

Materialdatenblatt

Material Data Sheet



Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Allgemeines

TiAl6V4 ist die weltweit meistgenutzte Titanlegierung und zählt mit einer Dichte von etwa $4,43 \text{ g/cm}^3$ ^[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 TiAl6V4 ELI Grade 23 (extra low interstitials, geringer Grad an interstitiellen Verunreinigungen

General

TiAl6V4 is the most frequently used titanium alloy worldwide and, due to its density of 4.43 g/cm^3 ^[2], ranks among the lightweight alloys. High strength at low density and also excellent corrosion resistance allow a broad range of applications of titanium parts. Titanium and its alloys have been used successfully in the automotive and aerospace industry since the 1950s. Furthermore, titanium stands out through thermal expansion coefficient. Due to titanium's biocompatibility, it can also be used in medical technology. Thus, implants for dentistry or individual hip implants can be manufactured of TiAl6V4 ELI Grade 23 (extra low interstitials, small amount of interstitial iron and oxygen atoms).

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 TiAl6V4 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.

Material Structure

SLM®-processed components made of TiAl6V4 show a homogenous, nearly non-porous structure, with mechanical characteristic values in the range of material specifications. Through subsequent processing such as heat-treatments (e.g. stress-relief annealing, recrystallization annealing, precipitation hardening) or hot isostatic pressing (HIP), the components' properties can be adapted to meet specific requirements. For TiAl6V4-components produced with SLM®, a heat treatment at 940 °C for 4 h under inert argon atmosphere is recommended. Alternatively, HIP can be performed at 920 °C and 1000 bar for 2 h.

Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Physikalische und chemische Eigenschaften Physical and Chemical Properties

Massendichte ^[2] Mass density ^[2]	4,43 g/cm ³			
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C Thermal conductivity at 20 °C	7,1 W/(m·K)			
Schichtdicke Layer thickness	30 µm	60 µm		90 µm
Laserleistung Laser power	400W ^[3]	400W ^[4]	700W ^[5]	700W ^[6]
Bauteildichte ^[7] Component density ^[7]	> 99,5 %	> 99,5 %	> 99,5 %	> 99,5 %
Theoretische Aufbaurrate je Laser ^[8] Theoretical build-up rate per laser ^[8]	18,14 cm ³ /h	28,51 cm ³ /h	38,88 cm ³ /h	53,46 cm ³ /h
Chemische Zusammensetzung [Massenanteil in %] ^[9] Chemical composition [Mass fraction in %] ^[9]	Element	Min.	Max.	
	Ti	Balance	Balance	
	Al	5,50	6,50	
	V	3,50	4,50	
	C		0,08	
	O		0,13	
	N		0,03	
	Fe		0,25	
	H		0,0125	
	Other each		0,10	
	Other each		0,40	
Partikelgröße ^[9] Particle size ^[9]	20 – 63 µm			
Partikelform ^[10] Particle shape ^[10]	Sphärisch Spherical			

Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Mechanische Kennwerte

Mechanical Data

Schichtdicke 30 µm, 400 W ^[4] Layer thickness 30 µm, 400 W ^[4]			Wie gebaut As-built		Wärmebehandelt ^[15] Heat-treated ^[15]		HIP ^[16] HIP ^[16]	
M: Mittelwert M: Mean SD: Standardabweichung SD: Standard deviation			M	SD	M	SD	M	SD
Zugprüfung^[11] Tensile test^[11]								
Zugfestigkeit Tensile strength	R _m [MPa]	0° 90°	1281 1289	7 17	956 960	5 4	962 1002	2 7
Dehngrenze Offset yield strength	R _{p0.2} [MPa]	0° 90°	1076 1170	30 26	851 887	12 12	821 935	21 21
Bruchdehnung Elongation at break	A [%]	0° 90°	8 9	1 1	13 14	1 1	14 14	1 1
Brucheinschnürung Reduction of area	Z [%]	0° 90°	19 29	3 7	47 50	3 2	42 41	3 4
Elastizitätsmodul Young's modulus	E [GPa]	0° 90°	113 117	1 2	120 126	5 1	124 124	11 6
Härteprüfung^[12] Hardness test^[12]								
Härte nach Vickers Vickers hardness	HV10		362	11	307	4	316	10
Zähigkeitsprüfung^[13] Tenacity test^[13]								
Kerbschlagenergie Impact energy	[J]		11	1	29	3	23	3
Rauheitsmessung^[14] Roughness measurement^[14]			Wie gebaut As-built		Korundgestrahlt Corundum blasted			
Mittenrauwert Roughness average	Ra [µm]		12	1	6	1	-	-
Gemittelte Rautiefe Mean roughness	Rz [µm]		76	6	39	3	-	-

Materialdatenblatt

Material Data Sheet



Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Mechanische Kennwerte

Mechanical Data

Schichtdicke 60 µm, 400 W ^[4] Layer thickness 60 µm, 400 W ^[4]	Wie gebaut As-built		Wärmebehandelt ^[15] Heat-treated ^[15]		HIP ^[16] HIP ^[16]	
	M	SD	M	SD	M	SD
M: Mittelwert M: Mean SD: Standardabweichung SD: Standard deviation						

Zugprüfung^[11]

Tensile test^[11]

Zugfestigkeit Tensile strength	R _m [MPa]	0° 90°	Wie gebaut		Wärmebehandelt ^[15]		HIP ^[16]	
			M	SD	M	SD	M	SD
			1351	17	987	4	1021	3
			1330	12	991	3	1027	3
Dehngrenze Offset yield strength	R _{p0.2} [MPa]	0° 90°	Wie gebaut		Wärmebehandelt ^[15]		HIP ^[16]	
			M	SD	M	SD	M	SD
			1189	49	894	5	885	11
			1196	26	905	11	953	7
Bruchdehnung Elongation at break	A [%]	0° 90°	Wie gebaut		Wärmebehandelt ^[15]		HIP ^[16]	
			M	SD	M	SD	M	SD
			7	1	12	1	15	1
			9	1	15	1	15	1
Brucheinschnürung Reduction of area	Z [%]	0° 90°	Wie gebaut		Wärmebehandelt ^[15]		HIP ^[16]	
			M	SD	M	SD	M	SD
			13	2	45	5	39	2
			26	3	49	1	38	9
Elastizitätsmodul Young's modulus	E [GPa]	0° 90°	Wie gebaut		Wärmebehandelt ^[15]		HIP ^[16]	
			M	SD	M	SD	M	SD
			113	7	112	5	127	6
			120	4	130	8	125	3

Härteprüfung^[12]

Hardness test^[12]

Härte nach Vickers Vickers hardness	HV10	Wie gebaut	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]
		-	-	-

Zähigkeitsprüfung^[13]

Tenacity test^[13]

Kerbschlagenergie Impact energy	[J]	Wie gebaut	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]
		14	1	27
			2	21
				2

Rauheitsmessung^[14]

Roughness measurement^[14]

Mittenrauwert Roughness average	Ra [µm]	Wie gebaut		Korundgestrahlt Corundum blasted			
		As-built	Wärmebehandelt ^[15]	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]	HIP ^[16]	HIP ^[16]
		12	1	6	1	-	-
Gemittelte Rautiefe Mean roughness	Rz [µm]	Wie gebaut		Korundgestrahlt			
		As-built	Wärmebehandelt ^[15]	Wärmebehandelt ^[15]	HIP ^[16]	HIP ^[16]	HIP ^[16]
		71	6	36	3	-	-

Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Mechanische Kennwerte

Mechanical Data

Schichtdicke 60 µm, 700 W ^[5] Layer thickness 60 µm, 700 W ^[5]			Wie gebaut As-built		Wärmebehandelt ^[15] Heat-treated ^[15]		HIP ^[16] HIP ^[16]	
M: Mittelwert M: Mean SD: Standardabweichung SD: Standard deviation			M	SD	M	SD	M	SD
Zugprüfung^[11] Tensile test^[11]								
Zugfestigkeit Tensile strength	R _m [MPa]	0° 90°	1251 1260	11 12	963 964	6 4	1104 998	5 3
Dehngrenze Offset yield strength	R _{p0,2} [MPa]	0° 90°	1098 1129	68 23	870 883	3 8	860 926	15 6
Bruchdehnung Elongation at break	A [%]	0° 90°	8 8	1 2	16 14	1 1	15 15	2 1
Brucheinschnürung Reduction of area	Z [%]	0° 90°	17 22	3 11	50 46	1 3	34 38	3 4
Elastizitätsmodul Young's modulus	E [GPa]	0° 90°	108 115	8 4	113 124	5 3	121 125	17 3
Härteprüfung^[12] Hardness test^[12]								
Härte nach Vickers Vickers hardness	HV10		-	-	-	-	-	-
Rauheitsmessung^[14] Roughness measurement^[14]			Wie gebaut As-built		Korundgestrahlt Corundum blasted			
Mittenrauwert Roughness average	Ra [µm]		11	1	5	1	-	-
Gemittelte Rautiefe Mean roughness	Rz [µm]		70	6	34	4	-	-

Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

Mechanische Kennwerte

Mechanical Data

Schichtdicke 90 µm, 700 W ^[6] Layer thickness 90 µm, 700 W ^[6]	Wie gebaut As-built		Wärmebehandelt ^[15] Heat-treated ^[15]		HIP ^[16] HIP ^[16]	
	M	SD	M	SD	M	SD
M: Mittelwert M: Mean SD: Standardabweichung SD: Standard deviation						

Zugprüfung^[11]

Tensile test^[11]

Zugfestigkeit Tensile strength	R _m [MPa]	0°	1271	11	966	7	981	2
		90°	1215	30	952	20	999	3
Dehngrenze Offset yield strength	R _{p0,2} [MPa]	0°	1108	31	872	7	857	22
		90°	1108	23	868	116	924	2
Bruchdehnung Elongation at break	A [%]	0°	7	1	15	1	15	1
		90°	10	2	14	1	15	1
Brucheinschnürung Reduction of area	Z [%]	0°	16	5	47	1	37	4
		90°	24	9	50	2	39	3
Elastizitätsmodul Young's modulus	E [GPa]	0°	111	8	114	4	128	15
		90°	117	4	123	2	124	3

Härteprüfung^[12]

Hardness test^[12]

Härte nach Vickers Vickers hardness	HV10	-	-	-	-	-	-
--	------	---	---	---	---	---	---

Rauheitsmessung^[14]

Roughness measurement^[14]

Mittenrauwert Roughness average	Ra [µm]	Wie gebaut As-built		Korundgestrahlt Corundum blasted			
		12	1	7	1	-	-
Gemittelte Rautiefe Mean roughness	Rz [µm]	70	4	43	8	-	-

Materialdatenblatt

Material Data Sheet



Ti-Alloy TiAl6V4 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.

The properties and mechanical characteristics apply to powder that is tested and sold by SLM Solutions, and that has been processed on SLM Solutions machines using the original SLM Solutions parameters in compliance with the applicable operating instructions (including installation conditions and maintenance). The part properties are determined based on specified procedures. More details about the procedures used by SLM Solutions are available upon request.

The specifications correspond to the most recent knowledge and experience available to us at the time of publication and do not form a sufficient basis for component design on their own. Certain properties of products or parts or the suitability of products or parts for specific applications are not guaranteed. The manufacturer of the products or parts is responsible for the qualified verification of the properties and their suitability for specific applications. The manufacturer of the products or parts is responsible for protecting any third party proprietary rights as well as existing laws and regulations.

DEUTSCHLAND ■ ÖSTERREICH ■ FRANKREICH ■ ITALIEN ■ USA ■ SINGAPUR ■ RUSSLAND ■ INDIEN ■ CHINA

SLM Solutions Group AG | Estlandring 4 | 23560 Lübeck | Deutschland
Fon +49 451 4060-3000 | Fax +49 451 4060-3250 | www.slm-solutions.com



SLM® und SLM Solutions sind eingetragene Marken der SLM Solutions Group AG.

Materialdatenblatt

Material Data Sheet



Ti-Alloy TiAl6V4 ELI (Grade 23) / 3.7165 / B348 / F136^[1]

- [1] TiAl6V4 ELI (Grade 23) gemäß DIN 17851:1990, ASTM B348, F136.
TiAl6V4 ELI (Grade 23) according to DIN 17851:1990, ASTM B348, F136.
- [2] **Materialdichte variiert im Rahmen der möglichen Variationen der chemischen Zusammensetzung.**
Material density varies within the range of possible chemical composition variations.
- [3] **Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_30_CE2_400W_Stripes_V1.4**
Material data file: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_30_CE2_400W_Stripes_V1.4
- [4] **Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_60_CE2_400W_Stripes_V1.2**
Material data file: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_60_CE2_400W_Stripes_V1.2
- [5] **Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_60_CE2_700W_Stripes_V1.0**
Material data file: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_60_CE2_700W_Stripes_V1.0
- [6] **Materialdatei: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_90_CE2_700W_Stripes_V1.0**
Material data file: TiAl6V4_SLM_MBP3.0_90_CE2_700W_Stripes_V1.0.
- [7] **Optische Dichtebestimmung mittels Lichtmikroskopie.**
Optical density determination by light microscopy.
- [8] **Theoretische Aufbaurrate je Laser = Schichtdicke x Scangeschwindigkeit x Spurbstand.**
Theoretical build-up rate for each laser = layer thickness x scan speed x track distance.
- [9] **Bzgl. pulverförmigen Ausgangsmaterials.**
With respect to powder material.
- [10] **Gemäß DIN EN ISO 3252:2001.**
According to DIN EN ISO 3252:2001.
- [11] **Zugprüfung gemäß DIN EN ISO 6892-1:2017 B (DIN 50125:2016 – B6x30); Ausrichtung: 0°, 90°.**
Tensile test according to DIN EN ISO 6892-1:2017 B (DIN 50125:2016 – B6x30); orientation: 0°, 90°.
- [12] **Härteprüfung gemäß DIN EN ISO 6507-1:2018.**
Hardness testing according to DIN EN ISO 6507-1:2018.
- [13] **Kerbschlagbiegeversuch gemäß DIN EN ISO 148-1:2017-05.**
Charpy pendulum impact test according to DIN EN ISO 148-1:2017-05.
- [14] **Rauheitsmessung gemäß DIN EN ISO 4288:1998; $\lambda_c = 2,5$ mm.**
Roughness measurement according to 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.**
Specimens were heated up in vacuum atmosphere at a rate of < 450 °C/h up to 910 °C, then with < 300 °C/h up to 940 °C. Subsequent holding at 940 ± 10 °C for 4 h -0/+30 min. Cooling down in vacuum at a rate of 40 ± 10 °C/h to 760 ± 15 °C, then in argon with 560 ± 100 °C/h to ≤ 480 °C, followed by gas fan quenching at any rate to ≤ 50 °C.
- [16] **Zugproben bei 920 ± 10 °C und 1000 bar für 2 h gehipt.**
Specimens were HIPed with 920 ± 10 °C and 1000 bar for 2 h.

DEUTSCHLAND ■ ÖSTERREICH ■ FRANKREICH ■ ITALIEN ■ USA ■ SINGAPUR ■ RUSSLAND ■ INDIEN ■ CHINA

SLM Solutions Group AG | Estlandring 4 | 23560 Lübeck | Deutschland
Fon +49 451 4060-3000 | Fax +49 451 4060-3250 | www.slm-solutions.com



SLM® und SLM Solutions
sind eingetragene Marken
der SLM Solutions Group AG.