mecánicas, FEM, XFEM, Óxido de grafeno.

Ensayos de pull-off sobre probetas con rigidizadores en T

J. Justo, J. Reinoso, A. Blázquez, B. Gómez

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, ETS de Ingeniería, U. de Sevilla, Sevilla 41092, España

RESUMEN

En este artículo se muestran los resultados y conclusiones del análisis de una campaña de ensayos de pull-off sobre probetas constituidas por la unión de un rigidizador en T y un trozo de piel. Los ensayos pretenden reproducir, de forma aproximada, la configuración local simétrica que se produce en un panel rigidizado en régimen de postpandeo.

Se han considerado cuatro grupos diferentes formados por la combinación de dos geometrías y dos secuencias de apilado para rigidizador y piel. En total se han ensayado 10 probetas. Durante los ensayos, que han estado monitorizados con bandas extensométricas, se realizaron inspecciones visuales (especialmente después oír sonidos atribuibles a la aparición de daño) para detectar la presencia de despegues o delaminaciones y estudiar su evolución. Tras la rotura, se procedió al análisis visual y microscópico (óptico y electrónico) de las superficies de rotura.

Las inspecciones han mostrado la aparición de migraciones de las grietas desde la interfaz piel-rigidizador a interfaces internas de las primeras capas de la piel o viceversa, y se ha estudiado el efecto que la diferente configuración de cada probeta ha tenido sobre el lugar donde aparece el daño y la forma en la que progresa.

Palabras clave: Paneles rigidizados, Despegues, Delaminaciones, Uniones.

Effect of ply-thickness on the impact response of interleaved thin-ply non-crimp-fabric laminates: X-ray tomography investigation

S. M. García-Rodríguez^a, A. Bardera^b, A. Sasikumar^a, M. Ruiz^b, V. Singery^c, I. Boada^b, D. Trias^a, J. Costa^a

^a AMADE, Polytechnic School, University of Girona, Campus Montilivi s/n, 17003, Girona Spain

^b Department of Informatics, Applied mathematics and Statistics, University of Girona, Campus Montilivi s/n, 17003, Girona Spain

^c Chomarot, 39 Avenue de Chabannes, 07160, Le Cheylard, France

RESUMEN

Composite laminates subjected to out-of-plane loads develop damage modes that compromise the load-carrying capacity, as in the fuselage skin of an aircraft. Therefore, we aimed to improve the damage resistance and tolerance of carbon/epoxy thin non-crimp fabric (NCF) laminates by (a) reducing the 'conventional' ply-thickness (i.e. comparing thick- and thin-ply) (b) interleaving co-polyamide (CoPA) non-woven veils at the interlaminar regions of thin-ply systems. We devised an impact, compression after impact (CAI) and quasi-static indentation (QSI) experimental campaign, where computerized X-ray tomography provided detailed 3D insight on how matrix cracking, delamination and fibre failure interacted during impact and QSI.

Thin-ply laminates reduce the amount of matrix cracking and delamination at the cost of premature fibre breakage, therefore decreasing the damage tolerance. Interleaving CoPA veils arrests delamination onset and improves the residual strength with respect to the thin-ply baseline.

Palabras clave: Impact, Thin-ply, Interleaving, X-ray micro-computed tomography.

Ensayos numéricos de uniones adhesivas composite-composite para la determinación de la tenacidad a la fractura

A. Estefani^a, L. Távara^a, A. Blázquez^a, J. Cañas^a, F.París^a

^a Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla. Sevilla 41092, España

RESUMEN

En la actualidad el uso de uniones adhesivas entre componentes de material compuesto se ha incrementado notablemente en estructuras aeronáuticas primarias. Por ello es fundamental disponer de herramientas numéricas y ensayos experimentales que predigan los modos y cargas de fallo en este tipo de uniones. Usualmente, la evaluación de la calidad de una unión adhesiva se realiza mediante el ensayo de fractura interlaminar DCB (G_{1c}), sin embargo, son conocidas las limitaciones que conlleva este procedimiento.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados de la investigación llevada a cabo sobre dos ensayos alternativos para determinar la calidad de una unión adhesiva. Estos ensayos están basados en el ensayo clásico de pelado sobre laminados de carbono.

La simulación numérica, que se lleva a cabo usando el código de elementos finitos Abaqus®, incluye un modelo de iniciación y propagación del daño en el adhesivo. Los resultados numéricos se comparan con medidas experimentales provenientes de una extensa campaña de ensayos en laboratorio. Uno de los objetivos del modelo ha consistido en verificar la viabilidad de utilizar estos ensayos para evaluar el valor de G_{1c} .

Palabras clave: Tenacidad a la fractura, FEM, Cargas de pelado, Grietas de interfase, Ensayo In-Situ.

Observaciones experimentales de las grietas de interfase asociadas al fallo de la matriz a compresión en laminados de material compuesto

P.L. Zumaquero, E. Correa, J. Justo, 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. Camino de los Descubrimientos s/n, 41092. Sevilla, España

RESUMEN

El fallo de la matriz o entre fibras se caracteriza por la aparición en las interfases fibra-matriz de pequeños despegues que pueden progresar a lo largo de ellas para, llegado un determinado punto, cambiar su orientación redirigiéndose hacia la matriz y finalmente propagarse a través de ella. El caso particular de carga a compresión es especialmente interesante, dada la morfología concreta de las grietas de interfase y el ángulo específico que forman las macrogrietas en la matriz.

Hasta la fecha, el análisis de este problema a nivel micromecánico se ha llevado a cabo fundamentalmente mediante modelos numéricos de elementos finitos o de contorno. En este trabajo se aborda el problema desde el punto de vista experimental, observando al microscopio probetas previamente ensayadas ante distintos valores de carga. Diferentes aspectos tales como la identificación de las fases del mecanismo de rotura, el ángulo de internamiento de las grietas en la matriz, la amplitud de las grietas de interfase y la cuantía del daño en función del nivel de carga, son estudiados.

Palabras clave: Compresión, Fallo de la matriz, Grietas de interfase, Observaciones microscópicas, Experimental.

Simulación de impactos sobre láminas de material compuesto

F. Riera^a, J. Rodríguez^a, F. Martínez^a, J. Martí^a

^a Principia, Velázquez 94, 28006 Madrid

RESUMEN

El artículo describe en detalle las dificultades que entraña llevar a cabo simulaciones realistas, y en consecuencia útiles desde el punto de vista predictivo, de problemas de impactos localizados en láminas de materiales compuestos.

En esta ocasión se cuenta con resultados experimentales obtenidos en torre de caída, en los que se deja caer un proyectil de cabeza semiesférica desde distintas alturas sobre una lámina cuadrada de material compuesto con los contornos fijos.

Las exhaustivas simulaciones realizadas abarcaron distintos tipos de modelos constitutivos para el material, diversos modelos de daño, varios tipos de elementos y también diferentes estrategias de idealización geométrica (tridimensional y axisimétrica).

Los resultados muestran que, a medida que progresa el daño, el problema se va haciendo sumamente complejo, pues requiere capturar bien el comienzo de los fallos interlaminares, así como reproducir con precisión el paso de un esquema resistente de tipo de flexión a otro de membrana, que es lo que va ocurriendo a medida que esos fallos se desarrollan. Los mejores resultados se obtuvieron empleando un gran número de elementos, con cuatro elementos en cada capa y disponiendo elementos cohesivos entre ellas.

Además de las dificultades planteadas por la simulación numérica, conviene apuntar que en el estudio de estos problemas la caracterización de las propiedades y parámetros que gobiernan el comportamiento del material no suele ser tan precisa y fiable como sería de desear.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Impacto.

Comparativa de análisis entre el método clásico ESIS y la Norma ASTM D-7905, para la obtención de la tenacidad a la fractura por cortante

A. Navarro Muedra^a, E. F. Segovia López^b

^a Departamento Físico-Mecánico AIMPLAS, Paterna, España

^b Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia, España

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca dentro de la caracterización de composites reforzados con fibra de vidrio E elaborados con una novedosa resina base viniléster-poliuretano para la utilización en materiales de refuerzo para el hormigón a modo de armadura pasiva o como refuerzo para estructuras en uso, ya que estas resinas presentan una mayor resistencia a los agentes químicos, básicos y vapores junto con una menor exotermia facilitando la fabricación de laminados gruesos.

Dentro de la mecánica de fractura en modo II, hasta este 2014 no existía una Norma que recogiese un procedimiento para cuantificar GIIIC. Davies a través de la European Structural Integrity Society (ESIS) emitió un protocolo de ensayo en modo II en 1992 conocido por ENF (End Notch Flexure)[1]

La norma ASTM D7905-14 engloba un procedimiento bastante complejo en el cual se sientan las bases para la caracterización de la tenacidad a fractura de cizallamiento en modo II utilizando el ensayo de flexión de entalla final (ENF).

Con este trabajo se pretende comprobar las diferencias principales entre este procedimiento clásico y el método de esta norma para comprobar sus semejanzas.

Para ello se procede a una caracterización previa mecánica de dicha resina reforzada con tejido de alto gramaje (780 g/cm²) con fibra de vidrio E así como un composite de fibra de carbono de menor espesor. Dicha caracterización se realiza mediante ensayos de flexión ENF, y el procedimiento de la nueva norma ASTM D-7905.

Palabras clave: Vinil-éster, poliuretano, refuerzo, propiedades mecánicas, GII, cizalladura, fibra de vidrio, composites, ASTM D-7905.

Aplicación del método Rigidez-Fuerza en el análisis de adherencia fibra-matriz en laminados composites

I. Adarraga, N. Insausti, J. Urruzola, F. Mujika

GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES
Departamento de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa. UPV/EHU.

RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado el análisis de la adherencia de una fibra a tracción embebida en la matriz mediante el método Rigidez-Fuerza (SFM) aplicado a los elementos finitos.

En la formulación del método SFM se tienen en cuenta las ecuaciones de equilibrio y las de compatibilidad de las deformaciones, obtenidas éstas a partir de los principios del trabajo virtual y del trabajo virtual complementario.

Para el análisis por elementos finitos mediante el método SFM se ha realizado una subrutina de usuario UEL de un elemento cuadrilátero de cuatro nodos axisimétrico, y se ha implementado en el programa comercial Abaqus. Primero se ha realizado un análisis mediante el programa Abaqus que utiliza el método de la rigidez en su formulación. A continuación se ha analizado el mismo modelo mediante la subrutina de usuario UEL que utiliza el método SFM. Finalmente se han comparado los resultados de ambos análisis con diferentes grados de discretización.

Palabras clave: SFM, elementos finitos, tracción.

Influencia de la geometría de las partículas en el refuerzo de resinas epoxi

J. Bonhomme^a, V. Mollón^b, A. Argüelles^a, J. Viña^b, S. Estrada-Martínez^c

^a Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo
^b Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo
^c Fundación ITMA. Parque Tecnológico de Asturias, Llanera

RESUMEN

En este trabajo se estudia el comportamiento mecánico de una resina epoxi reforzada con partículas. El estudio se realizó de manera teórica mediante cálculo numérico por elementos finitos.

Se han modelizado compuestos con diferentes fracciones volumétricas de partículas de refuerzo y con diferentes geometrías de partículas.

Se prepararon modelos de resina reforzada con partículas con distintas relaciones espesor/superficie. Estas partículas se distribuyeron aleatoriamente en el interior de la matriz con sus caras de mayor superficie paralelas entre sí.

En los estudios realizados se ha observado que a media que disminuye la relación entre el espesor y el área de la partícula el efecto rigidizador de las partículas es más efectivo. Este efecto se apreció para todas las fracciones volumétricas analizadas.

Por otra parte, en ensayos mecánicos realizados en un programa experimental de manera paralela se observó que la adición de degasificantes y reductores de tensión superficial en la fabricación de las probetas tenía un efecto apreciable sobre las propiedades mecánicas finales. Debido a esto se estudió también la influencia de la porosidad sobre el módulo elástico aparente de las resinas.

Palabras clave: Resina epoxi, FEM, Partículas de refuerzo.

Análisis y optimización del mecanizado de probetas para ensayos de resistencia a cortadura en uniones encoladas de material compuesto

F. Caamaño^a, A. Boulaayoun^a, F. J. Botana^b, M. Botana^b

^a Titania, Ensayos y Proyectos Industriales S.L., El Puerto de Santa María, 11500, España

^b Grupo de Corrosión y Protección, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad de Cádiz, 11519 Puerto Real, España

RESUMEN

El control de calidad de uniones encoladas de elementos aeronáuticos fabricados en fibra de carbono está basado en la realización de ensayos normalizados, siendo uno de los más destacados el de cortadura simple con incisión. Para llevar a cabo este ensayo mecánico es necesario realizar sendas ranuras sobre cada uno de los semipaneles encolados, siendo una condición necesaria que la ranura llegue a la línea de encolado sin que se vea afectado el segundo semipanel. La calidad de los resultados se ve fuertemente influenciada por las condiciones en las que se realizan dichas ranuras.

La normativa del ensayo de cortadura simple no es muy exhaustiva a la hora de definir y controlar el parámetro de la ranura, el cual es el más crítico de este ensayo. De ahí que surge la necesidad de llevar a cabo esta investigación. Este estudio se centra principalmente en la optimización del proceso de ranurado de uniones encoladas de laminados de material compuesto. Para ello se ha analizado tanto el comportamiento de la herramienta durante el mecanizado, como la influencia de los distintos parámetros de corte; analizando para cada caso la geometría y dimensiones de la ranura, la repetibilidad de las medidas, la calidad de los resultados y los modos de fallo. Todo ello, enfocado desde el punto de vista de la calidad y optimización del proceso.

Finalmente se han comparado los resultados de ensayo obtenidos tras la optimización del mecanizado con los valores reales resultantes del ensayo de probetas de solape simple sin incisión que no requieren el mecanizado de ranuras.

Palabras clave: Ranura, Resistencia a cortadura simple, Herramienta, Parámetros de corte, Modos de fallo.

Damage Tolerance of CFRP laminates subjected to CAI after low velocity impact

I. García-Moreno^a, M. A Caminero, G. P. Rodríguez

E.T.S. Ingenieros Industriales de Ciudad Real, Instituto de Investigaciones Energéticas y Aplicaciones Industriales (INEI)

Avda. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real

^airene.gmoreno@uclm.es

RESUMEN

Primary structures fabricated with carbon/epoxy pre-impregnates has become very popular, especially in aeronautics and automotion. Despite the excellent properties of resistance and stiffness, composite materials present a high sensitivity to impact damage which can cause a sudden drop of mechanical properties affecting the service behavior and reducing the useful life. Here is where damage tolerance concept is introduced.

In this work, firstly impact tests have been made in composite lamintes reinforced with carbon fiber, and then, the residual strength for the different stacking sequences have been evaluated using CAI (Compression After Impact) tests.

Palabras clave: CFRP laminates, CAI, damage tolerance, size effects, stacking sequence effects.

Aplicación del método Rigidez-Fuerza en el análisis de una placa a tracción con un agujero central

N. Insausti^a, I. Adarraga^a, J. Urruzola^a, F. Mujika^a

^a GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES

Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, Universidad del País Vasco, Donostia-San Sebastián 20018, España

RESUMEN

El método Rigidez-Fuerza (SFM) es un método en cuya formulación se tienen en cuenta las ecuaciones de equilibrio y las de compatibilidad de las deformaciones, obtenidas éstas a partir de los principios del trabajo virtual y del trabajo virtual complementario. La estructura de la ecuación de gobierno de este método es similar al método de la rigidez (SM) ya que las incógnitas principales son los desplazamientos. Este método es equivalente al IFMD desarrollado por Patnaik y a los métodos híbridos desarrollados por Pian.

Para el análisis por elementos finitos mediante el método Rigidez-Fuerza, se ha realizado una subrutina de usuario UEL de un elemento cuadrilátero de cuatro nodos y esta se ha implementado en el programa comercial Abaqus. El procedimiento seguido para el análisis del modelo ha sido el siguiente:

1. Análisis del modelo mediante el programa Abaqus que utiliza el método SM en su formulación.
2. Análisis del mismo modelo mediante la subrutina de usuario UEL que utiliza el método SFM.
3. Comparación de los resultados de ambos análisis con diferentes grados de discretización y con los obtenidos mediante una aproximación analítica.

Este método ha sido utilizado en el análisis del ensayo de tracción de un composite unidireccional con un agujero en el centro.

Palabras clave: Método rigidez-fuerza, Elementos finitos, Tracción.

Estudio del ensayo de flexión, en dos vanos, de estructuras sándwich

S. Estrada-Martínez^a, V. Mollón^b, J. Bonhomme^c

^a Fundación ITMA. Parque Tecnológico de Asturias, Llanera

^b Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo

^c Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Universidad de Oviedo

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio del ensayo de flexión, de apoyos simples y dos vanos, necesario para establecer los criterios de aceptación de un panel sándwich de caras derivadas de la madera, sometido a carga uniforme.

Se han llevado a cabo ensayos en paneles sándwich provistos de marcado CE y que han superado todos ellos el proceso de evaluación de ETA (European Technical Approval) para el uso para el que están especificados.

Los resultados obtenidos en los ensayos experimentales se han comparado con modelos analíticos y con modelos de elementos finitos. Se ha observado que los modelos de elementos finitos coinciden con los resultados experimentales, siempre y cuando los parámetros de los materiales constituyentes del panel sándwich sean conocidos con exactitud y las condiciones de contorno se modelicen adecuadamente.

El modelo analítico también coincide adecuadamente con el modelo de elementos finitos cuando se modelizan apoyos ideales.

Palabras clave: Sandwich, FEM, Ensayo de Flexión.

Ley cohesiva en modo II de uniones adhesivas

A. Arrese^a, J. de Gracia^b, A. Boyano^b, M. Lesaka^a, F. Mujika^a

^a GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES Departamento de Ingeniería Mecánica Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa.

^b GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES Departamento de Ingeniería Mecánica. Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Plaza Europa 1, 20018 Donostia-San Sebastián.
ainhoa.arrese@ehu.eus

RESUMEN

Este trabajo presenta un método experimental para determinar la ley cohesiva de una unión adhesiva de pequeño espesor en modo II.

El método propuesto se basa en el ensayo de flexión en tres puntos con entalla final. La reducción de datos se realiza mediante el método basado en teoría de vigas incluyendo las rotaciones por flexión (BTBR), que incluye el efecto de las deformaciones locales, el cortante y las rotaciones de flexión. Mediante este método se determina la longitud de grieta inicial, la longitud de grieta aparente durante el avance y la curva de resistencia en modo II.

El desplazamiento relativo de cortadura en la punta de grieta se determina en función del avance de grieta aparente que se produce al progresar la generación de la zona de fractura. Para ello se emplea un modelo analítico basado en la teoría clásica de vigas.

Finalmente, representando la tenacidad a la fractura frente al desplazamiento relativo de cortadura y mediante la derivación numérica se determina la ley cohesiva.

Palabras clave: Unión adhesiva, Ley cohesiva, Modo II, ensayo ENF.

Influencia de la secuencia de apilamiento y el espesor de las láminas en las tensiones de borde de laminados cuasi-isótropos simétricos

J. M. Romera^a, F. Mujika^b

^a GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES, Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Bilbao, UPV/EHU

^b GRUPO MATERIALES + TECNOLOGÍAS / MECÁNICA DE MATERIALES, Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, UPV/EHU

RESUMEN

Se ha adaptado una aproximación analítica desarrollada para la determinación de las tensiones interlaminares en laminados $[\theta_1/\theta_2]_s$, sometidos a tracción al caso de laminados $[\theta_1/\theta_2/\theta_3/\theta_4]_s$.

Los efectos de acoplamiento en las distintas partes que componen el laminado total se ven compensados por las partes adyacentes, siendo el comportamiento global del laminado isótropo en lo que a las deformaciones se refiere. En un primer paso, se aísla la mitad superior del laminado para determinar las fuerzas y momentos por unidad de longitud que evitan la deformación global del laminado simétrico completo. Entonces, las tensiones interlaminares se calculan aplicando las ecuaciones de equilibrio e imponiendo la continuidad de tensiones en las intercaras.

Se ha analizado la influencia de la secuencia de apilamiento y del espesor de las capas mediante la aproximación analítica.

Palabras clave: Laminados simétricos cuasi-isótropos, Tensiones de borde, Tracción.

Análisis de placas sándwich con pieles de material compuesto sometidas a impacto oblicuo de alta velocidad

A. Rupérez-Gil^a, I. Iváñez^a, S. Sánchez-Saez^a

^a Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras.
Universidad Carlos III de Madrid. Avda. De la Universidad, 30. 28911, Leganés, Madrid, España

RESUMEN

En este trabajo se ha estudiado el comportamiento frente a impacto oblicuo de alta velocidad de estructuras sándwich, fabricadas con pieles de material compuesto carbono/epoxy y núcleo de nido de abeja de aluminio.

Se ha implementado un modelo tridimensional en el código de elementos finitos Abaqus/Explicit para analizar la influencia del ángulo de oblicuidad del proyectil incidente sobre la respuesta a impacto de estas estructuras. El modelo fue validado con datos obtenidos de la literatura científica comparando el valor de las velocidades residuales cuando el proyectil incide perpendicularmente sobre la placa sandwich. Con el modelo validado se ha estudiado la variación del límite balístico y velocidad residual al cambiar el ángulo de impacto del proyectil.

Para poder determinar la contribución del núcleo en el proceso de impacto, se ha desarrollado otro modelo de elementos finitos correspondiente al de las placas laminadas espaciadas una distancia equivalente al espesor del núcleo. Se ha comprobado que los valores de límite balístico y de velocidad residual si se ven afectados por la presencia del núcleo en las placas sándwich, así como por el ángulo de oblicuidad del impacto.

Palabras clave: Impacto de alta velocidad, Estructura sandwich, Ángulo de obliquidad, Límite balístico.

Estrategias en el análisis de muestras de materiales compuestos para la cuantificación de porosidad mediante análisis de imagen

Lucía Utrera^a, F. J. Pérez^b, F. J. Botana^a, Marta Botana-Galvín^b

^a Titania, Ensayos y Proyectos Industriales S.L., El Puerto de Santa María (Cádiz), 11500, España
^b Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcp),
Universidad de Cádiz, Escuela Superior de Ingeniería, Puerto Real (Cádiz), 11519, España

RESUMEN

La porosidad y los huecos son un tipo de defectología que puede aparecer durante la fabricación de estructuras de materiales compuestos. Su posible presencia es chequeada en piezas de producción mediante distintas técnicas no destructivas basadas en la inspección de ultrasonidos. Es importante realizar este chequeo, pues un alto contenido de estos defectos reduce, respecto al diseño original, las propiedades mecánicas. La microscopía óptica de materiales compuestos se ha convertido en los últimos años en una herramienta muy potente a disposición de la industria para visualizar la estructura interna y ayudar a llegar a conclusiones en el ámbito de la calidad, análisis de fallos e I+D+i.

Adicionalmente, el empleo de técnicas de barrido automáticas de amplias secciones transversales ha abierto la posibilidad de cuantificar el porcentaje de porosidad/huecos, de forma alternativa a procedimientos de ensayos más laboriosos como la digestión ácida de las resinas.

Este estudio incorpora aportaciones a normativas de ensayos existentes dentro del sector aeronáutico, en la estrategia de preparación de muestras. Para ello se han analizado muestras de matrices epoxi con fibras de carbono, tanto cintas unidireccionales como tejidos, para evaluar la influencia de la calidad de preparación de muestras, la orientación de los apilamientos y niveles de partida de porosidad, en la repetibilidad de las medidas y calidad de los resultados.

Se ha intentado correlacionar los resultados del método microscópico con las técnicas procedentes de análisis físico/químicos.

Palabras clave: Huecos, Poros, Microscopía.

Comportamiento a fatiga frente a deslaminación bajo modo mixto I/II y ensayo ADCB de un material compuesto carbono/epoxi

S. Rubiera^a, A. Argüelles^a, J. Viña^b, C. Rocandio^b

^a Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Universidad de Oviedo, 33204 Gijón, Asturias.

^b Dpto. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Oviedo, 33204 Gijón, Asturias

RESUMEN

Algunas morfologías de materiales compuestos son susceptibles de perder capacidad resistente por la presencia de deslaminaciones interlaminares. El objetivo de este trabajo es evaluar experimentalmente la generación y propagación de estas grietas interlaminares en un compuesto carbono-epoxi sometido a sollicitación dinámica bajo modo mixto de fractura I/II, utilizando para este propósito una metodología de ensayo tipo ADCB.

De una previa caracterización estática del material se obtuvo el valor crítico de la tasa de liberación de energía, a partir de la cual se definieron los niveles de tasa de liberación de energía crítica a aplicar en los ensayos de fatiga, los valores considerados fueron: 45, 50, 55, 60, 65, 70 y 75% de G_c . En todos los ensayos dinámicos, se ha utilizado un coeficiente de asimetría de $R=0,1$. A partir de estos datos experimentales se obtuvieron las curvas de iniciación a fatiga $\Delta G-N$ (número de ciclos necesarios para la nucleación de una grieta, para una tasa de liberación de energía dada) observándose límites de vida a fatiga del orden del 38% de G_c . Además se representaron las curvas de velocidad de propagación de la grieta $da/dN-G$, que mostraron seguir la tendencia de la ley de Paris. Por otra parte se llevó a cabo un análisis fractográfico de las superficies deslaminadas, observándose la presencia de tipologías de fractura típicas de ambos modos, I y II, tanto en la iniciación como en la propagación de la grieta, constatando la presencia de modo mixto I/II en el ensayo tipo ADCB.

Palabras clave: Modo mixto, Fractura interlaminar, Fatiga, compuesto.

Nuevo Modelo Discreto Multiescala (DM) para análisis no-lineales de materiales compuestos

S. Zaghi^a, X. Martínez^a, R. Rossi^a

^a Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), Barcelona, España

RESUMEN

En los últimos años el estudio del comportamiento de los materiales a nivel microscópico ha aumentado significativamente en términos de diseño de materiales de altas prestaciones. A pesar de los recientes avances de ordenadores de elevado rendimiento, la aplicación de métodos numéricos multiescala para simular grandes estructuras aún requiere costes computacionales prohibitivos. Este trabajo presenta un procedimiento capaz de predecir la respuesta mecánica no-lineal de los materiales compuestos con el fin de reducir el coste computacional necesario para el análisis numérico de estructuras complejas. La solución de la estructura macroscópica a través del método multiescala de primer orden (FE2) se sustituirá por un modelo discreto obtenido de un análisis del comportamiento de un Volumen Representativo Elemental (RVE) del material. A través de las definiciones de un parámetro de daño equivalente (d_{eq}), función del esfuerzo global en la microescala, se realizarán una serie de ensayos virtuales en control de deformación, almacenando el estado de tensión-deformación alcanzado por ciertos niveles de d_{eq} en una base de datos. Analizando la evolución de la fractura en los materiales compuestos se puede observar como el régimen no-lineal se alcanza solo en algunos elementos de la estructura. Es por ello que se plantea un procedimiento, el Discrete Multiscale Threshold Surface (DMTS), en el que el análisis del RVE sirve para obtener la superficie en la que empieza el daño ($d_{eq} > 0$). Esta ley permite saber si para un determinado estado tenso-deformacional el material ha dañado, sin necesidad de resolver el micro-modelo. Una vez iniciado el daño, se propone de generar de forma adaptiva un RVE con el que obtener el comportamiento dañado del material. Luego, el método FE2 se utilizará solo en los puntos de integración que hayan dañado. Este trabajo demuestra que el método FE2 puede ser remplazado por un Modelo Discreto Multiescala, representativo del material compuesto, obteniendo mejoras computacionales significativas.

Palabras clave: Multiescala, Base de Datos, Optimización.

Comportamiento a fractura dinámica en modo III de laminados epoxi-carbono

C. Bertorello^a, J. Viña^a, A. Argüelles^b, I. Viña^b

^a Dpto de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Oviedo, 33204 Gijón, Asturias.

^b Dpto de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Universidad de Oviedo, 33204 Gijón, Asturias.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de una nueva metodología de ensayo para la caracterización de materiales compuestos frente a deslaminación bajo de modo III de fractura y sollicitación dinámica (fatiga). El fenómeno de deslaminación es uno de los principales mecanismos de fallo en materiales compuestos configurados mediante el apilamiento de capas sucesivas. El modo de fractura que se ha estudiado es el modo III a fatiga, con la dificultad que su simulación implica y la práctica inexistencia de información sobre la sollicitación a fatiga. El dispositivo de ensayo empleado, que permite someter los compuestos laminados a este modo de carga, ya ha sido contrastado previamente en ensayos estáticos. Se realizaron ensayos de caracterización en dos materiales diferentes, ambos con diferentes matrices y fibras de carbono. Se ha empleado un modelo analítico desarrollado para el caso de fractura estática y se ha llevado a cabo un análisis estadístico de los resultados obtenidos. Asimismo se ha realizado una fractografía de la superficie de fractura con el fin de determinar las características de este tipo de fractura en régimen dinámico.

Palabras clave: Fractura interlaminar, Fatiga, Modo III.

Estudio experimental micromecánico del fallo entre fibras ante tracción: Observaciones al microscopio

E. Correa, M.I. Valverde, F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Dpto. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla, 41900, España

RESUMEN

El estudio del fallo de la matriz o entre fibras a nivel micromecánico mediante métodos numéricos predice la aparición de diversas etapas en el desarrollo de este mecanismo de daño; estos estudios numéricos han permitido también señalar diferentes características identificativas de cada una de las fases, tales como la extensión del despegue en la interfase y el ángulo de internamiento en la matriz.

El desarrollo de ensayos experimentales que permitan contrastar la relevancia de los resultados de los modelos numéricos, la validez de las hipótesis simplificadoras empleadas en dichos modelos y la identificación de posibles parámetros no analizados con ellos, es de vital importancia para el avance en el conocimiento de este mecanismo de daño.

En base a lo anterior, la investigación presentada en este trabajo se centra en el ensayo a tracción (ante diversos niveles de tensión) de probetas fabricadas a partir de un laminado multidireccional simétrico carbono-epoxi. La observación microscópica de las muestras ensayadas, particularizando el estudio en las láminas a 90°, permite en primer lugar analizar la aparición de grietas transversales en función del nivel de tensión. En segundo lugar, el estudio se centra en la identificación de las distintas fases del mecanismo de daño predichas por los modelos numéricos y en la medición de elementos esenciales de cada fase tales como la amplitud del despegue, las formas de internamiento en la matriz ó la influencia de la presencia de fibras cercanas.

Palabras clave: Fallo de la matriz, Grietas de interfase, Experimental, Observación microscópica, Tracción.

Estudio experimental de interfaces no convencionales con patrones trapezoidales

L. García-Guzmán, L. Távora, J. Reinoso, J. Justo, F. París

Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n, Sevilla, España

RESUMEN

El presente trabajo recoge el estudio experimental referido a la fabricación de probetas para un ensayo de tenacidad a la fractura de adhesivos usando probetas tipo DCB (Double Cantilever Beam) fabricadas mediante impresión 3D (ALM), así como su experimentación. El principal objetivo de esta investigación persigue el análisis de la influencia de la relación de aspecto A/λ (A = amplitud, λ = longitud de onda) en la tenacidad a fractura de interfaces no convencionales, particularmente interfaces trapezoidales. Las configuraciones o geometría de dichas interfaces es la que mayor relación A/λ puede conseguirse mediante dicha impresión teniendo en cuenta las condiciones técnicas actuales. En la primera parte del trabajo (fabricación) se describen un conjunto de pruebas usando distintos materiales con los que la impresora 3D es capaz de fabricar (nylon, fibra de vidrio). Las pruebas tienen distintos enfoques de aplicación: desde la impresión de distintas tipologías de interfaces no convencionales, que servirán de soporte para determinar la resolución de la impresora, hasta la fabricación de las probetas propiamente dichas. En la segunda parte del trabajo (ensayos de laboratorio) se describe la preparación de las probetas previas al ensayo y se compara la resistencia a la propagación de grieta (tenacidad a la fractura) las probetas con interfaces convencionales (lisas) y estructuradas, en concreto con patrón trapezoidal.

Palabras clave: Interfaces, Daño interlaminar, ALM.

Monitorización de la salud estructural de un vehículo aéreo no tripulado de material compuesto mediante sensores de fibra óptica

A. Fernandez-Lopez^a, A. Lozano Martín^a, P. Fernandez Diaz-Maroto^a, I. Gonzalez Requena^a, A. Ruiz Marrón^a, A. Güemes^a, M. Frovel^b, J. M. Pintado^b, M. A. Torre^b, F. Terroba^b

^aDepartamento de Materiales y Producción Aeroespacial, ETSI Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid, Plaza del Cardenal Cisneros 3, 28040, Madrid, España

^bDepartamento de Materiales, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) Crta de Ajalvir pk4, 28850 Torrejón, España

RESUMEN

En los últimos años los Vehículos Aéreos No Tripulados (más conocidos por sus siglas en inglés, UAV) han cobrado una enorme popularidad y han aumentado su número y sus aplicaciones. A pesar de que su uso se ha generalizado en diferentes sectores que van desde la vigilancia hasta la entrega de paquetes, la mayoría de ellos carecen de sistemas que permitan detectar problemas que comprometan la integridad estructural durante su operación, comprometiéndose así no solo la seguridad no solo del UAV, sino del área donde realiza su operación.

En este artículo se presenta el diseño, el desarrollo y la validación de un sistema de monitorización de la salud estructural (generalmente conocida como Structural Health Monitoring o SHM) aplicada al fuselaje trasero del UAV MILANO desarrollado por el INTA. El fuselaje trasero es una estructura rigidizada de 2,5 metros de largo de material compuesto carbono/epoxi con largueros cocurados y costillas integradas mediante uniones adhesivas. En la estructura se integran dos tipos de sensores de fibra óptica, redes de Bragg (FBG) y sensores distribuidos basados en la dispersión de Rayleigh, y una red de sensores piezoeléctricos (PZT). El objetivo de la red de sensores de fibra óptica es detectar despegues o fallos en los elementos rigidizadores mediante la detección de los cambios del campo de deformaciones global de la estructura sometida a cargas, tanto en vuelo como en tierra. Las delaminaciones provocadas por impactos de pequeña energía, al no provocar cambios en el campo de deformaciones global, serán detectadas mediante la propagación de las ondas de Lamb, ondas elásticas que se propagan en estructuras de pared delgada a muy altas frecuencias, generadas y medidas mediante la red de PZT.

Palabras clave: Monitorización de la salud estructural, SHM, PZT, FBG, Fiber Bragg Grating, Onda Guiada, delaminación, despegue, UAV, medida distribuida.

Comparativa del comportamiento a impacto de rayo entre materiales reforzados en fibra de carbono con matriz de resina termoestable y con matriz de resina termoplástica

J. Menéndez^a, K. Fernández^b, F. Cano^a, M. Zuazo^b

^a Departamento de Protección contra impacto de rayos, Airbus Defence and Space, Av. de John Lennon s/n, 28906 Getafe, España

^b Departamento de Termoplásticos, Fundación para la Investigación, Desarrollo y Aplicación de Materiales Compuestos (Fidamc), Av. Rita Levi Montalcini, 29, Technogetafe, 28906 Getafe, España

RESUMEN

Uno de los puntos débiles de las estructuras fabricadas en materiales reforzados con fibra de carbono y matriz termoestable es su comportamiento mecánico a impacto. Con el objetivo de mejorarlo se están probando materiales reforzados con fibra de carbono y matriz de resina termoplástica.

Además de las propiedades mecánicas existen otros factores a tener en cuenta antes de introducir cualquier material estructural en la construcción de una aeronave, como por ejemplo su comportamiento a impacto de rayo. Las propiedades de los materiales que influyen en este comportamiento son principalmente las eléctricas, térmicas y también mecánicas; que se ven afectadas al pasar de resinas termoestables a termoplásticas.

Dentro del programa Clean Sky Airbus Defence and Space ha realizado unos ensayos preliminares sobre paneles planos fabricados por Fidamc con un material reforzado en fibra de carbono y matriz de resina termoplástica con dos configuraciones distintas, tanto de laminado como de protección adicional (con y sin metalización)

El objetivo de los ensayos ha sido la evaluación y comparación de los daños obtenidos por impacto de rayo en paneles planos fabricados con materiales tradicionales (matriz termoestable) con los fabricados con nuevos materiales de matriz termoplástica. Se ha analizado tanto el daño físico resultante como las temperaturas generadas en el material (utilizando una cámara termo gráfica durante el ensayo) para así comparar el comportamiento térmico de la matriz termoplástica frente a la termoestable. En este artículo se recogen los trabajos realizados así como resultados y conclusiones.

Palabras clave: Impacto de rayo, Termoplástico, Termoestable, Multifuncional.

Detección de daño en laminados mediante sensores de fibra óptica

A. Güemes*, A. Fernandez-Lopez, P. Fernandez, A. Lozano

Departamento de Materiales y Producción Aeroespacial, UPM, Madrid *alfredo.guemes@upm.es

RESUMEN

Los sensores de fibra optica, tanto los sensores puntuales tipo FBG como los sensores distribuidos basados en OFDR están aceptados y validados como sensores de temperatura y deformacion, con un alto TRL, estando ya en uso en muchas aplicaciones industriales.

La determinacion de existencia de daño a partir de medidas de deformacion es una técnica todavía muy inmadura, su TRL puede ser 2-3. Una grieta local puede debilitar mucho una estructura, será el punto de iniciacion del fallo catastrofico, pero hasta que el fallo no se haya producido, la grieta solo provoca cambios muy pequeños en el comportamiento global de la estructura (rigidez, frecuencias propias, campo de deformaciones, etc.). Por tanto, y salvo que la posicion de la grieta coincida con la posicion predeterminada de los sensores, no es facil detectar la existencia de daño.

En este trabajo se presentan dos técnicas paralelas, validadas experimentalmente. La primera consiste en utilizar medida distribuida, con una fibra optica colocada en la zona donde se espera el daño (pies de larguerillo, bordes libres). Se comprueba que una delaminacion provoca deformaciones residuales en la zona delaminada, de un valor significativo, y que serán detectados por la fibra, si cruza la zona de delaminacion. Es una técnica robusta, que no requiere de la aplicación de cargas externas, aunque la zona bajo inspeccion está limitada a la zona en la proximidad del camino de la fibra optica.

La segunda tecnica consiste en comparar las medidas de deformacion que se obtienen en diferentes puntos, con la estructura sometida a cargas externas. Aunque los cambios van a ser muy pequeños, un daño local provoca una redistribucion de la rigidez de la estructura, y de los caminos de carga, y por tanto las lecturas de deformacion, pueden ser ligeramente distintas. Si se dispone de muchos puntos de medida simultaneos, y el daño es lo suficientemente grande, mediante técnicas matematicas de tratamiento de datos multivariable, como el PCA, es posible detectar la presencia del daño. Se presentan resultados de la aplicacion del modelo a elementos reales de material compuesto, como una estructura Isogrid, y una pequeña pala de aerogenerador.

Palabras clave: SHM, PCA, sensores, fibra optica, deteccion de daño.

Towards energy storage in structural composites

J.J. Vilatela^{*a}, E. Senokos^{a,b}, Y. Ou^a, R. Marcilla^b, J. Palma^b, C. González^{a,c}

IMDEA Materials, Getafe, Spain
IMDEA Energy, Móstoles, Spain
UPM, Madrid, Spain
^{*}juanjose.vilatela@imdea.org

RESUMEN

This presentation discusses recent progress in the development of structural composites that can store energy. The strategy used consists in producing hierarchical composites that contain carbon fibre, fibres of carbon nanotubes and polyelectrolytes. The resulting laminate composites act as supercapacitors. Nevertheless, this demonstration of multifunctional properties evidences numerous challenges that limit the combined mechanical and energy efficiency of the composite.

The talk presents first progress in hierarchical composites with single functions. As an example, we present results on the integration of CNT fibre interleaves between CF fabric to improve interlaminar properties. Mode-I test results indicate improvement with respect to control samples and highlight the importance of fabrication in obtaining defect-free samples that thus exploit the presence of the tough interleaf. Next, the talk presents basic electrochemical properties of CNT fibre-based supercapacitors with solid electrolytes consisting of a thermoplastic and an ionic liquid. These devices are shown to be flexible and to have specific tensile above that of copper.

Finally, preliminary results on the integration of energy storage functions in hierarchical structural composites are presented.

Palabras clave: Energy storage, multifunctional, carbon nanotube fibre, capacitor.

Efecto sinérgico en la monitorización de multiescalares por adición simultánea de nanorrefuerzos en la matriz y sobre el refuerzo

A. Jiménez-Suárez^a, R. Moriche^a, S.G. Prolongo^a, A. Ureña^a, I. Gaztelumendi^b, M. Chapartegui^b, S. Flórez^b

^a Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología Electrónica, ESCET.
Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, España.
^b Área Aeroespacial, División Industria y Transporte, TECNALIA, San Sebastián, España.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación está centrado en la fabricación de materiales compuestos multiescalares con capacidad de automonitorización. Para lograrlo, se ha modificado el material de referencia de fibra de vidrio y resina epoxi con nanotubos de carbono de manera que la red creada por el nanorrefuerzo permita conducir la electricidad. Las variaciones sufridas en la resistencia eléctrica del material por deformaciones o fallo pueden servir para monitorizar precisamente dichos efectos causados por las sollicitaciones mecánicas.

El estudio además se centra en las variaciones obtenidas tanto en las propiedades eléctricas (conductividad eléctrica en dirección de la fibra y transversal a la misma), como en propiedades mecánicas interlaminares, comprobando si el uso de matrices nanorreforzadas o tejidos modificados con ensimajes nanorreforzados afectan a las mismas.

Se han obtenido materiales compuestos multiescalares capaces de detectar y localizar parcialmente el daño causado por ensayos de resistencia interlaminar, observando además diferencias en la sensibilidad según el método de fabricación y nanorrefuerzo empleado.

Palabras clave: Nanotubos de Carbono, Compuestos multiescalares, Fractura interlaminar, Salud estructural.

Tratamientos Superficiales Químicos sobre filmes de aluminio para preparar FML (laminados Al-PP)

A.Valea ; M.L. González

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco. Bilbao 48013. España.

RESUMEN

En este trabajo se han llevado a cabo diferentes tipos de tratamientos superficiales químicos sobre filmes de aluminio con objeto de mejorar la adhesión entre el Aluminio y el polipropileno en la fabricación de laminados FML.

Se analizarán los cambios que dichos tratamientos producen sobre la naturaleza, composición, funcionalidad, morfología y energía libre superficial de las superficies de aluminio.

El primer tratamiento se ha llevado a cabo en dos etapas, la primera consiste en la activación de la superficie del aluminio con metóxido de sodio en metanol y se estudiará el tiempo y las condiciones del tratamiento sobre la naturaleza de la superficie formada. En la segunda etapa se han injertado grupos silano sobre la superficie utilizando como reactivo dimetildiclorosilano, con el fin de disminuir la energía superficial del aluminio. El segundo tratamiento se ha llevado a cabo en tres etapas, de forma que entre la etapa de activación y la de silanización se ha realizado un tratamiento intermedio con el fin de intentar injertar sobre la superficie del aluminio un polímero mediante polimerización "in situ".

Los filmes de aluminio tratados superficialmente se han caracterizado mediante las técnicas instrumentales de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), medida de ángulos de contacto, determinación de la energía superficial y análisis termomecánico dinámico (DMTA) de los laminados Al/PP/Al elaborados con los filmes tratados.

Palabras clave: Tratamientos superficiales, Modificación interfacial, Adhesión Al-Polipropileno, Laminados FML, Silanización, Maleinización, Metacrilato de glicídilo.

Mejora de las propiedades mecánicas de estructuras híbridas por refuerzo de perfiles de aluminio con espumas rígidas de poliuretano

C. Palleiro^{a,b}, L. Blanco^a, S. Estravís^a, M. Gil^b, P. Rey^a, A. González^b, E. Rodríguez^a

^a Departamento de Materiales Avanzados, AIMEN Centro Tecnológico,

Polígono Industrial de Cataboi SUR-PPI-2 (Sector 2) Parcela 3. 36418 O Porriño (Pontevedra), España.

^b Centro Tecnológico Grupo COPO (CETEC), Estrada Puxeiros-Mos, nº 45, Tameiga, 36416 MOS (Pontevedra), España

RESUMEN

Uno de los mayores retos de la industria del transporte es la disminución de peso. La finalidad es tanto económica como medioambiental: reducir costes a la vez que se reduce el uso de combustible y las emisiones de CO₂. El diseño multi-material, con espumas rígidas como refuerzo local, supone una gran oportunidad para superar este reto, siendo una solución versátil que ahorra costes y peso. De entre ellas, las espumas rígidas de poliuretano (PUR) suman a las ventajas estructurales y de mayor absorción de energía la mejora de otras propiedades, como la resistencia a la corrosión y la amortiguación de vibraciones y ruido.

En este trabajo, se han reforzado perfiles extruidos (serie 6xxx-T6) con espumas de PUR fabricadas por CETEC. Se ha evaluado la influencia de los siguientes factores en la resistencia estructural: espesor de pared de los perfiles (entre 1.6 y 4 mm), método de relleno (manual o inyección), densidad del PUR (entre 100 y 300 kg/m³), porcentaje de relleno de los perfiles (entre 100 y 90%) e influencia de la temperatura en el espumado del PUR. La mejora de la resistencia estructural (carga máxima y absorción de energía) fue caracterizada mediante ensayos de flexión a tres puntos. Como conclusión, se ha observado que la incorporación de PUR mejora la carga y absorción de energía, dependiendo dicha mejora del espesor de pared de perfil y de la densidad de la espuma. Así mismo, los perfiles inyectados presentaron mejores resultados estructurales debido al mejor control sobre el proceso de fabricación.

Palabras clave: Espumas rígidas PUR, Estructuras híbridas, Perfiles de aluminio, Propiedades mecánicas.

Uniones de materiales compuestos: la ventaja de los adhesivos estructurales y de las cintas adhesivas

H. García^a, F. Ballesteros^b

^a Especialista en Cintas Adhesivas 3M Iberia, Centro de Innovación, Madrid 28027, España

^b Especialista en Adhesivos Estructurales 3M Iberia, Centro de Innovación, Madrid 28027, España

RESUMEN

La unión adhesiva de materiales compuestos es una aplicación que plantea nuevos retos en sectores clave como Transporte y Construcción. Existen diferentes métodos de unión de piezas fabricadas con materiales compuestos: las fijaciones mecánicas, la soldadura por ultrasonidos, los adhesivos estructurales y las cintas acrílicas.

Aunque cada uno de estos métodos tiene sus propias ventajas y desventajas, la unión adhesiva tiene una gran diferenciación frente a las fijaciones mecánicas. La unión adhesiva permite unir diferentes tipos de materiales disimilares sin comprometer la fuerza o la estética del material compuesto.

El mercado de Transporte lidera en crecimiento el uso de materiales compuestos y los ingenieros buscan información detallada sobre métodos de unión con adhesivos y sus prestaciones para uso en vehículos: resistencia mecánica y a vibraciones, tenacidad y elasticidad, durabilidad y capacidad para soportar condiciones ambientales extremas.

Los ingenieros quieren algo más que una solución adhesiva, y buscan socios tecnológicos como 3M que proporcionan asistencia técnica en el desarrollo del proyecto, ensayos de los materiales y de los adhesivos, así como la consultoría para la industrialización del proceso de adhesivado.

El objetivo de este artículo es abordar varias tecnologías novedosas de adhesivos estructurales y cintas adhesivas 3M para las uniones multi-materiales que incorporan materiales compuestos. Con una aproximación por tipo de ensamblaje se obtiene la solución adhesiva con las mejores prestaciones para optimizar el diseño de la junta y el proceso de fabricación.

Palabras clave: Adhesivo, Material Compuesto, Diseños de juntas, Tenacidad, Elasticidad, Fatiga, Impacto, Vibraciones, Ruido, Peso.

Application of functionally graded adhesives in aluminium-composite joints

A. Chiminelli^a, R. Breto^a, M. Lizaranzu^a, E. Duvivier^a, M.Laspalas^a, S.Lafuente^b

^a Materiales y Componentes, ITAINNOVA, María de Luna 7, 50018, Zaragoza, España.

^b CAF Zaragoza, Avda. de Cataluña 299, 50014, Zaragoza, España.

RESUMEN

Adhesive joints are characterized by non-uniform distribution of stresses and strains along the bond-lines, with maximum values near the ends of the overlaps. This phenomenon can cause the premature failure of the joints, being specially critical when brittle or semi-brittle structural adhesives are considered. This has motivated the research in the field of 'functionally graded adhesive' (FGA) or 'multiple-adhesive' joints, which reduce the phenomena described through a combination of rigid and brittle adhesives with more flexible and ductile ones. In this way, these strategies allow to notably increase the joints maximum load capacity.

In this field, this article presents the work carried out by ITAINNOVA within the project SAFEJOINT. Specifically, the potential of the techniques based on 'banded' gradings as approximations of the continuum gradings is analysed. The study is focused in aluminium-composite single lap shear (SLS) joints with epoxy adhesives.

The work done covers both the numerical optimisation of the joints and the fabrication and testing of samples in order to verify experimentally the potential for improvement of the technique comparing with mono-adhesive joints. Finally, an example of application of the technology is presented.

Palabras clave: 'functionally graded', 'multiple-adhesive', joints, disimilar materials, aluminium-composite.

Activación superficial láser en coencolado de paneles de CFRP. Comparación con otro método certificado

M. Botana-Galvin^a, F. J. Botana^a, R. Páez^b, F. Serrano^b

^a Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcyp), Universidad de Cádiz, 11519, España

^b Titania, Ensayos y Proyectos Industriales S.L. El Puerto de Santa María, 1150, España

RESUMEN

Dentro del sector aeronáutico existe una tendencia creciente hacia la sustitución de uniones mecánicas por uniones adhesivas en elementos de fibra de carbono (CFRP). Para obtener uniones adhesivas con las mejores propiedades posibles es necesario realizar una etapa previa de preparación superficial. Existen varios métodos de preparación superficial certificados en el sector aeronáutico, siendo los más empleados el granallado, el lijado y el uso de peel-ply. Todos estos métodos tienen la desventaja común de no ser automatizables. Por esta razón, se está estudiando la viabilidad de nuevos métodos de preparación superficial potencialmente automatizables.

En este trabajo se ha estudiado el empleo de radiación láser UV como método de activación superficial previa a la unión y se ha comparado su comportamiento con el de paneles activados mediante peel-ply. Para ello, se ha llevado a cabo una caracterización superficial avanzada determinando la energía libre superficial, la composición química superficial mediante XPS, la rugosidad superficial y la morfología de las superficies mediante SEM. Por último, los paneles activados se han encolado y se han realizado ensayos de determinación de la tenacidad de fractura interlaminar en modo I (G1C) sobre los paneles encolados.

Los resultados obtenidos indican que las uniones adhesivas de muestras activadas con radiación láser UV presentan valores de tenacidad a la fractura interlaminar comparables a los obtenidos para muestras activadas mediante peel-ply. Además, los modos de fallo observados se encuentran dentro de los considerados aceptables en la normativa aeronáutica. Esto hace que la activación con láser UV pueda ser considerada como una alternativa a los métodos certificados de activación superficial de CFRPs.

Palabras clave: Láser UV, CFRP, Activación superficial, Unión adhesiva.

Sensorización de uniones adhesivas por incorporación de nanotubos de carbono y grafeno

B. Pérez^a, I. Gaztelumendi^a, S. Flórez^a, R. Moriche^c, M. G. Prolongo^b,
A. Jiménez-Suárez^c, S.G. Prolongo^c y A. Ureña^c

^a Área Aeroespacial, División Industria y Transporte, TECNALIA, San Sebastián, España

^b Dpto. de Materiales y Producción Aeroespacial, E.T.S.I. Aeroespacial, Madrid, España

^c Dpto. de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España

RESUMEN

Cuando un nanomaterial eléctricamente conductor se encuentra en una matriz polimérica en concentraciones ligeramente por encima del nivel de percolación, es capaz de detectar un daño como una grieta y su posterior avance.

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar la capacidad que nanomateriales carbonáceos como los nanotubos de carbono y el grafeno tienen para monitorizar daño en matrices poliméricas epoxídicas con aplicación como adhesivos. Se presentan los resultados obtenidos con cada uno de los nanomateriales por separado y el efecto que sobre la detección de daño tiene la combinación de ambos en ensayos de cizalla bajo tracción.

Ánalisis del comportamiento de reparaciones adhesivas sometidas a cargas estáticas

L. M. Fernández-Cañadas^a, I. Ivañez^a, S. Sánchez-Sáez^a

^a Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras.
Universidad Carlos III de Madrid. Avda. de la Universidad, 30. 28911, Leganés, Madrid, España.

RESUMEN

Los elementos estructurales de una aeronave fabricados de materiales compuestos son susceptibles de sufrir daños durante su vida en servicio. Debido al alto nivel de integración y al gran tamaño de los componentes estructurales, la sustitución completa de los componentes dañados no siempre es viable, por lo que la reparación puede suponer un gran ahorro tanto desde el punto de vista económico como temporal.

Dado que las reparaciones adhesivas pueden ofrecer ciertas ventajas con respecto a las mecánicas, existe un gran interés por aumentar el conocimiento sobre su comportamiento frente a las distintas cargas estáticas a las que va a estar sometido en su vida en servicio, el cual depende de un gran número de parámetros.

En este trabajo se ha desarrollado un modelo numérico de elementos finitos implementado en Abaqus/Explicit que permite analizar la respuesta mecánica de laminados reparados frente a cargas estáticas. Se ha validado experimentalmente, usándose posteriormente para realizar ensayos virtuales de probetas reparadas con parche doble sometidas a tracción estática, analizando los resultados de fuerza máxima y rigidez al variar el tamaño y la topología (rectangulares y circulares).

Palabras clave: Laminado, Reparación adhesiva, Elementos finitos, Modelo de zona cohesiva.

Out of autoclave bonded repair process and implementation for aircraft composite structures

A. Rodríguez-Bellido^a, I. Nieto-León^b, M. P. Muñoz-López^c

^a Department of Composite Technology, Materials and Processes, AIRBUS Operations SL, Paseo John Lennon s/n, 28906 Getafe, Spain
ana.rodriguez@airbus.com

^b Department of Methods & Processes: Generic Technologies, AIRBUS Operations SL, Av. de las Naciones 37, 45200 Illescas, Spain
ines.nieto-leon@airbus.com

^c Department of Manufacturing Engineering Technologies, R&D Engineer, AIRBUS Operations SL, Av. de las Naciones 37, 45200 Illescas, Spain
pilar.munoz@airbus.com

RESUMEN

With the entry into service of aircrafts with a very high percentage of composite materials the necessity of efficient repairs for such structures arises.

Airbus has developed an out of autoclave bonded repair process for highly loaded composite primary structures of the A350XWB. It can be used at production plants but also in the in-service operation of the aircraft. Bonded repairs eliminate the requirement of rivets in carbon fibre parts allowing flush repairs that complies with the original component functionality and requirements.

The repair process includes removing the damaged plies by successive milling steps, each one equal to a single ply thickness. The repair technique consists on the application of a soft patch with specific repair materials, different from those involved in the manufacturing process and with the unique characteristic of curing at low temperature in out of autoclave conditions. The aforesaid facilitates application in plenty of circumstances and scenarios.

This paper describes the coordinated investigation performed in order to provide a robust and sound out of autoclave repair system and process. The combination of feasibility trials in actual repair conditions and material characterization tests proved to be essential to understand the critical steps and to optimize the process performance.

Palabras clave: Repairs, Bonded, Aircraft, Out of autoclave, Pre-preg, Thermostable.

Comportamiento multifuncional de películas de adhesivo modificadas con CNT para reparaciones en materiales compuestos

C. García-Nieto^{a,b}, X. F. Sánchez-Romate^a, M. Sánchez^a, A. Ureña^a

^a Área de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universidad Rey Juan Carlos. 28933 Móstoles, España

^b Airbus Operations S.L. Pº John Lennon s/n. 28906 Getafe, España

RESUMEN

Se doparon adhesivos epoxídicos tipo film por proyección con una solución acuosa de nanotubos de carbono. Se evaluó la capacidad de sensorización de cupones de laminados de material compuesto de fibra de carbono en reparaciones con forma de parches; se ensayaron probetas con uniones adhesivas tipo solape-simple y doble viga en voladizo para determinación de la energía de fractura en Modo-I; midiendo la respuesta eléctrica durante el ensayo. Se observó que la resistencia eléctrica se incrementaba con la deformación mecánica debido a la modificación de las redes eléctricas que generaban los CNT y su efecto sobre la conducción túnel. También se detectó un aumento de la resistencia eléctrica asociada a la formación y propagación de grietas durante el ensayo mecánico.

Una vez evaluada la capacidad de sensorización de las uniones adhesivas en probetas de ensayo mecánico normalizadas, se fabricó un panel de laminado de fibra de carbono (400 x 400 mm) con una reparación en forma de parche cuadrado, empleado el adhesivo film modificados con CNT. Estos paneles se ensayaron mecánicamente para comprobar el efecto del dopado del adhesivo en el comportamiento mecánicos de las reparaciones, al mismo tiempo que se realizaban medidas eléctricas para identificar las zonas de inicio de despegue durante el ensayo. Los resultados obtenidos demostraron que los adhesivos estructurales tipo film pueden doparse superficialmente con CNT aportando un comportamiento multifuncional que permite emplearlos para la monitorización de la salud estructural de reparaciones adhesivas en estructuras de material compuesto.

Palabras clave: Adhesivo, Reparación, Material compuesto, Nanotubo de carbono, Monitorización salud estructural.

Evaluación experimental de la calidad de una unión encolada composite-composite mediante ensayos de pelado

M. M. Castroa, J. Cañas^a, G. Santacruz^b, J. Justo^a, A. Cañas^a

^a Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, Sevilla 41092, España

^b Laboratorio de Ensayos Mecánicos. Dpto. Materiales y Procesos. AIRBUS, Getafe, España

RESUMEN

La evaluación de la calidad de las uniones encoladas composite-composite es un problema de vital importancia para el sector aeronáutico ya que una unión defectuosa no solo paraliza el proceso productivo sino que su reparación lleva asociados unos costes a veces de muy alta cuantía. Actualmente la calidad de la unión se lleva a cabo mediante un ensayo de tenacidad a fractura interlaminar, midiéndose para ello el G_{IC} en una probeta encolada teóricamente bajo las mismas condiciones que la pieza real. La medida de G_{IC} se realiza mediante el ensayo DCB o bien mediante el ensayo de pelado a tambor Drum Peel. Ambos ensayos no se pueden llevar a cabo sobre la pieza real o bien no son susceptibles de llevarlos a cabo "in situ". En este artículo se presenta un dispositivo que permite llevar a cabo el ensayo de pelado sobre la pieza real siendo los resultados obtenidos comparables con los que se obtendrían con los procedimientos habituales de DCB y Drum Peel.

Para comprobar la validez del dispositivo experimental desarrollado, se ha llevado a cabo una campaña experimental consistente en ensayar laminados no simétricos composite-composite con las diferentes técnicas comparando los valores de G_{IC} obtenidos. Un estudio numérico llevado a cabo en otro trabajo avala que la evaluación de G_{IC} a partir de los resultados experimentales es adecuada.

Palabras clave: Tenacidad a fractura interlaminar, Uniones adhesivas no simétricas, Climbing Drum Peel.

Saneado láser UV para la reparación de laminados monolíticos de fibra de carbono. Influencia de la dirección de procesado

M. Botana-Galvin^a, J. Botana^a, L. Utrera^b, R. Páez^b

^a Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Grupo de Corrosión (Labcyp), Universidad de Cádiz, Puerto Real 11519, España

^b Titania, Ensayos y Proyectos Industriales S.L. El puerto de Santa María, España

RESUMEN

En la industria aeronáutica, la etapa de saneado de telas dañadas en el proceso de reparación de elementos de fibra de carbono se lleva a cabo mediante un proceso de lijado manual. Este proceso es poco automatizable y presenta un alto grado de dificultad en el control de la profundidad del material eliminado. En este sector industrial existe una tendencia hacia la automatización de procesos, de forma que se están estudiando tecnologías alternativas automatizables que permitan un mayor control del proceso de saneado.

En este trabajo se ha estudiado el empleo de radiación láser UV para llevar a cabo tareas de saneado. El uso de esta tecnología permitiría una eliminación selectiva y controlada de telas mediante la variación de parámetros de procesado. Para ello, en una primera etapa se han optimizado los valores de potencia, velocidad y frecuencia de procesado con el objetivo de obtener valores aceptables de la cantidad de material eliminado/tiempo invertido. Además, se ha estudiado la influencia de la orientación relativa de la fibra respecto a la dirección de procesado sobre la cantidad de material eliminado. Con este fin se han procesado paneles de cinta unidireccional con diferentes direcciones de procesado, midiéndose posteriormente la cantidad de material eliminado. Una vez optimizada la dirección de procesado, se ha determinado el número de sombreados necesarios para eliminar por completo una tela del material.

Se han encontrado unas condiciones de procesado que permiten eliminar de forma selectiva y controlada las diferentes telas de un material compuesto. Estos resultados indican que el empleo de un láser UV de marcado podría ser una vía para automatizar el proceso de saneado incluido en la reparación encolada de elementos de fibra de carbono.

Palabras clave: Reparación encolada, Láser UV, CFRP, Automatización.

Diseño de soluciones estructurales con uniones adhesivas, aportación del modelado de la unión

I. Retolaza^a, N. Corujo^a, M. Areitioaurtena^a, A. Cenitagoya^a, I. Zulaika^b, M. Canellada^c

^a IK4-IKERLAN, Arizmendiarieta 2, 20500 Mondragon, Spain. iretolaza@ikerlan.es

^b ORONA-EIC, Jauregi Bailara, s/n, 20120 Hernani, Spain. izulaika@orona-group.com

^c Tknika. 20100 Errenteria, Spain. mcanellada@tknika.eus

RESUMEN

En este trabajo se ha realizado un estudio del modelado por elementos finitos de las uniones adhesivas, aplicándolo en un caso práctico del proceso de diseño de una nueva base multimaterial para un ascensor.

El enfoque principal de este estudio ha sido el modelado de uniones adhesivas, teniendo en cuenta los parámetros que afectan a su comportamiento y su aplicación en modelos complejos. Para ello, se ha realizado un estudio teórico previo en un modelo simple de una viga bi-apoyada, con el propósito de estudiar los diferentes métodos de modelado de uniones adhesivas y obtener recomendaciones de diseño para, después, aplicarlo en el caso práctico.

Puesto que la no isotropía de los composites es también una dificultad añadida en los cálculos por MEF del diseño, se ha estudiado la necesidad de caracterizar los materiales compuestos y el adhesivo para su introducción al modelo. El estudio de estos aspectos es importante para que el coste económico y computacional no sea elevado e innecesario.

Mediante el caso práctico que se presenta, se ha podido analizar la correlación de los resultados de cálculo mediante MEF con los resultados experimentales y valorar la aportación de incluir o no adhesivos en modelos complejos. Entre las principales conclusiones se destaca el carácter vital de la caracterización tanto del adhesivo como de los composites, ya que la sensibilidad a la variabilidad de sus propiedades es muy elevada. El trabajo proporciona también recomendaciones para el diseño de estructuras con uniones adhesivas, incluyendo métodos de modelado de las uniones e influencia de diferentes parámetros como las características geométricas y de fabricación para casos similares al de la base de un ascensor.

Palabras clave: Adhesivos, Uniones adhesivas, Caracterización, Composites, Modelado, MEF.

Estudio comparativo entre técnicas de preparación superficial estándar y tratamiento por plasma para uniones adhesivas en fibra de carbono y aluminio

A. Ruiz, A. Pozo, A. Fernández-López, A. Güemes

*Departamento de Materiales Compuestos, Center of Composite Materials and Smart Structure (CCMSS) Universidad Politécnica de Madrid,
Plaza Cardenal Cisneros 3, 28040 Madrid, Spain,
andres.ruiz.marron@alumnos.upm.es, www.aero.upm.es/departamentos/smart-composites

RESUMEN

Durante los últimos años, las uniones adhesivas estructurales en materiales compuestos ha ido ganando terreno sobre las técnicas de unión mecánica tradicionales debido múltiples ventajas como la posibilidad de unir sustratos de diferente naturaleza, reducción de peso o distribución uniforme de tensiones en la unión. Sin embargo aún presenta múltiples retos para la industria al ser uniones permanentes, no inmediatas y requerir de una preparación superficial previa de las zonas de unión. Para este último reto, la industria busca moverse hacia técnicas cuyos parámetros estén controlados, sean automatizables y sobretodo certificables para su empleo en el sector aeroespacial.

En búsqueda de sustituir las técnicas de preparación superficial estándar, este estudio realiza una comparativa de algunas de las técnicas actuales de preparación superficial más comunes en materiales compuestos, junto con otra técnica prometedora: el tratamiento por llama de plasma. Es sabido que la aplicación de una llama de plasma tiene la capacidad de modificar el ángulo de Humectación entre un líquido y una superficie, mejorar la interacción adhesivo-sustrato, y por lo tanto garantizar la unión adhesiva.

Con el fin de comprobar la validez de este comportamiento se realizan ensayos de adhesión a solape simple en probetas de fibra de carbono y probetas de aluminio, unidas mediante un adhesivo epoxi común habiéndose aplicado diferentes combinaciones de tratamiento superficial estándar y llama de plasma. Se muestran valores porcentuales de la carga máxima de rotura de la unión adhesiva para las diferentes combinaciones de técnicas de preparación. Los resultados muestran el potencial de la tecnología del plasma como un sustituto viable de las técnicas tradicionales.

Palabras clave: Unión, adhesivo, plasma, preparación superficial.

Reuse of aeronautical uncured prepreg

T. Blanco^a, N. Colas^b, J. Sánchez^a, A. Ricardo^a, N. Fanegas^c

^a Materials and Processes Department, Airbus Operations, S.L, Getafe 28906, Spain
^b Manufacturing Engineering Department, Airbus Operations, S.L, Getafe 28906, Spain
^c Applied Research Materials and Processes Department, FIDAMC, Getafe 28906, Spain

RESUMEN

The content of this project is focused on the development of a process to reuse uncured A350 prepreg scrap obtained in production plants. The main aim is to reduce the current buy to fly ratio, which is the used raw material versus the material that will finally fly and, thus, to achieve clear benefits in terms of environmental aspects. The key properties of the new virgin material obtained after this reusing process have been evaluated in order to assess potential applications in aeronautical or other fields (e.g. automotive, sport, civil works...). Additionally, some aeronautical demonstrators or pilot cases with the reused material and process were produced.

Regarding the key conclusions of this work up to now: an effective process has been developed to reuse A350 uncured prepreg scrap, mainly mono-ply, based on chopping the prepreg to obtain a new virgin material, which will be used to produce a part by applying a compression molding process. Although the properties of the new raw material show high scatter, some of them stay close or even higher versus the reference (e.g. CAI). To end with, several aeronautical demonstrators with acceptable quality have been produced with the prepreg reuse process developed in this project (e.g. complex brackets, gaskets, manholes...).

Palabras clave: Reuse, Recycle, Prepreg, Scrap, Chop, Compression molding.

Beneficio económico y energético de un método de tratamiento de vapores en el reciclado de residuos de fibra de carbono por pirolisis

A.Lopez-Urionabarrenechea, N. Gastelu, E. Acha, B.M. Caballero, J. Alonso-Losada, I. de Marco

Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería (UPV/EHU), Bilbao, 48013, España

RESUMEN

La creciente utilización de materiales compuestos de fibras de carbono en la industria conlleva la generación de grandes cantidades de este tipo de residuos. Esta tendencia ha incentivado en los últimos años la investigación de diferentes alternativas de reciclaje de estos residuos con el objetivo de recuperar las fibras de carbono, material de alto valor económico específico. De entre estas alternativas, la pirolisis es la única que ha llegado a desarrollarse a escala comercial. Este proceso consiste en calentar el residuo en atmósfera inerte o pobre en oxígeno, provocando la descomposición de la resina polimérica del material y permitiendo la recuperación de las fibras de carbono. La resina se descompone en vapores orgánicos, que habitualmente son incinerados y evacuados por chimenea.

El objetivo de este artículo es presentar el beneficio económico y energético de un método de tratamiento de los vapores de la descomposición de la resina, a través del cual se pueden obtener productos químicos de valor, evitando la incineración y emisión de gases. Mediante la aplicación de este método, recientemente patentado, se puede obtener un gas con un contenido energético superior al de los vapores sin tratar y con un elevado contenido en hidrógeno, que podría separarse y comercializarse, lo que aumentaría en 6 veces el valor económico de esta fracción gaseosa en comparación con el valor de esos mismos vapores sin tratar.

Palabras clave: Fibra de carbono, Reciclado, Materiales compuestos, Pirolisis.

Obtención de fibra de carbono reciclada mediante pirolisis de preimpregnados curados

A. Fernández Gorgojo^a, C. S. Lopes^a, R. Guzmán de Villoria^a, C. González^{a,b}, F. A. López^c

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

^b FIDAMC, Foundation for the Research, Development and Application of Composite Materials, Avda. Rita Levi-Montalcini, 29, 28906, Getafe, Madrid, España

^c Departamento de Ciencias de los Materiales, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, 28040 Madrid, España

^d Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM) CSIC, Av. Gregorio del Amo 8, 28040 Madrid, España

RESUMEN

Debido al rápido crecimiento del mercado de los composites, diversas directivas europeas han surgido para minimizar sus repercusiones sobre el medio ambiente (EU 2000/53/CE, *End of life vehicles*), así como dar un uso racional de los vertederos (EU 1999/31/EC). Por ejemplo, en el sector aeronáutico, los materiales compuestos pueden llegar a alcanzar el 50% en peso de los aviones. Consecuentemente, la reciclabilidad es un aspecto clave. El objetivo de este trabajo es el estudio de las técnicas de reciclaje de materiales compuestos de fibra de carbono con matriz polimérica termoestable para obtener fibras con propiedades similares a las originales. De esta manera, las fibras se podrían utilizar combinándose con ellas mismas o con las de vidrio en la fabricación de materiales híbridos. Mediante esta hibridación, se obtendrían materiales con propiedades superiores a los GFRP, y más baratos que los CFRP. Por lo tanto, estas técnicas de reciclaje y reprocesamiento supondrían una mejora económica.

El objetivo principal del proyecto consiste en estudiar y optimizar la reciclabilidad de preimpregnados curados de fibra de carbono/epoxi para su utilización en materiales híbridos. Partiendo de una pirolisis en un reactor de atmósfera controlada, seguido de una oxidación se obtienen fibras de carbono con propiedades similares a las vírgenes, con una pérdida de la resistencia a tracción inferior al 20%. Se ha realizado una evaluación de los distintos parámetros del proceso de reciclado con el fin de optimizar el procedimiento. La caracterización de las fibras engloba ensayos de tracción, microscopía electrónica de barrido y espectroscopía Raman.

Palabras clave: Reciclabilidad, Pirolisis, Preimpregnado curado.

Modelización reológica mediante Cross-WLF de un nuevo material compuesto elaborado con bioPE y Thyme

N. Montanes^a, R. Balart^a, V. Fombuena^a, O. Fenollar^a, T. Boronat^a

^aInstituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València. Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoy (Alicante)
nesmonmu@dimmm.upv.es

RESUMEN

El incremento de la conciencia medioambiental está impulsando la búsqueda continua de nuevos materiales eco-amigables. Dentro de la categoría de los "Wood Plastics Composites" (WPC), se propone un nuevo "Green Composite", cuya matriz es un bio-polietileno (bioPE) obtenido de la caña de azúcar y cuya carga, con propiedades de refuerzo por su estructura fibrosa, es "Thyme", como residuo de la destilación de un licor fabricado en una empresa local.

Se han estudiado concentraciones de carga al 10%, 30% y 50% en peso. Siendo que los polímeros se procesan en estado fundido y que las cargas influyen en su comportamiento visco-elástico, se hace necesario conocer el comportamiento reológico de estos nuevos compuestos, para de este modo poder evaluar su procesabilidad.

La viscosidad de polímero en estado fundido es muy sensible a la temperatura y a la velocidad de cizalla a la que se está procesando. El modelo de Cross-WLF, a partir de los resultados experimentales obtenidos con un reómetro capilar, describe el comportamiento reológico de los materiales, posibilitando de esta manera la determinación de la viscosidad de estos nuevos bio-compuestos en condiciones distintas a las ensayadas. De esta forma se puede evaluar la procesabilidad de estos nuevos materiales.

Palabras clave: Reología, Viscosidad, Green Composite, Cross-WLF.

Biocompuesto de fibra natural de palma cumare (*Astrocaryum chambira*) y resina bioepoxy, aplicaciones industriales

W. J. Mora^a, B. A. Ramon^a

^a Universidad de Pamplona, Grupo de investigación en ingeniería mecánica GIMUP, Pamplona, Colombia

RESUMEN

El marco de este trabajo se orienta en la búsqueda de nuevos materiales amigables con el medio ambiente, para tal propósito se realizó la caracterización mecánica y térmica de la fibra natural de Cumare (*Astrocaryum chambira*), mediante tracción y TGA respectivamente. Posteriormente, se fabricó el material biocompuesto, utilizando un tejido artesanal realizado por la Etnia Tukano de la Amazonía Colombiana, impregnado con resina bioepoxy mediante el método de transferencia de resina asistida por vacío (VARTM), obteniendo de esta manera, probetas que fueron caracterizadas mediante normas ASTM. Los valores del esfuerzo máximo en tracción y flexión del biocompuesto cumare/bioepoxy fueron comparados con otros sistemas de compuestos con fibra natural, arrojando valores muy similares o superiores a los reportados por otros autores. Los valores obtenidos en las propiedades mecánicas validaron la simulación para una aplicación industrial de una manija interior de apertura para la puerta de un vehículo por medio de elementos finitos. Como aporte significativo en la presente investigación, se presenta la fibra Colombiana de cumare como una alternativa ecológica de bajo costo para el refuerzo de materiales bicompuestos con aplicaciones industriales en el sector automotriz.

Palabras clave: Fibras naturales, Biocompuesto, Componente automotriz.

Development of New Thermosetting Resins from Polyethylene Terephthalate (PET) Wastes

I.Roig^a, S. Fita^a, A. Crespo^a, E. Domínguez^a, E. Verdejo^a, B. Monje^a, S. Franco^b, I. Lamaza^b

^a AIMPLAS, Instituto Tecnológico del Plástico, Valencia-Parque Tecnológico, Calle Gustave Eiffel, 4, 46980 Paterna, Valencia, España

^b Barpimo S.A., Calle San Fernando, 116, 26300 Nájera, La Rioja, España

RESUMEN

In an attempt to cover the needs and requirements of consumers, packaging without good recyclability is sometimes introduced in the market. This is more evident in the case of polyethylene terephthalate (PET). PET is a highly recyclable material that results in a recycled product with enhanced quality. However, there are other type of PET multilayered packaging that are being introduced in the market. These packaging products include additional materials such as other type of polymers, metals, paper, etc., as well as different type of pigments, colouring agents and impurities conferring a critical colour to the packaging. When this new packaging arrives to the recycler it generates problems, resulting in low quality products or even rejected, being deposited in landfill. This implies an important environmental reduction (mainly in the CO₂ emissions) and in the economic affairs. For this reason, the recycling companies and, in general, waste management companies, are interested in alternatives that allow these residues to have a viable outlet. This development is presented as a solution to the problem of these particular PET multilayered residues. The main objective is the industrial development of thermosetting resins (alkyds and unsaturated polyesters) that include in their composition materials obtained from the chemical recycling of these multilayered packaging, at an affordable price and with reduced environmental impact.

Palabras clave: Polyethylene Terephthalate (PET), Unsaturated polyester resin, Recyclability, Waste, Thermoset resins, Environmental impact, Multilayered packaging, Coloured packaging, Glycolisis.

Reuse of CFRP material from Aircraft Manufacturing Parts. Industrial applications and inverse logistic solution

José Miguel Cárdenas Aguado^a, Georgina Galera Córdoba^b

^a Manufacturing Engineering (Methods and Processes), Illescas Plant, Airbus Operations SL. 45200 – Illescas (Toledo), SPAIN

RESUMEN

The new Airbus A350XWB has the largest % of an aircraft primary structure elements made of composites ever. Thus, it has been a huge challenge to manage thousands of CFRP Tons per year in the part manufacturing plants, and consequently, several initiatives to reduce, reuse and recycle scrap material has been developed during last few years.

Illescas Plant is introducing new processes to reuse and recycle CFRP material from wing covers and fuselage parts. Two initiatives are running these days:

Reusing of CFRP (prepreg) end of spools and end of rolls to manufacture rowing for stringers that allows to decrease the purchased material in the Plant.

Palabras clave: Reuse, Recycle and reuse CFRP, Manufacturing, Aircraft, Scrap material, Plant, Prepreg.

Influencia del tratamiento superficial en la resistencia y adhesión entre fibras naturales de lino y una matriz termoplástica

B. Enciso, S. López de Armentia, J. Abenojar, M.A. Martínez

Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería química, IAAB, Universidad Carlos III de Madrid. Avenida de la Universidad, 30, 28911, Leganés, España

RESUMEN

El empleo de fibras naturales como refuerzo de materiales compuestos poliméricos se ha convertido en una alternativa a las fibras convencionales debido a su bajo coste, baja densidad, elevada disponibilidad, excelentes propiedades mecánicas, elevada resistencia específica, biodegradabilidad y ser respetuosas con el medio ambiente. No obstante, es necesario mejorar la interacción entre fibras y matriz ya que la calidad de la interfase fibra-matriz es decisiva en las futuras propiedades del material compuesto. Por este motivo es habitual realizar diferentes tratamientos superficiales sobre las fibras naturales para mejorar su resistencia al agua, aumentar su mojabilidad y energía superficial y así promover una buena adhesión interfacial.

En este trabajo se plantea como objetivo estudiar la adhesión entre las fibras de lino, sometidas a diferentes tratamientos superficiales, y una matriz de LDPE. Para ello se han realizado ensayos de pull-out con hebras de lino tratadas con plasma de baja presión, plasma atmosférico, recubrimiento silano y diferentes tratamientos alcalinos, así como sobre las fibras sin tratar. Posteriormente se fabricaron los materiales compuestos empleando tejido de lino unidireccional y LDPE en una prensa de platos calientes. Por último se evaluaron las propiedades mecánicas finales de cada material compuesto mediante ensayos de tracción utilizando una máquina universal de ensayos. De esta forma se puede correlacionar una mayor interacción entre el LDPE y las fibras con las propiedades finales.

Palabras clave: Materiales compuestos, Fibras naturales, Adhesión.

Composites termoestables reciclables derivados de textiles de desecho

N. Markaide^a, V. M. Boucher^a, A. Genua^a, S. Montes^a, H. J. Grande^a, A. Rekondo^a

^a Unidad de Polímeros y Composites, IK4-CIDETEC, Paseo Miramón 196, E-20014 Donostia-San Sebastián, España

RESUMEN

La idea de reciclar materiales de desecho provenientes de diversos sectores como el del papel, textil o automoción ha sido popular durante décadas, pero los métodos de reciclado actuales dan generalmente productos de mala calidad, difíciles de reutilizarlos. En el caso concreto de los composites termoestables la problemática es aún mayor, ya que una vez curada la resina no es posible su disolución y por tanto la recuperación de la fibra y resina originales se vuelve prácticamente inviable.

Este trabajo presenta composites termoestables reciclables fabricados con tejidos obtenidos a partir de textiles derivados de desechos y resinas epoxi o poliuretano cuya reticulación se basa en enlaces reversibles, lo que les confiere la capacidad de ser disueltas en un agente específico, de manera que se puedan recuperar tanto la fibra como la resina para su posterior reutilización. Teniendo en cuenta las particularidades de estos materiales, se han estudiado y optimizado los parámetros de fabricación del material compuesto, así como las condiciones óptimas de disolución de la resina.

El trabajo se enmarca dentro del proyecto europeo Trash-2-Cash, que propone un nuevo modelo en el que los residuos de papel y textiles se reciclan químicamente dando lugar a tejidos que son de la misma calidad que los originales, para fabricar productos tales como composites termoestables que se puedan reproducir industrialmente y sean reciclados al final de su vida.

Palabras clave: Epoxi, Poliuretano, Reciclado, Enlaces covalentes, dinámicos.

Acerca del estudio de compuestos de yeso con incorporación de caucho de neumáticos

T. A. Urzulin^a, J. L. Akasaki^a, N. A. Pinto^a, C. F. Fioriti^b

^a Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Alameda Bahia, 550, 15.385-000, Ilha Solteira, Brasil.

^b Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Roberto Simonsen, 305, 19060-900, Presidente Prudente, Brasil

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron algunas características físicas del material compuesto de yeso con incorporación de dos diferentes tamaños de partículas de caucho de los neumáticos. El programa experimental estaba formado por las siguientes pruebas: consistencia (mini-slump), densidad de masa (estado fresco y endurecido), resistencia a la compresión y la microscopía electrónica de barrido (MEB). El caucho usado en los materiales compuestos es del proceso de recauchutado del neumático con la incorporación de 5 a 10% con relación a la masa de yeso y los dos tamaños de partícula diferentes utilizados fueron llamados delgada (#0,6 mm) de gruesa (#1,19 mm). Los cauchos de diferentes tamaños de partículas se destacaron en diferentes puntos. El caucho delgado mostró resistencia a la compresión cercana al valor observado en el control con la adición de 5% en masa, lo que puede ser debido a su adhesión a la pasta de yeso, que se dio de una forma menos porosa y con una interfaz entre las partículas de caucho y la pasta más cercana, observados por la prueba de MEB. El caucho grueso mostró los mejores resultados en la consistencia, contribuyendo a la facilidad de trabajo de la pasta, que también se observó en MEB, donde el caucho grueso tiene menos adhesión a la pasta de yeso, en comparación con el material compuesto de yeso con incorporación de caucho delgado. Los resultados proporcionan una reducción en el valor de la densidad de masa, mostrando la contribución que el caucho (de dos tamaños) tenía en la fabricación de un material más ligero. El ensayo de consistencia reveló que el caucho contribuyó a la disminución de la consistencia, lo que hace más difícil la trabajabilidad. Es posible decir, entonces, que el caucho como material residual presentó características interesantes en aplicaciones en compuestos de yeso.

Palabras clave: Caucho de neumáticos, Yeso, Consistencia, Densidad de masa, Compresión, Microscopía.



MAT-COMP

Materiales
Compuestos

2017

PATROCINADORES

