

Vega™

MATERIAL PEKK REFORZADO CON FIBRA DE CARBONO

Vega es un filamento PEKK reforzado con fibra de carbono de alto rendimiento para imprimir en 3D piezas aeroespaciales críticas en la FX20. Formulado por ingenieros y científicos de materiales de Markforged, presenta un acabado superficial negro mate liso que resulta excelente para piezas de producción. Vega se puede reforzar con fibra continua para obtener la resistencia del aluminio en componentes aeroespaciales.

La fibra de carbono HT y la fibra de carbono HT-A son variantes especiales de la fibra de carbono continua de Markforged, diseñadas para utilizarse con Vega y el filamento ULTEM™ 9085¹. Son capaces de producir piezas con la resistencia del aluminio y pueden usarse con precisión en una amplia gama de formas geométricas.

Características y ventajas

Alta resistencia al calor y a FST (fuego, humo y toxicidad)

Resistencia a compuestos químicos y disolventes

Baja desgasificación

Acabado superficial mate

Alta resistencia con refuerzo de CF-HT



Propiedades físicas	Unidad	Prueba (ASTM)	Vega Orientación XZ	Prueba	Fibra de carbono HT (CFR) ²	Fibra de carbono HT-A (CFR) ^{2,3}
Resistencia a la tracción	MPa (ksi)	D638	87,6 ± 3,0 (12,7 ± 0,5)	D3039	800 (116)	800 (116)
Módulo de elasticidad a la tracción	GPa (ksi)	D638	5,2 ± 0,2 (0,8 ± 0,03)	D3039	69 (10005)	69 (10005)
Alargamiento de rotura	%	D638	3,0 ± 0,2	D3039	1.6	1.6
Resistencia a la flexión	MPa (ksi)	D790	140,2 ± 8,4 (20,3 ± 1,2)	D790	439,5 (63,7)	529,7 (76,8)
Módulo de flexión	GPa (ksi)	D790	4,7 ± 0,3 (678,3 ± 0,04)	D790	50,3 (7.291,1)	53,3 (7.730,5)
Resistencia a la rotura por flexión	%	D790	5,2 ± 0,5	D790	1.0	1.1
Resistencia a la compresión	MPa	D695	221,3 ± 35,9 (32,1 ± 5,2)	D695	300 (43,5)	300 (43,5)
Módulo de compresión	GPa	D695	4,1 ± 0,3 (591,0 ± 37,0)	D695	59 (8557)	59 (8557)
Resistencia al impacto Izod con mella	J/m	D256	47,9 ± 3,8	D256	810 (15,2)	810 (15,2)
Densidad	g/cm ³	-	1,27 ± 0,03	-	1.20	1.20
Temp. deflexión térmica (1,8 MPa)	grados C (grados F)	D648	150,8 (303,4)	-	190 (374)	190 (374)
Temp. deflexión térmica (0,45 MPa)	grados C (grados F)	D648	165,1 (329,2)	-	190 (374)	190 (374)

Estos datos representativos se han probado, medido o calculado utilizando métodos estándar y pueden cambiar sin previo aviso. Markforged® no ofrece garantías de ningún tipo, ni expresas ni implícitas, como por ejemplo las garantías de comerciabilidad, idoneidad para un uso particular o garantía contra la violación de patentes. Tampoco asume ninguna responsabilidad en relación con el uso de esta información. Los datos aquí indicados no deben utilizarse para establecer límites de diseño, control de calidad o especificaciones, y no pretenden sustituir las pruebas que realice para determinar la idoneidad en aplicaciones específicas. El contenido de esta hoja informativa no debe interpretarse como una licencia de uso ni una recomendación para infringir derechos de propiedad intelectual.

¹ Las marcas comerciales ULTEM™ y 9085 se utilizan con licencia de SABIC, sus filiales o subsidiarias.

² Los valores de CF-HT y CF-HT-A se derivan de probetas de ensayo de fibra pura. La resistencia real de la pieza dependerá de la cantidad y el recorrido de la fibra en la pieza.

³ Para la cualificación de materiales y sistemas se recomienda CF-HT-A.

Desgasificación

Vega presenta una baja desgasificación, lo que garantiza su idoneidad para aplicaciones críticas de la industria aeroespacial.

Propiedad	Prueba (ASTM)	TML (%)	CVCM (%)	WVR (%)
Desgasificación	E595-15	0.47	<0,01	0.21

Resistencia química

Propiedad	Vega
37 % ácido clorhídrico	A
80 % ácido fosfórico	A
49 % fluoruro de hidrógeno	A
50 % hidróxido de potasio	A
50 % peróxido de hidrógeno	A
Etanol	A
Jet A	A
Skydrol	A
Tolueno	B
MEK	B
Tricoloretano	C
Diclorometano	C

Leyenda

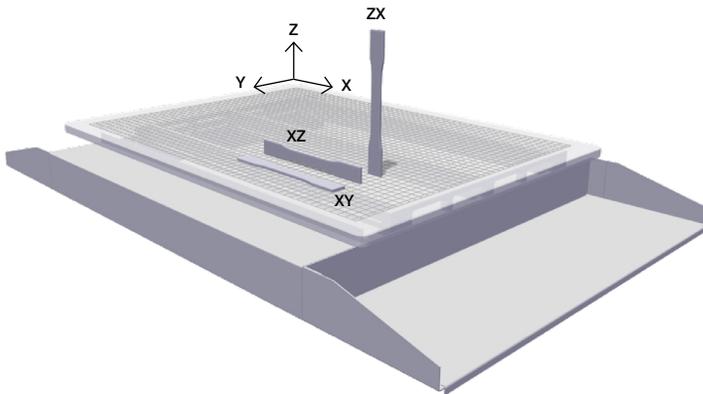
A - Poco / ningún efecto

B - Efecto pequeño / moderado

C - Efecto significativo

Propiedades mecánicas direccionales de Vega

Las propiedades mecánicas de los materiales impresos en 3D pueden variar en función de la orientación de impresión. En tensión, la mayoría de las piezas son más resistentes cuando la orientación de impresión y la dirección de carga son paralelas, y más débiles cuando la orientación de impresión y la dirección de carga son perpendiculares.



Propiedad ⁴	Orientación de impresión	Promedio
Resistencia a la tracción (MPa)	XY	65,2 ± 3,0
	XZ	87,6 ± 3,0
	ZX	47,5 ± 3,3
Módulo de elasticidad a la tracción (GPa)	XY	4,0 ± 0,1
	XZ	5,2 ± 0,2
	ZX	3,3 ± 0,2
Alargamiento de rotura (%)	XY	3,9 ± 0,4
	XZ	3,0 ± 0,2
	ZX	5,2 ± 0,5

Estos datos representativos se han probado, medido o calculado utilizando métodos estándar y pueden cambiar sin previo aviso. Markforged® no ofrece garantías de ningún tipo, ni expresas ni implícitas, como por ejemplo las garantías de comerciabilidad, idoneidad para un uso particular o garantía contra la violación de patentes. Tampoco asume ninguna responsabilidad en relación con el uso de esta información. Los datos aquí indicados no deben utilizarse para establecer límites de diseño, control de calidad o especificaciones, y no pretenden sustituir las pruebas que realice para determinar la idoneidad en aplicaciones específicas. El contenido de esta hoja informativa no debe interpretarse como una licencia de uso ni una recomendación para infringir derechos de propiedad intelectual.

⁴ Las muestras XY y XZ se imprimieron con la configuración predeterminada de relleno sólido. Las muestras ZX se imprimieron con configuraciones de relleno sólido con 6 paredes y 4 pisos.

Características de fuego, humo y toxicidad (FST)

El material Vega solo y con refuerzo de fibra de carbono ha demostrado un rendimiento en las pruebas de inflamabilidad que supera las especificaciones CFR 25.853 con un espesor de 2 mm. Para obtener información sobre las limitaciones en las posibles aplicaciones, consulte PS-ANM-25.853-01-R2. El rendimiento de la prueba de humo ha superado las especificaciones CFR 25.853 con un espesor de 2 mm. El rendimiento de la prueba de toxicidad de la combustión ha superado las especificaciones BSS 7239 de Boeing con un espesor de 2 mm. En general, las probetas con un espesor inferior tienen más dificultades para superar las pruebas. A continuación se indica el rendimiento de las muestras más finas que superaron las pruebas.

Categoría de la prueba	Detalle de la prueba	Especificaciones	Espesor	Carga de fibra continua	Prueba	Criterio de aprobación	Resultado de la prueba	Evaluación	
Inflamabilidad	Vertical (60 seg.)	FAR 25.853 apéndice F, parte I (a) (1) (i)	2 mm	Ninguna	Tiempo de combustión Longitud afectada Combustión más prolongada	≤ 15 seg. ≤ 6 pulg. ≤ 3 seg.	0 seg. 3,3 pulg. Ninguno	Aprobado	
			2 mm	Completa	Tiempo de combustión Longitud afectada Combustión más prolongada	≤ 15 seg. ≤ 6 pulg. ≤ 3 seg.	0 seg. 3,1 pulg. Ninguno	Aprobado	
	Vertical (12 seg.)	FAR 25.853 apéndice F, parte I (a) (1) (ii)	2 mm	Ninguna	Tiempo de combustión Longitud afectada Combustión más prolongada	≤ 15 seg. ≤ 8 pulg. ≤ 5 seg.	2 seg. 0,9 pulg. Ninguno	Aprobado	
			2,0 mm	Completa	Tiempo de combustión Longitud afectada Combustión más prolongada	≤ 15 seg. ≤ 8 pulg. ≤ 5 seg.	0 seg. 0,4 pulg. Ninguno	Aprobado	
	Horizontal (15 seg.)	FAR 25.853 apéndice F, parte I (a) (1) (iv)	2,0 mm	Ninguna	Promedio Duración de la combustión	≤ 2,5 pulg./min.	0 pulg./min.	Aprobado	
			2,0 mm	Completa	Promedio Duración de la combustión	≤ 2,5 pulg./min.	0 pulg./min.	Aprobado	
	Liberación de calor*	FAR 25.853 apéndice F, parte IV	2,0 mm	Ninguna	Promedio máx. Promedio total 2 min.	≤ 65 kW/m ² ≤ 65 kW-min./m ²	40,4 kW/m ² 6,9 kW-min./m ²	Aprobado	
			2,0 mm	Completa	Promedio máx. Promedio total 2 min.	≤ 65 kW/m ² ≤ 65 kW-min./m ²	34,1 kW/m ² 9,3 kW-min./m ²	Aprobado	
	Humo	Densidad de humo - Modo con llama	BSS 7238	2,0 mm	Ninguna	Dens. máx.	≤ 200	1	Aprobado
		Densidad de humo - Modo sin llama	BSS 7238	2,0 mm	Completa	Dens. máx.	≤ 200	0	Aprobado
Toxicidad	Toxicidad con llama	BSS 7239	2,0 mm	Ninguna	HCN CO NO / NO ₂ SO ₂ HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 29 / 30 1 / 1 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Aprobado	
				Completa	HCN CO NO / NO ₂ SO ₂ HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 39 / 26 3 / 2 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Aprobado	
	Toxicidad sin llama	BSS 7239	2,0 mm	Ninguna	HCN CO NO / NO ₂ SO ₂ HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 2 / 3 0 / 1 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Aprobado	
				Completa	HCN CO NO / NO ₂ SO ₂ HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 <1 / 6 1 / 1 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Aprobado	

* De conformidad con PS-ANM-25.853-01-R2, la prueba de liberación de calor no es necesaria para la mayoría de las piezas interiores impresas en la X7, ya que tienen una superficie expuesta inferior al umbral especificado para los componentes de cabina.

**Muestra parcial producida como un panel sándwich de dos capas

Las muestras de fibra completas se producen utilizando la configuración de fibra con franjas con el máximo uso de fibra.

Estos datos representativos se han probado, medido o calculado utilizando métodos estándar y pueden cambiar sin previo aviso. Markforged® no ofrece garantías de ningún tipo, ni expresas ni implícitas, como por ejemplo las garantías de comerciabilidad, idoneidad para un uso particular o garantía contra la violación de patentes. Tampoco asume ninguna responsabilidad en relación con el uso de esta información. Los datos aquí indicados no deben utilizarse para establecer límites de diseño, control de calidad o especificaciones, y no pretenden sustituir las pruebas que realice para determinar la idoneidad en aplicaciones específicas. El contenido de esta hoja informativa no debe interpretarse como una licencia de uso ni una recomendación para infringir derechos de propiedad intelectual.