

Faserverstärkungen aus Kohlefaser

Allgemeines



Elektro-Motorsegler elfin 20.ex, REINERSTEMME.aero GmbH

► Kohlefaser

i Eigenschaften

Kohlefasern zeichnen sich durch hohe Zugfestigkeit und Steifigkeit bei gleichzeitig niedriger Dichte aus und sind daher die idealen Verstärkungsfasern für Leichtbauanwendungen. Gegenüber Glasfaser hat Standard-Kohlefaser (HT-Faser) eine doppelt so hohe spezifische Zugfestigkeit und einen etwa

4 mal höheren spezifischen E-Modul. Die Dauerfestigkeit bei dynamischer Belastung ist hervorragend. Aufgrund der leicht negativen Wärmeausdehnung lassen sich Bauteile herstellen, die sich unter Wärme nur gering oder gar nicht verformen. Kohlefaser ist elektrisch leitfähig.

i Herstellung

Kohlefasern (engl: carbon fibre) bestehen aus reinem Kohlenstoff und werden durch Verkohlung von Synthesefasern hergestellt. Als wichtigstes Ausgangsmaterial dient Polyacrylnitril PAN und Pech. Das Vorgarn (engl: precursor) wird unter Zug in einem mehrstufigen Ofenprozess bei Temperaturen von 1.500 bis 2.500 °C verstreckt und carbonisiert. Während alle anderen Atome gasförmig entweichen, richten sich

die Kohlenstoffatome kettenförmig aus. Der Anteil an reinem Kohlenstoff steigt mit zunehmender Temperatur. Je höher die Reinheit, desto höher die Festigkeit und Steifigkeit der Kohlefaser. Das Filament hat einen Durchmesser von etwa 5–8 µm. Nach der Abkühlung werden die Filamente zu einem Roving gebündelt, mit einer Schlichte ausgerüstet und auf Spulen aufgewickelt.

i Nomenklatur

Zur Beschreibung der Garnfeinheit des Rovings wird in der Praxis neben der Einheit tex (= g/1.000 Meter) oft die Abkürzung K verwendet (1K = 1.000 Filamente).

Folgende Garnfeinheiten kommen in unseren Kohlefaserprodukten überwiegend zum Einsatz:

1K	=	1.000 Filamente	=	67 tex
3K	=	3.000 Filamente	=	200 tex
6K	=	6.000 Filamente	=	400 tex
12K	=	12.000 Filamente	=	800 tex



Einteilung in Festigkeitsklassen

Produktbezeichnung			Zugfestigkeit MPa	E-Modul GPa	Bruchdehnung %
HT	High Tenacity	hochfest	3.500–4.500	230–240	1,8–2,0
IM	Intermediate Modulus	mittlerer Modul	4.000–5.500	280–300	1,8–2,0
HM	High Modulus	hochmodul	4.000–4.500	370–430	1,1–1,3
UHM	Ultra High Modulus	ultrahochmodul	2.600–3.800	> 600	0,3–0,6

Die Übergänge zwischen den Festigkeitsklassen sind fließend.



Fasereigenschaften im Vergleich

Eigenschaften	Einheit	Kohlenstofffaser (HT)	E-Glasfaser	Aramidfaser (HM)	Dyneema SK60 (UHMW-PE)	Innegra S
Dichte	g/cm ³	1,78	2,6	1,3–1,45	0,97	0,84
Zugfestigkeit	MPa	3.900–4.400	3.500–3.800	3.000	3.100–3.500	670
Zug-E-Modul	GPa	240	69–72	100–110	70–110	15
Bruchdehnung	%	1,8	4,8	2,4	3,2	9,5
Wärmeausdehnungs- koeffizient II	10 ⁻⁶ K ⁻¹	-0,1	5	-3,5	-12	-8
Wärmeausdehnungs- koeffizient I	10 ⁻⁶ K ⁻¹	10	5	17	–	–
Wärmeleitfähigkeit	W/m*K	10	1	0,04	–	–
Feuchtigkeitsaufnahme 20°C/ 65%, rel. Luftfeuchtigkeit	%	0,1	0,1	3,5	0,1	0,1



Laminateigenschaften im Vergleich

Eigenschaften	Einheit	CFK*	GFK*	AFK*	Aluminium	Stahl (St37)
Dichte	g/cm ³	1,42	1,77	1,26	2,7	7,8
Zugfestigkeit	MPa	450–550	440–500	380–480	150	360
Biegefestigkeit	MPa	650–770	480–560	290–380	90	270
Zug-E-Modul	GPa	35–45	17–24	14–19	75	210
Druckfestigkeit	MPa	400–510	380–440	130–160	60–90	225
Interlam. Scherfestigkeit	MPa	40–55	38–46	27–34	–	–

* Gewebelaminat (50:50), 43 % Faservolumengehalt