

# Titan



Individuelles Hüftpfannenimplantat aus Titan

## **Materialeigenschaften**

- Korrosionsbeständigkeit
- Biokompatibilität
- Geringe thermische Ausdehnung
- Hohe Festigkeit bei geringer Dichte

## **Anwendungsbereiche**

- Medizintechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Automobilindustrie
- Schmuck und Design
- Maritime Anwendungen

## Allgemeines

Bauteile aus Titan werden aufgrund ihrer hohen Festigkeit und ihrer relativ geringen Dichte, bei einer exzellenten Korrosionsbeständigkeit, für ein breit gefächertes Einsatzspektrum verwendet. Somit werden Titan und dessen Legierungen beispielsweise in der Automobilindustrie oder in der Luft- und Raumfahrt bereits seit ca. 1950 erfolgreich eingesetzt.

Reintitan wird vorwiegend in der chemischen Industrie, der Verfahrenstechnik oder in der Medizintechnik eingesetzt, in den Bereichen in denen es vorwiegend auf eine gute Korrosionsbeständigkeit ankommt. Dabei überzeugt Titan zusätzlich durch eine geringe thermische Ausdehnung. Auch durch die Biokompatibilität des Titans wird der Einsatz in der Medizintechnik ermöglicht. Somit können beispielsweise Implantate für die Zahnmedizin oder Prothesen für Hüftgelenke aus Titan gefertigt werden.

Die Legierung Ti6Al4V ist mit Abstand die gebräuchlichste Titanlegierung weltweit. Grund dafür ist vor allem die Ausgewogenheit ihrer mechanischen Eigenschaften und die langjährige industrielle Erfahrung mit diesem Material.

## 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 Härten, Wärmebehandeln oder Heißisostatisches Pressen (HIP), können die Bauteileigenschaften an die individuellen Bedürfnisse angepasst werden.

Mechanische Kennwerte	Formelzeichen und Einheit	Ti6Al4V <sup>1,3</sup>	Ti6Al7Nb <sup>1,3</sup>	Reintitan <sup>1,3</sup>
Zugfestigkeit	$R_m$ [MPa]	1286 ± 57	1308 ± 76	> 290
Dehngrenze	$R_{p0,2}$ [MPa]	1116 ± 61	1147* ± 35	> 180
Bruchdehnung	A [%]	8 ± 2	5 ± 1	> 20
Brucheinschnürung	Z [%]	30 ± 10	12 ± 4	-
E-Modul	E [GPa]	111 ± 4	108 ± 1	105
Härte nach Vickers	[HV10]	384 ± 5	348 ± 4	130 - 210
Rauheit	$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	12 ± 1	12 ± 1	-
	$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	70 ± 3	69 ± 8	36 ± 4

1 Schichtdicke 30  $\mu\text{m}$

2 Schichtdicke 50  $\mu\text{m}$

3 Wie gebaut

4 Wärmebehandelt

\* Streckgrenze  $R_e$



## Materialdatenblatt

---

### EOS Titanium Ti64

EOS Titanium Ti64 ist ein vorlegiertes Ti6Al4V-Pulver, welches speziell für die Verarbeitung in EOSINT M-Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument bietet Informationen und Daten für Bauteile, die mit dem Pulverwerkstoff EOS Titanium Ti64 (EOS Art.-Nr. 9011-0014) auf folgenden Systemen gebaut werden:

- EOSINT M 270 Installationsmodus *Xtended*  
mit PSW 3.4 und Defaultjob Ti64\_30\_030\_default.job
- EOSINT M 270 Dual Mode  
mit PSW 3.5 und Original EOS Parametersatz Ti64\_Performance 2.0
- EOSINT M 280  
mit PSW 3.5 und Original EOS Parametersatz Ti64\_Speed 1.0

### Beschreibung

Bauteile aus EOS Titanium Ti64 erfüllen die Anforderungen der Normen ISO 5832-3, ASTM F1472 und ASTM B348 bezüglich der chemischen Zusammensetzung.

Diese häufig verwendete Leichtmetall-Legierung zeichnet sich durch ausgezeichnete mechanische Eigenschaften und hohe Korrosionsbeständigkeit aus, sowie durch niedriges spezifisches Gewicht und Biokompatibilität.

Dieser Werkstoff ist ideal für viele anspruchsvolle industrielle Anwendungen, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt und im Rennsport, sowie für medizinische Anwendungen. Anmerkung: Anforderungen hinsichtlich Validierung und gesetzlicher Regelungen sind ggf. zu beachten, z. B. für den kommerziellen Einsatz als medizinisches Produkt in den meisten Ländern.

Aufgrund des Schichtaufbaus weisen die Bauteile anisotropische Eigenschaften auf – siehe technische Daten für Beispiele.

# Materialdatenblatt

## Technische Daten

### Allgemeine Prozess- und geometrische Daten

Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1]	$\pm 50 \mu\text{m}$
Kleinste Wandstärke [2]	ca. 0,3 – 0,4 mm
Oberflächenrauigkeit, wie gebaut [3]	
Ti64_30_030_default.job Ti64 Performance (30 $\mu\text{m}$ )	$R_a 9 - 12 \mu\text{m}, R_z 40 - 80 \mu\text{m}$
Ti64 Speed 1.0 (60 $\mu\text{m}$ )	$R_a 6 - 10 \mu\text{m}, R_z 35 - 40 \mu\text{m}$
Volumenrate [4]	
Ti64_30_030_default.job Ti64 Performance (30 $\mu\text{m}$ )	$3.75 \text{ mm}^3/\text{s}$ $13.5 \text{ cm}^3/\text{h}$
Ti64 Speed 1.0 (60 $\mu\text{m}$ )	$9 \text{ mm}^3/\text{s}$ $32.4 \text{ cm}^3/\text{h}$

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien. Bauteilgenauigkeit setzt geeignete Datenaufbereitung und Bauteilnachbearbeitung voraus, gemäß EOS-Schulung.
- [2] Mechanische Stabilität abhängig von der Geometrie (Wandhöhe usw.) und Anwendung
- [3] Aufgrund des Schichtaufbaus hängt die Oberflächenbeschaffenheit stark von der Orientierung der Oberfläche ab, z. B. schräge und gekrümmte Flächen weisen einen Stufeneffekt auf. Die Werte hängen auch stark vom Messverfahren ab. Die Angaben hier geben einen Eindruck, welche Werte für waagerechte (nach oben weisende) sowie senkrechte Flächen erwartet werden können.
- [4] Die Volumenrate ist ein Maß für die Baugeschwindigkeit während der Laserbelichtung der Schraffur. Die gesamte Baugeschwindigkeit ist abhängig von der durchschnittlichen Volumenrate, der Beschichtungsdauer (je nach Anzahl der Schichten) sowie weitere geometrie- und maschineneinstellungsbezogenen Faktoren.

## Materialdatenblatt

---

### Physikalische und chemische Eigenschaften der Bauteile

---

Materialzusammensetzung	Ti (Rest) Al (5,5 – 6,75 Gew.-%) V (3,5 – 4,5 Gew.-%) O < 2000 ppm N < 500 ppm C < 800 ppm H < 150 ppm Fe < 3000 ppm
Relative Dichte	ca. 100 %
Dichte	ca. 4,41 g/cm <sup>3</sup>

---

## Materialdatenblatt

### Mechanische Eigenschaften der Bauteile

	Wie gebaut	Nach Wärmebehandlung [6]
<b>Zugfestigkeit [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $1230 \pm 50$ MPa	min. 930 MPa typ. $1050 \pm 20$ MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $1200 \pm 50$ MPa	min. 930 MPa typ. $1060 \pm 20$ MPa
<b>Streckgrenze (<math>R_{p0.2}</math>) [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $1060 \pm 50$ MPa	min. 860 MPa typ. $1000 \pm 20$ MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $1070 \pm 50$ MPa	min. 860 MPa typ. $1000 \pm 20$ MPa
<b>Bruchdehnung [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $(10 \pm 2)$ %	min. 10 % typ. $(14 \pm 1)$ %
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $(11 \pm 3)$ %	min. 10 % typ. $(15 \pm 1)$ %
<b>E-Modul [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $110 \pm 10$ GPa	typ. $116 \pm 10$ GPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $110 \pm 10$ GPa	typ. $114 \pm 10$ GPa
<b>Härte [7]</b>	typ. $320 \pm 12$ HV5	

[5] Mechanische Festigkeit geprüft gemäß EN ISO 6892-1:2009 Anhang D, Proportionalstäbe, Probendurchmesser 5 mm, Anfangsmesslänge 25 mm.

[6] Die Proben wurden unter Argonschutzgas für eine Dauer von 4 Stunden bei einer Haltetemperatur von 800 °C behandelt. Die mechanischen Eigenschaften werden hier mit Minimalwerten angegeben, um darzustellen, dass die mechanischen Eigenschaften größer sind als die minimale geforderten Material-Spezifikationen in ASTM F1472-08<sup>e1</sup>. Mit Einhaltung der dort geforderten Minimalwerte sind gleichzeitig die Material-Spezifikationen der Normen ASTM B348-09 und ISO 5832-3:2000 erfüllt.

[7] Härteprüfung nach Vickers (HV) entsprechend EN ISO 6507-1 auf polierter Oberfläche. Zu beachten ist, dass die gemessene Härte sehr stark von der Art der Probenvorbereitung abhängen kann.

## Materialdatenblatt

---

### Thermische Eigenschaften der Bauteile

---

Max. dauerhafte Betriebstemperatur	ca. 350 °C
------------------------------------	------------

---

### Abkürzungen

typ.	typisch
min.	minimum
Gew.	Gewicht

### Anmerkungen

Die Daten gelten für die auf Seite 1 erwähnten Kombinationen von Pulverwerkstoff, Maschine und Parametersätzen, verarbeitet gemäß der jeweils gültigen Bedienungsanleitung (inkl. Installationsbedingungen und Wartung) und Parameterblatt. Die Bestimmung der Bauteileigenschaften erfolgt gemäß definierter Prozeduren. Weitere Details zu den von EOS verwendeten Testprozeduren sind auf Anfrage erhältlich.

Die Angaben entsprechen unserem Kenntnis- und Erfahrungsstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sie bilden allein keine ausreichende Grundlage für eine Bauteilauslegung. Bestimmte Eigenschaften des Produktes oder eines Bauteils oder die Eignung des Produktes oder von Bauteilen für eine spezifische Anwendung werden hiermit weder vereinbart noch garantiert. Der Produzent oder der Abnehmer eines Bauteils ist für die Überprüfung der Eigenschaften und der Eignung für eine konkrete Anwendung verantwortlich. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von möglichen Schutzrechten sowie bestehender Gesetze und Bestimmungen. Im Rahmen der kontinuierlich von EOS betriebenen Entwicklungs- und Verbesserungsprozesse können sich die Angaben ohne Vorankündigung ändern.

EOS<sup>®</sup>, EOSINT<sup>®</sup> und DMLS<sup>®</sup>, sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH.

© 2011 EOS GmbH – Electro Optical Systems. Alle Rechte vorbehalten.



## Materialdatenblatt

---

### EOS Titanium Ti64

EOS Titanium Ti64 ist ein vorlegiertes Ti6Al4V-Pulver, welches speziell für die Verarbeitung in EOSINT M-Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument bietet Informationen und Daten für Bauteile, die mit dem Pulverwerkstoff EOS Titanium Ti64 (EOS Art.-Nr. 9011-0014) auf folgenden Systemen gebaut werden:

- EOSINT M 270 Installationsmodus *Xtended*  
mit PSW 3.4 und Defaultjob Ti64\_30\_030\_default.job
- EOSINT M 270 Dual Mode  
mit PSW 3.5 und Original EOS Parametersatz Ti64\_Performance 2.0
- EOSINT M 280  
mit PSW 3.5 und Original EOS Parametersatz Ti64\_Speed 1.0

### Beschreibung

Bauteile aus EOS Titanium Ti64 erfüllen die Anforderungen der Normen ISO 5832-3, ASTM F1472 und ASTM B348 bezüglich der chemischen Zusammensetzung.

Diese häufig verwendete Leichtmetall-Legierung zeichnet sich durch ausgezeichnete mechanische Eigenschaften und hohe Korrosionsbeständigkeit aus, sowie durch niedriges spezifisches Gewicht und Biokompatibilität.

Dieser Werkstoff ist ideal für viele anspruchsvolle industrielle Anwendungen, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt und im Rennsport, sowie für medizinische Anwendungen. Anmerkung: Anforderungen hinsichtlich Validierung und gesetzlicher Regelungen sind ggf. zu beachten, z. B. für den kommerziellen Einsatz als medizinisches Produkt in den meisten Ländern.

Aufgrund des Schichtaufbaus weisen die Bauteile anisotropische Eigenschaften auf – siehe technische Daten für Beispiele.



# Materialdatenblatt

## Technische Daten

### Allgemeine Prozess- und geometrische Daten

Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1]	$\pm 50 \mu\text{m}$
Kleinste Wandstärke [2]	ca. 0,3 – 0,4 mm
Oberflächenrauigkeit, wie gebaut [3]	
Ti64_30_030_default.job Ti64 Performance (30 $\mu\text{m}$ )	$R_a 9 - 12 \mu\text{m}, R_z 40 - 80 \mu\text{m}$
Ti64 Speed 1.0 (60 $\mu\text{m}$ )	$R_a 6 - 10 \mu\text{m}, R_z 35 - 40 \mu\text{m}$
Volumenrate [4]	
Ti64_30_030_default.job Ti64 Performance (30 $\mu\text{m}$ )	$3.75 \text{ mm}^3/\text{s}$ $13.5 \text{ cm}^3/\text{h}$
Ti64 Speed 1.0 (60 $\mu\text{m}$ )	$9 \text{ mm}^3/\text{s}$ $32.4 \text{ cm}^3/\text{h}$

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien. Bauteilgenauigkeit setzt geeignete Datenaufbereitung und Bauteilnachbearbeitung voraus, gemäß EOS-Schulung.
- [2] Mechanische Stabilität abhängig von der Geometrie (Wandhöhe usw.) und Anwendung
- [3] Aufgrund des Schichtaufbaus hängt die Oberflächenbeschaffenheit stark von der Orientierung der Oberfläche ab, z. B. schräge und gekrümmte Flächen weisen einen Stufeneffekt auf. Die Werte hängen auch stark vom Messverfahren ab. Die Angaben hier geben einen Eindruck, welche Werte für waagerechte (nach oben weisende) sowie senkrechte Flächen erwartet werden können.
- [4] Die Volumenrate ist ein Maß für die Baugeschwindigkeit während der Laserbelichtung der Schraffur. Die gesamte Baugeschwindigkeit ist abhängig von der durchschnittlichen Volumenrate, der Beschichtungsdauer (je nach Anzahl der Schichten) sowie weitere geometrie- und maschineneinstellungsbezogenen Faktoren.

## Materialdatenblatt

---

### Physikalische und chemische Eigenschaften der Bauteile

---

Materialzusammensetzung	Ti (Rest) Al (5,5 – 6,75 Gew.-%) V (3,5 – 4,5 Gew.-%) O < 2000 ppm N < 500 ppm C < 800 ppm H < 150 ppm Fe < 3000 ppm
Relative Dichte	ca. 100 %
Dichte	ca. 4,41 g/cm <sup>3</sup>

---

## Materialdatenblatt

### Mechanische Eigenschaften der Bauteile

	Wie gebaut	Nach Wärmebehandlung [6]
<b>Zugfestigkeit [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $1230 \pm 50$ MPa	min. 930 MPa typ. $1050 \pm 20$ MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $1200 \pm 50$ MPa	min. 930 MPa typ. $1060 \pm 20$ MPa
<b>Streckgrenze (<math>R_{p0.2}</math>) [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $1060 \pm 50$ MPa	min. 860 MPa typ. $1000 \pm 20$ MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $1070 \pm 50$ MPa	min. 860 MPa typ. $1000 \pm 20$ MPa
<b>Bruchdehnung [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $(10 \pm 2)$ %	min. 10 % typ. $(14 \pm 1)$ %
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $(11 \pm 3)$ %	min. 10 % typ. $(15 \pm 1)$ %
<b>E-Modul [5]</b>		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. $110 \pm 10$ GPa	typ. $116 \pm 10$ GPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. $110 \pm 10$ GPa	typ. $114 \pm 10$ GPa
<b>Härte [7]</b>	typ. $320 \pm 12$ HV5	

[5] Mechanische Festigkeit geprüft gemäß EN ISO 6892-1:2009 Anhang D, Proportionalstäbe, Probendurchmesser 5 mm, Anfangsmesslänge 25 mm.

[6] Die Proben wurden unter Argonschutzgas für eine Dauer von 4 Stunden bei einer Haltetemperatur von 800 °C behandelt. Die mechanischen Eigenschaften werden hier mit Minimalwerten angegeben, um darzustellen, dass die mechanischen Eigenschaften größer sind als die minimale geforderten Material-Spezifikationen in ASTM F1472-08<sup>e1</sup>. Mit Einhaltung der dort geforderten Minimalwerte sind gleichzeitig die Material-Spezifikationen der Normen ASTM B348-09 und ISO 5832-3:2000 erfüllt.

[7] Härteprüfung nach Vickers (HV) entsprechend EN ISO 6507-1 auf polierter Oberfläche. Zu beachten ist, dass die gemessene Härte sehr stark von der Art der Probenvorbereitung abhängen kann.

## Materialdatenblatt

---

### Thermische Eigenschaften der Bauteile

---

Max. dauerhafte Betriebstemperatur	ca. 350 °C
------------------------------------	------------

---

### Abkürzungen

typ.	typisch
min.	minimum
Gew.	Gewicht

### Anmerkungen

Die Daten gelten für die auf Seite 1 erwähnten Kombinationen von Pulverwerkstoff, Maschine und Parametersätzen, verarbeitet gemäß der jeweils gültigen Bedienungsanleitung (inkl. Installationsbedingungen und Wartung) und Parameterblatt. Die Bestimmung der Bauteileigenschaften erfolgt gemäß definierter Prozeduren. Weitere Details zu den von EOS verwendeten Testprozeduren sind auf Anfrage erhältlich.

Die Angaben entsprechen unserem Kenntnis- und Erfahrungsstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sie bilden allein keine ausreichende Grundlage für eine Bauteilauslegung. Bestimmte Eigenschaften des Produktes oder eines Bauteils oder die Eignung des Produktes oder von Bauteilen für eine spezifische Anwendung werden hiermit weder vereinbart noch garantiert. Der Produzent oder der Abnehmer eines Bauteils ist für die Überprüfung der Eigenschaften und der Eignung für eine konkrete Anwendung verantwortlich. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von möglichen Schutzrechten sowie bestehender Gesetze und Bestimmungen. Im Rahmen der kontinuierlich von EOS betriebenen Entwicklungs- und Verbesserungsprozesse können sich die Angaben ohne Vorankündigung ändern.

EOS<sup>®</sup>, EOSINT<sup>®</sup> und DMLS<sup>®</sup>, sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH.

© 2011 EOS GmbH – Electro Optical Systems. Alle Rechte vorbehalten.