

Vega™

MIT CARBONFASER GEFÜLLTES PEKK-MATERIAL

Vega ist ein ultrahochleistungsfähiges, mit Carbonfaser gefülltes PEKK für den 3D-Druck von Teilen für die Luft- und Raumfahrt mit dem FX20. Es wurde von Ingenieuren und Materialwissenschaftlern von Markforged formuliert und weist eine glatte, mattschwarze Oberfläche auf, die sich hervorragend für Produktionsteile eignet. Vega kann mit Endlosfasern verstärkt werden und erreicht die Festigkeit von Aluminium für Komponenten für die Luftfahrt.

Carbon Fiber HT und Carbon Fiber HT-A sind Spezialvarianten der Endloscarbonfaser von Markforged und wurden speziell für die Verwendung mit Vega dem ULTEM™ 9085 Filament entwickelt¹. Aus diesen Fasern erhalten Sie Teile der Stärke von Aluminium, die in einer Vielzahl geometrischer Formen präzise angewendet werden können.

Merkmale und Vorteile

- Hohe Hitze- und FST-Beständigkeit
- Chemikalien- und Lösungsmittelbeständig
- Geringe Ausgasung
- Matte Oberfläche
- Hohe Festigkeit mit CF-HT-Verstärkung



Physikalische Eigenschaften	Einheit	Test (ASTM)	Vega XZ-Ausrichtung	Test	Carbon Fiber HT (CFR) ²	Carbon Fiber HT-A (CFR) ^{2 3}
Zugfestigkeit	MPa (ksi)	D638	87,6 ± 3,0 (12,7 ± 0,5)	D3039	800 (116)	800 (116)
Zug-Modul	GPa (ksi)	D638	5,2 ± 0,2 (0,8 ± 0,03)	D3039	69 (10005)	69 (10005)
Reißdehnung	%	D638	3,0 ± 0,2	D3039	1.6	1.6
Zugfestigkeit	MPa (ksi)	D790	140,2 ± 8,4 (20,3 ± 1,2)	D790	439,5 (63,7)	529,7 (76,8)
Elastizitätsmodul	GPa (ksi)	D790	4,7 ± 0,3 (678,3 ± 0,04)	D790	50,3 (7.291,1)	53,3 (7.730,5)
Bruchdehnung	%	D790	5,2 ± 0,5	D790	1.0	1.1
Druckfestigkeit	MPa	D695	221,3 ± 35,9 (32,1 ± 5,2)	D695	300 (43,5)	300 (43,5)
Kompressionsmodul	GPa	D695	4,1 ± 0,3 (591,0 ± 37,0)	D695	59 (8557)	59 (8557)
Izod-Kerbschlagzähigkeit	J/m	D256	47,9 ± 3,8	D256	810 (15,2)	810 (15,2)
Dichte	g/cm³	–	1,27 ± 0,03	–	1.20	1.20
HDT (1,8 MPa)	Grad C (Grad F)	D648	150,8 (303,4)	–	190 (374)	190 (374)
HDT (0,45 MPa)	Grad C (Grad F)	D648	165,1 (329,2)	–	190 (374)	190 (374)

Diese repräsentativen Daten wurden nach Standardmethoden getestet, gemessen oder berechnet und können ohne Vorankündigung geändert werden. Markforged® leistet keine ausdrücklichen oder stillschweigenden Gewährleistungen, einschließlich, aber nicht begrenzt auf die Marktgängigkeit, die Eignung für einen bestimmten Zweck oder die Nichtverletzung von Patenten, und haftet nicht im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Informationen. Die hier aufgelisteten Daten dürfen nicht verwendet werden, um Design-, Qualitätskontroll- oder Spezifikationsgrenzen festzulegen, und sie sind nicht dafür bestimmt, Ihre eigenen Tests zu ersetzen, um die Eignung für Ihre spezifische Anwendung zu bestimmen. Nichts in diesem Datenblatt darf als Lizenz für eine Tätigkeit im Rahmen eines Rechts an geistigem Eigentum oder als Empfehlung einer entsprechenden Rechtsverletzung ausgelegt werden.

¹ Die Marken ULTEM™ und 9085 werden unter Lizenz von SABIC, seinen Tochtergesellschaften oder verbundenen Unternehmen verwendet.

² CF-HT- und CF-HT-A-Werte sind von reinen Faserprüfkörpern abgeleitet. Die tatsächliche Festigkeit eines Teils hängt von der Menge und dem Verlauf der Fasern im Teil ab.

³ CF-HT-A wird für die Material- und Systemqualifizierung empfohlen.

Ausgasung

Vega weist eine geringe Ausgasung auf und ist daher für kritische Anwendungen in der Luftfahrt geeignet.

Eigenschaft	Test (ASTM)	TML (%)	CVCM (%)	WVR (%)
Ausgasung	E595-15	0.47	<0,01	0.21

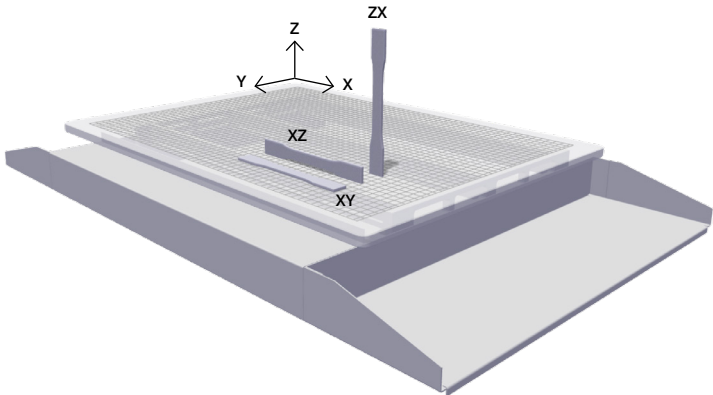
Resistenz gegen Chemikalien

Eigenschaft	Vega
Salzsäure 37%ig	A
Phosphorsäure 80%ig	A
Fluorwasserstoff 49%ig	A
Kaliumhydroxid 50%ig	A
Wasserstoffperoxid 50%ig	A
Ethanol	A
Düsentreibstoff A	A
Skydrol	A
Toluol	B
MEK	B
Trichlorethan	C
Dichlormethan	C

Legende
A – Geringe/keine Auswirkung
B – Geringe/mäßige Auswirkung
C – Signifikante Auswirkung

Direktionale mechanische Eigenschaften von Vega

Die mechanischen Eigenschaften von gedruckten 3D-Materialien können je nach Druckausrichtung variieren. Unter Spannung sind die meisten Teile am stärksten, wenn die Druckausrichtung und die Belastungsrichtung parallel verlaufen und am schwächsten, wenn die Druckausrichtung und Belastungsrichtung senkrecht zueinander verlaufen.



Eigenschaften ⁴	Druckausrichtung	Durchschn.
Zugfestigkeit (MPa)	XY	65,2 ± 3,0
	XZ	87,6 ± 3,0
	ZX	47,5 ± 3,3
Zug-Modul (GPa)	XY	4,0 ± 0,1
	XZ	5,2 ± 0,2
	ZX	3,3 ± 0,2
Reißdehnung (%)	XY	3,9 ± 0,4
	XZ	3,0 ± 0,2
	ZX	5,2 ± 0,5

Diese repräsentativen Daten wurden nach Standardmethoden getestet, gemessen oder berechnet und können ohne Vorankündigung geändert werden. Markforged® leistet keine ausdrücklichen oder stillschweigenden Gewährleistungen, einschließlich, aber nicht begrenzt auf die Marktgängigkeit, die Eignung für einen bestimmten Zweck oder die Nichtverletzung von Patenten, und haftet nicht im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Informationen. Die hier aufgelisteten Daten dürfen nicht verwendet werden, um Design-, Qualitätskontroll- oder Spezifikationsgrenzen festzulegen, und sie sind nicht dafür bestimmt, Ihre eigenen Tests zu ersetzen, um die Eignung für Ihre spezifische Anwendung zu bestimmen. Nichts in diesem Datenblatt darf als Lizenz für eine Tätigkeit im Rahmen eines Rechts an geistigem Eigentum oder als Empfehlung einer entsprechenden Rechtsverletzung ausgelegt werden.

⁴ XY- und XZ-Proben wurden mit den Standardeinstellungen für feste Füllungen gedruckt. Die ZX-Proben wurden mit Einstellungen für feste Füllungen mit 6 Wänden und 4 Böden gedruckt.

FST-Leistung (Flamme, Rauch, Toxizität)

Vega allein und mit Carbonfaser verstärkt hat bei Brennbarkeitsprüfungen gezeigt, dass es die Spezifikationen von CFR 25.853 bei einer Stärke von 2 mm erfüllt. Weitere Informationen dazu, wie dies mögliche Anwendungen einschränkt, finden Sie unter PS-ANM-25.853-01-R2. Die Rauchtestleistung entsprach den Spezifikationen von CFR 25.853 bei einer Stärke von 2 mm. Die Verbrennungstoxizität-Testleistung entsprach den Flammspezifikationen in Boeing BSS 7239 bei einer Dicke von 2 mm. In der Regel haben dünnere Proben mehr Probleme mit dem Bestehen der Tests. Ergebnisse der dünnsten Proben, die den Test bestanden haben, sind unten dargestellt.

Testkategorie	Testdetails	Spezifikation	Dicke	Endlofaser-belastung	Test	Kriterien für Bestehen	Testergebnis	Ergebnis
Flammbarkeit	Vertikal (60 Sek.)	FAR 25.853 Appendix F, Part I (a) (1) (i)	2 mm	Keine	Brennzeit Brennlänge Längstes Brennen	≤ 15 Sek. ≤ 6 in ≤ 3 Sek.	0 Sek. 3,3 in Keine	Bestanden
			2 mm	Voll	Brennzeit Brennlänge Längstes Brennen	≤ 15 Sek. ≤ 6 in ≤ 3 Sek.	0 Sek. 3,1 in Keine	Bestanden
	Vertikal (12 Sek.)	FAR 25.853 Appendix F, Part I (a) (1) (ii)	2 mm	Keine	Brennzeit Brennlänge Längstes Brennen	≤ 15 Sek. ≤ 8 in ≤ 5 Sek.	2 Sek. 0,9 in Keine	Bestanden
			2,0 mm	Voll	Brennzeit Brennlänge Längstes Brennen	≤ 15 Sek. ≤ 8 in ≤ 5 Sek.	0 Sek. 0,4 in Keine	Bestanden
	Horizontal (15 Sek.)	FAR 25.853 Appendix F, Part I (a) (1) (iv)	2,0 mm	Keine	Durchschn. Brenndauer	≤ 2,5 in/min	0 in/min	Bestanden
			2,0 mm	Voll	Durchschn. Brenndauer	≤ 2,5 in/min	0 in/min	Bestanden
	Wärmeabgabe*	FAR 25.853 Appendix F, Part IV	2,0 mm	Keine	Durchschn. Max. Durchschn. 2 Min. gesamt	≤ 65 kW/m ² ≤ 65 kW-min./m ²	40,4 kW/m ² 6,9 kW-min./m ²	Bestanden
			2,0 mm	Voll	Durchschn. Max. Durchschn. 2 Min. gesamt	≤ 65 kW/m ² ≤ 65 kW-min./m ²	34,1 kW/m ² 9,3 kW-min./m ²	Bestanden
Rauch	Rauchdichte – Mit Flammen	BSS 7238	2,0 mm	Keine	Ds Max.	≤ 200	1	Bestanden
	Rauchdichte – flammenlos	BSS 7238	2,0 mm	Voll	Ds Max.	≤ 200	0	Bestanden
Toxizität	Toxizität mit Flammen	BSS 7239	2,0 mm	Keine	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	Bestanden
				Voll	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	Bestanden
	Toxizität flammenlos	BSS 7239	2,0 mm	Keine	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	Bestanden
				Voll	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	Bestanden

* Gemäß PS-ANM-25.853-01-R2 ist der Wärmeabgabetest für die meisten nach innen orientierten Teile, die auf dem X7 gedruckt werden, nicht erforderlich, da ihre nach außen liegende Fläche unterhalb dem Spezifikationslimit für Kabinenkomponenten liegt.

***Teilweise Probe als 2-Schichten-Sandwichplatte produziert

Vollfaserproben werden unter Verwendung der gestreiften Faserkonfiguration mit maximaler Fasernutzung hergestellt.

Diese repräsentativen Daten wurden nach Standardmethoden getestet, gemessen oder berechnet und können ohne Vorankündigung geändert werden. Markforged® leistet keine ausdrücklichen oder stillschweigenden Gewährleistungen, einschließlich, aber nicht begrenzt auf die Marktängigkeit, die Eignung für einen bestimmten Zweck oder die Nichtverletzung von Patenten, und haftet nicht im Zusammenhang mit der Verwendung dieser Informationen. Die hier aufgelisteten Daten dürfen nicht verwendet werden, um Design-, Qualitätskontroll- oder Spezifikationsgrenzen festzulegen, und sie sind nicht dafür bestimmt, Ihre eigenen Tests zu ersetzen, um die Eignung für Ihre spezifische Anwendung zu bestimmen. Nichts in diesem Datenblatt darf als Lizenz für eine Tätigkeit im Rahmen eines Rechts an geistigem Eigentum oder als Empfehlung einer entsprechenden Rechtsverletzung ausgelegt werden.