

Ti-Alloy Ti6Al4V ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Allgemeines

Ti6Al4V ist die weltweit meistgenutzte Titanlegierung und zählt mit einer Dichte von etwa 4,43g/cm³ ^[2] zu den Leichtmetalllegierungen. Das Verhältnis von großer Festigkeit zu einer relativ kleinen Dichte bei exzellenter Korrosionsbeständigkeit ermöglicht ein breit gefächertes Spektrum an Einsatzmöglichkeiten von Titanbauteilen. Somit werden Titan und dessen Legierungen beispielsweise in der Automobilindustrie oder in der Luft- und Raumfahrt bereits seit den 1950er Jahren erfolgreich eingesetzt. Dabei überzeugt Titan zusätzlich durch eine geringe thermische Ausdehnung. Durch die Biokompatibilität wird ferner der Einsatz in der Medizintechnik ermöglicht. Somit können beispielsweise Implantate für die Zahnmedizin oder Prothesen für Hüftgelenke aus Ti6Al4V ELI Grade 23 (extra low interstitials, geringer Grad an interstitiellen Verunreinigungen in Form von Eisen- und Sauerstoffatomen) gefertigt werden.

Materialaufbau

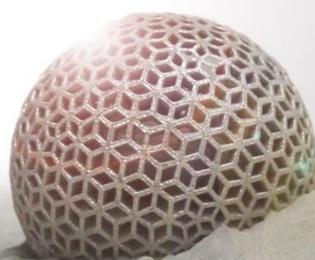
Bauteile aus Titan weisen nach dem Aufbau mit dem SLM[®]-Verfahren ein homogenes, nahezu porenfreies Gefüge auf, wodurch die mechanischen Kennwerte im Bereich der Materialspezifikation liegen. Durch eine anschließende Nachbehandlung wie Wärmebehandeln (z.B. Spannungsarmglühen, Rekristallisationsglühen, Ausscheidungshärten) oder heißisostatisches Pressen (HIP), können die Bauteileigenschaften an die individuellen Bedürfnisse angepasst werden. Für SLM[®]-gefertigte Bauteile aus Ti6Al4V wird eine Wärmebehandlung bei 940 °C für 4 h unter Argon-Schutzgasatmosphäre empfohlen. Alternativ kann ein heißisostatisches Pressen bei 920°C und 1000 bar für 2 h durchgeführt werden.

Chemische Zusammensetzung [Massenanteil in %]^[9]

Ti	Al	V	C	O	N	Fe	H	Other each	Other each	Cu	Mn
Balance	5,50 – 6,50	3,50 – 4,50	0,08	0,13	0,03	0,25	0,0125	0,10	0,40	/	/

Pulvereigenschaften

Partikelgröße ^[9]	20 – 63 µm	Partikelform ^[10]	Sphärisch
Massendichte ^[5]	4,43 g/cm ³	Wärmeleitfähigkeit	7,1 W/(m·K)



Ti-Alloy Ti6Al4V ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

30 µm / 400 W^[3]	Wie gebaut	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]
------------------------------------	------------	--------------------------------	---------------------

Aufbaurrate ^[8]	[cm ³ /h]	18,14 cm ³ /h
Bauteildichte ^[7]	[%]	> 99,5 %

Zugprüfung^[11]			M	SD	M	SD	M	SD
Zugfestigkeit	R _m [MPa]	H	1281	7	956	5	962	2
		V	1289	17	960	4	1002	7
Dehngrenze	R _{p0,2} [MPa]	H	1076	30	851	12	821	21
		V	1170	26	887	12	935	12
Bruchdehnung	A [%]	H	8	1	13	1	14	1
		V	9	1	14	1	14	1
Brucheinschnürung	Z [%]	H	19	3	47	3	42	3
		V	29	7	50	2	41	4
Elastizitätsmodul	E [GPa]	H	113	1	120	5	124	11
		V	117	2	126	1	124	6

Härteprüfung^[12]			M	SD	M	SD	M	SD
Vickershärte	HV10		362	11	307	4	316	10

Zähigkeitsprüfung^[13]			M	SD	M	SD	M	SD
Kerbschlagenergie	KV [J]		11	1	29	3	23	3

Rauheitsmessung^[14]			Wie gebaut		Korundgestrahlt	
			M	SD	M	SD
Mittenrauwert	Ra [µm]		12	1	6	1
Gemittelte Rautiefe	Rz [µm]		76	6	39	3

Ti-Alloy Ti6Al4V ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

60 µm / 400 W ^[4]		Wie gebaut	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]
------------------------------	--	------------	--------------------------------	---------------------

Aufbaurrate ^[8]	[cm³/h]	28,51 cm³/h		
Bauteildichte ^[7]	[%]	> 99,5 %		

Zugprüfung ^[11]			M	SD	M	SD	M	SD
Zugfestigkeit	R _m [MPa]	H	1351	17	987	4	1021	3
		V	1330	12	991	3	1027	3
Dehngrenze	R _{p0,2} [MPa]	H	1189	49	894	5	885	11
		V	1196	26	905	11	953	7
Bruchdehnung	A [%]	H	7	1	12	1	15	1
		V	9	1	15	1	15	1
Brucheinschnürung	Z [%]	H	13	2	45	5	39	2
		V	26	3	49	1	38	9
Elastizitätsmodul	E [GPa]	H	113	7	112	5	127	6
		V	120	4	130	8	125	3

Härteprüfung ^[12]		M	SD	M	SD	M	SD
Vickershärte	HV10	-	-	-	-	-	-

Zähigkeitsprüfung ^[13]		M	SD	M	SD	M	SD
Kerbschlagenergie	KV [J]	14	1	27	2	21	2

Rauheitsmessung ^[14]		Wie gebaut		Korundgestrahlt	
		M	SD	M	SD
Mittenrauwert	Ra [µm]	12	1	6	1
Gemittelte Rautiefe	Rz [µm]	71	6	36	3

Ti-Alloy Ti6Al4V ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

60 µm / 700 W^[5]	Wie gebaut	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]
------------------------------------	------------	--------------------------------	---------------------

Aufbaurrate ^[8]	[cm ³ /h]	38,88 cm ³ /h
Bauteildichte ^[7]	[%]	> 99,5 %

Zugprüfung ^[11]			M	SD	M	SD	M	SD
Zugfestigkeit	R _m [MPa]	H	1251	11	963	6	1104	5
		V	1260	12	964	4	998	3
Dehngrenze	R _{p0,2} [MPa]	H	1098	68	870	3	860	15
		V	1129	23	883	8	926	6
Bruchdehnung	A [%]	H	8	1	16	1	15	2
		V	8	2	14	1	15	1
Brucheinschnürung	Z [%]	H	17	3	50	1	34	3
		V	22	11	46	3	38	2
Elastizitätsmodul	E [GPa]	H	108	8	113	5	121	17
		V	115	4	124	3	125	3

Härteprüfung ^[12]			M	SD	M	SD	M	SD
Vickershärte	HV10		-	-	-	-	-	-

Rauheitsmessung ^[14]			Wie gebaut		Korundgestrahlt	
			M	SD	M	SD
Mittenrauwert	Ra [µm]		11	1	5	1
Gemittelte Rautiefe	Rz [µm]		70	6	34	4

Ti-Alloy Ti6Al4V ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

90 µm / 700 W^[5]	Wie gebaut	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]
------------------------------------	------------	--------------------------------	---------------------

Aufbaurrate ^[8]	[cm ³ /h]	53,46 cm ³ /h
Bauteildichte ^[7]	[%]	> 99,5 %

Zugprüfung ^[11]			M	SD	M	SD	M	SD
Zugfestigkeit	R _m [MPa]	H	1271	11	966	7	981	2
		V	1215	30	952	20	999	3
Dehngrenze	R _{p0,2} [MPa]	H	1108	31	872	7	857	22
		V	1108	23	868	16	924	2
Bruchdehnung	A [%]	H	7	1	15	1	15	1
		V	10	2	14	1	15	1
Brucheinschnürung	Z [%]	H	16	5	47	1	37	4
		V	24	9	50	2	39	3
Elastizitätsmodul	E [GPa]	H	111	8	114	4	128	15
		V	117	4	123	2	124	3

Härteprüfung ^[12]		M	SD	M	SD	M	SD
Vickershärte	HV10	-	-	-	-	-	-

Rauheitsmessung ^[14]		Wie gebaut		Korundgestrahlt	
		M	SD	M	SD
Mittenrauwert	Ra [µm]	12	1	7	1
Gemittelte Rautiefe	Rz [µm]	70	4	43	8

Ti-Alloy Ti6Al4V ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Die Eigenschaften und mechanischen Kennwerte gelten für von SLM Solutions geprüftes und vertriebenes Pulver, das mittels der Original-Parameter von SLM Solutions auf den Maschinen von SLM Solutions gemäß der jeweils gültigen Bedienungsanleitung (inklusive Installationsbedingungen und Wartung) verarbeitet wurde. Die Bestimmung der Bauteileigenschaften erfolgt gemäß angegebener Vorgehensweisen. Weitere Details zu den von SLM Solutions verwendeten Vorgehensweisen sind auf Anfrage erhältlich.

Die Angaben entsprechen unserem Kenntnis- und Erfahrungsstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung und bilden für sich allein keine ausreichende Grundlage für eine Bauteilauslegung. Bestimmte Eigenschaften von Produkten oder Bauteilen oder die Eignung von Produkten oder Bauteilen für spezifische Anwendungen werden nicht garantiert. Der Hersteller von Produkten oder Bauteilen ist für die qualifizierte Überprüfung der Eigenschaften und der Eignung für konkrete Anwendungen verantwortlich. Der Hersteller von Produkten oder Bauteilen ist verantwortlich für die Wahrung möglicher Schutzrechte Dritter sowie bestehender Gesetze und Bestimmungen.

- [1] TiAl6V4 ELI (Grade 23) gemäß DIN 17851:1990, ASTM B348, F136.
- [2] Materialdichte variiert im Rahmen der möglichen Variationen der chemischen Zusammensetzung.
- [3] Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_30_CE2_400W_Stripes_V1.4
- [4] Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_60_CE2_400W_Stripes_V1.2
- [5] Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_60_CE2_700W_Stripes_V1.0
- [6] Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_90_CE2_700W_Stripes_V1.0
- [7] Optische Dichtebestimmung mittels Lichtmikroskopie.
- [8] Theoretische Aufbauraten je Laser = Schichtdicke x Scangeschwindigkeit x Spurbstand.
- [9] Bzgl. pulverförmigen Ausgangsmaterials.
- [10] Gemäß DIN EN ISO 3252:2001.
- [11] Zugprüfung gemäß DIN EN ISO 6892-1:2017 B (DIN 50125:2016 – D6x30); Ausrichtung: 0°, 90°.
- [12] Härteprüfung gemäß DIN EN ISO 6507-1:2018.
- [13] Kerbschlagbiegeversuch gemäß DIN EN ISO 148-1:2017-05.
- [14] Rauheitsmessung gemäß DIN EN ISO 4288:1998; $\lambda_c = 2,5$ mm.
- [15] Zugproben wurden im Vakuum zuerst mit < 450 °C/h auf 910 °C, dann mit < 300 °C/h auf 940 °C aufgeheizt. Anschließendes Halten bei 940 ± 10 °C für 4 h $-0/+30$ min. Abkühlen im Vakuum mit 40 ± 10 °C/h auf 760 ± 15 °C, dann unter Argon mit 560 ± 100 °C/h auf ≤ 480 °C. Abschließend erfolgt ein weiteres Abkühlen mit einem Gebläse unter Argonatmosphäre mit beliebiger Rate bis zu einer Temperatur von ≤ 50 °C.
- [16] Zugproben bei 920 ± 10 °C und 1000 bar für 2 h geht.

+

SLM Solutions Group AG | Estlandring 4 | 23560 Lübeck | Germany
+49 451 4060 - 3000 | info@slm-solutions.com | slm-solutions.com

SLM® is a registered trademark by SLM Solutions Group AG, Germany.

