

Technologiebereich: Materialien und Verfahren

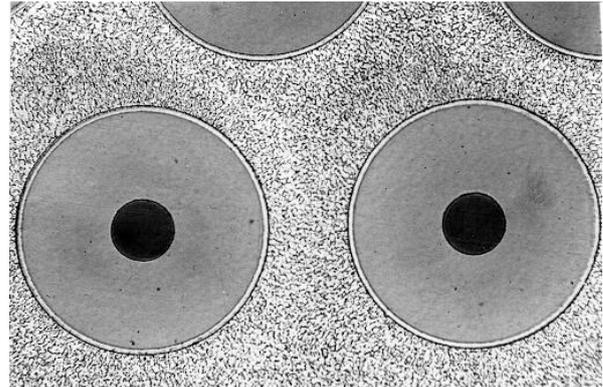
Kennziffer: TD-DE-1055

TMC - Titan Matrix Composite

Insbesondere in der Luft- und Raumfahrt werden immense Anforderungen an die Werkstoffe gestellt; bei geringem Gewicht müssen sie eine hohe Steifigkeit und Festigkeit aufweisen.

Für den Einsatz in Raumfahrtantrieben wurde faserverstärktes Titan (TMC) entwickelt.

Titanium Matrix Composite (TMC) ist ein faserverstärkter Verbundwerkstoff, bei dem SiC-Fasern in eine Metallmatrix aus Titan eingebracht werden und über einen lückenlosen Formschluss (Quasimaterialschluss) eine Einheit bilden. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des Magnetron-Sputterverfahrens kann jede Titanlegierung als Metallmatrix verwendet werden.



Das Design der Komponenten ist entscheidend

Die Materialeigenschaften des TMC erfordern eine spezifische Konstruktion der Komponenten:

- Homogene Verteilung der SiC-Fasern über den Bauteilquerschnitt
- Einhaltung definierter Faserdichteparameter (Faseranteil zu Metallmatrix)
- Ausrichtung der Faserbündel zu den Hauptlastrichtungen
- Vermeidung von Faserunterbrechungen
- Geschlossene Titan-Außenhaut des Bauteils (auch nach einer eventuellen mechanischen Finalisierung)
- Auslegung maximaler Biegeradien



Eigenschaften	TMC	hochfester Stahl	Ti-Legierung
Dichte [g/cm ³]	4	7,8	4,6
Festigkeit [Mpa]	2200	1700	1100
Festigkeit bei 600°C [Mpa]	1400	800	650
Steifigkeit [Gpa]	210	190	115
Dehnung [%]	1,3	6	15
Wärmeausdehnung [K ⁻¹]	5 x 10 ⁻⁶	12 x 10 ⁻⁶	8,5 x 10 ⁻⁶

Innovative Aspekte:

Das Titan überzeugt durch sein geringes spezifisches Gewicht. Die SiC-Fasern sorgen für die hohe Zugfestigkeit und Steifigkeit. Im Gegensatz zu vielen Leichtbaumaterialien behält TMC seine Materialeigenschaften auch bei hohen Temperaturen von bis zu 600 °C bei. Da die SiC-Fasern nicht an die Oberfläche gelangen, behält das Material seine Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität.

Vorteile von Titanmatrix-Verbundwerkstoffen

Deutlich höhere Belastbarkeit im Vergleich zu Stahl

Bei gleichen Abmessungen besitzen KTW Titanmatrix-Verbundwerkstoffe eine 75 % höhere Zugfestigkeit und eine 10 % höhere Steifigkeit als entsprechende Bauteile aus hochlegiertem Stahl. Dies bedeutet auch, dass bei gleichbleibender Belastung eine deutliche Reduzierung der Bauteilgröße möglich ist. Darüber hinaus weisen TMC-Bauteile bei hohen Temperaturen die gleiche oder eine bessere Leistung auf als ihre Pendanten aus Stahllegierungen.

50% Gewichtsreduzierung

Im Vergleich zu Komponenten aus hochlegiertem Stahl wiegen TMC-gefertigte Komponenten bei höherer Steifigkeit durchschnittlich nur halb so viel. Dadurch können große Maschinen wie Flugzeugturbinen und andere Hochleistungsgeräte mit einem viel geringeren Gewicht hergestellt werden, was zu großen Energie- und Kraftstoffeinsparungen in der Endanwendung führt.

Vielseitige Anwendungen

Das Verfahren eignet sich für viele Arten von Komponenten aus allen möglichen Branchen und Prozessen. Dank eines hohen Automatisierungsgrads liefert es eine perfekte und wiederholbare Qualität. Die Bearbeitung und der 3D-Druck ermöglichen die Herstellung vieler gewünschter Formen. Die geringe Reaktivität und hohe Biokompatibilität ermöglichen auch den Einsatz im medizinischen Bereich, beispielsweise in künstlichen Gelenken.

Anwendungsbereiche:

Titanmatrix-Verbundwerkstoffe sind in einer Vielzahl von Branchen und Bereichen einsetzbar:

- Allgemeine Mechanik – Das Material kann eine große Anzahl von Teilen in verschiedenen Maschinenarten ersetzen. Beispiele hierfür sind Pleuelstangen, Bolzen, Ventile und andere Komponenten mit hohen Leistungsanforderungen.
- Luft- und Raumfahrt – Hier kann das Verfahren leichtere und stabilere Turbinen-/Lüfterblätter, Einlass-/Auslassventile, Stangen, Bolzen, Stifte, Wellen und vieles mehr liefern. Beispielsweise können Turbinenblätter aus TMC aufgrund der minimalen Wärmeausdehnung des Materials die Effizienz von Flugzeugtriebwerken erheblich steigern.
- Autos/Motorsport – TMC-Komponenten werden bereits in den Toyota-Motoren der Formel 1 eingesetzt. Im Allgemeinen können sie die Leistungsdichte von Elektromotoren erhöhen, indem sie die bewegliche Masse, z. B. des Rotors oder Stators, reduzieren.
- Medizinischer Bereich – Die geringe Reaktivität und hohe Biokompatibilität machen Titanmatrix-Verbundwerkstoffe zum perfekten Material für orthopädische Implantate.

Art der Zusammenarbeit:

Es besteht Interesse am Verkauf von Materialien sowie an der Entwicklung von TMC-Komponenten nach spezifischen Anforderungen.