

IndustryLine



EOS StainlessSteel
17-4PH



EOS StainlessSteel 17-4PH

EOS StainlessSteel 17-4PH ist ein Metalllegierungspulver auf Eisenbasis, das für die Verarbeitung in EOS DMLS®-Systemen bestimmt ist.

Dieses Dokument enthält Informationen und Daten für Bauteile, die unter Verwendung des Pulvers EOS StainlessSteel 17-4PH, EOS-Art.-Nr. 9011-0041, auf der Basis der folgenden Systemspezifikation gebaut werden:

DMLS®-System: EOS M 290

- Keramikklinge (2200-3013)
- Gitterdüse (2200-5501)
- Siebmodul IPCM-M extra mit einer Maschenweite von 75 µm (200000315) empfohlen
- Manuelles Sieb mit einer Maschenweite von 75 µm (200000321) empfohlen; manueller Standardsieb mit einer Maschenweite von 80 µm möglich
- Argon-Schutzgasatmosphäre

Software:

EOSYSTEM 2.5 oder neuer / EOSPRINT 1.5 oder neuer

EOS-Parametersatz: 17-4PH 40µm Stainless

- (Standardauftrag: 17-4PH_040_StainlessM291_100)

Beschreibung

Aushärtbare Stähle werden häufig in technischen Anwendungen verwendet, die Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit erfordern. Aus EOS StainlessSteel 17-4PH hergestellte Bauteile können direkt nach dem Bau oder nach einer Wärmebehandlung bearbeitet, mikrogestrahlt und poliert werden. Lösungsglühen zusammen mit Alterungsbehandlung sind erforderlich, um die richtige Härte und die richtigen mechanischen Eigenschaften zu erzielen (ASTM A564 - 13). Aufgrund der schichtweisen Baumethode besitzen die Bauteile eine gewisse Anisotropie, die durch Lösungsglühen gemindert werden kann.

Wärmebehandlung

Vakuum-H900-Wärmebehandlungsverfahren:

- Lösungsglühen: Für 30 Minuten bei 1.040 °C ±15 °C halten, Luftkühlung unter 32 °C.
- Alterung: Für eine Stunde bei 480 °C halten, Luftkühlung unter 32 °C.

Wärmebehandlung unter Schutzgas

(bevorzugte Schutzatmosphäre: Argon):

- Lösungsglühen: Für 30 Minuten bei 1.040 °C ±15 °C halten, Luftkühlung unter 32 °C.
- Alterung: Für eine Stunde bei 460°C halten, Luftkühlung unter 32 °C.

Qualitätssicherung des Pulvers EOS StainlessSteel 17-4PH

Die Qualität jeder der gelieferten Pulvercharge von EOS StainlessSteel 17-4PH wird durch Qualitäts-sicherungsverfahren gewährleistet, die Bestandteil des Qualitätsmanagementsystems von EOS sind. Die Verfahren beinhalten die Qualitätssicherung des Pulvers und des Prozesses.

Die Qualitätssicherung des Pulverprodukts umfasst:

- die Probenahme (ASTM B215)
- das Sieben (ASTM B214)
- die Analyse der Teilchengröße (ASTM B822)
- die chemische Analyse (ASTM E2823/E1479/E1019)
- die scheinbare Dichte (ASTM B212/B329/B417)

Die Qualität des Prozesses wird für jede gelieferte Pulvercharge durch die Durchführung eines Qualitäts-sicherungsauftrags mit einem zugelassenen EOS-M-290-System sichergestellt.

Die Prozessqualität wird geprüft durch:

- Zugprüfungen (ISO6892, ASTM E8M)
- Dichtemessung (ISO3369)
- Härtemessung (ISO 6508)
- chemische Analysen der festen Bauteile (ASTM 2823/E1479/E1019)

Die Ergebnisse der Qualitätssicherungstests werden gemäß EN-10204 Typ 3.1 in chargenspezifischen Werkstoffprüfbescheinigungen (Mill Test Certificates, MTC) angegeben.

Technische Daten

Pulvereigenschaften

Die chemische Zusammensetzung des Pulvers entspricht den Normen „F899 – 12b Standard Specification for Wrought Stainless Steels for Surgical Instruments“ (Spezifikation für Schmiededelstähle für chirurgische Instrumente) und „A564M – 13 Standard Specification for Hot-Rolled and Cold-Finished Age-Hardening Stainless Steel Bars and Shapes“ (Spezifikation für warmgewalzte und kalt bearbeitete aushärtende Edelstahlstäbe und -formteile).

Materialzusammensetzung		Laut Norm	
Element	Min.	Max.	
Cr	15,00	17,50	
Ni	3,00	5,00	
Cu	3,00	5,00	
Si	–	1,00	
Mn	–	1,00	
C	–	0,07	
P	–	0,040	
S	–	0,030	
Nb + Ta	0,15	0,45	

Teilchengröße

D50 ^[1]	36-44 µm
Teilchen >53µm ^[2]	Max 6,0 Gew.-%
Teilchen >63µm ^[2]	Max 1,0 Gew.-%
Pulverdichte	
Scheinbare Dichte ^[3]	Mittel 3,83 g/cm ³
Klopfdichte ^[4]	Mittel 4,7 g/cm ³

^[1] Gemäß ASTM B822 ^[2] According to ASTM B214.

^[3] Gemäß ASTM B212, ASTM B329 & ASTM B417. ^[4] Gemäß ASTM B527.

Allgemeine Prozessdaten

Schichtdicke	40 µm
Volumenstrom ^[5]	3.32 mm ³ /s (11.95 cm ³ /h)

^[5] Der Volumenstrom ist ein Maß für die Baugeschwindigkeit während der Laserbelichtung des Hüllenbereichs. Die Gesamtbaugeschwindigkeit hängt von diesem Volumenstrom und vielen anderen Faktoren ab, zum Beispiel von Belichtungsparametern von Konturen, Stützen, Up-Skin und Down-Skin, Beschichtungsdauer, Home-In- oder LPM-Einstellungen.

Physikalische und chemische Eigenschaften der Bauteile

Die chemische Zusammensetzung der Bauteile entspricht den Normen „F899 – 12b Standard Specification for Wrought Stainless Steels for Surgical Instruments“ (Spezifikation für Schmiedestähle für chirurgische Instrumente) und „A564M – 13 Standard Specification for Hot-Rolled and Cold-Finished Age-Hardening Stainless Steel Bars and Shapes“ (Spezifikation für warmgewalzte und kalt bearbeitete aushärtende Edelstahlstäbe und -formteile). Die Zusammensetzung entspricht der Materialzusammensetzung im Abschnitt „Pulvereigenschaften“. Die Maßgenauigkeit des Bauteils ist durch Änderung der Parameter „Beam Offset, X-, Y- and Z-Shrinkage“ (Strahlversatz, X-, Y- und Z-Veränderung) einstellbar.

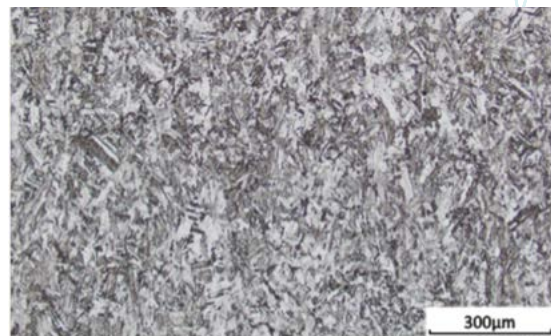
Bauteildichte ^[6]	Mittel 7,79 g/cm ³
Maßgenauigkeit des Bauteils ^[7]	
Kleine Bauteile	ca. ± 50 µm
Große Bauteile	ca. ± 0,2%
Min. Wanddicke ^[8]	ca. 0,4 mm
Typische Schrumpfung nach der Wärmebehandlung (für Bauteile mit ø 50 mm)	0,2%

Wärmeausdehnung nach Wärmebehandlung unter Schutzgas^[9]

25 – 100°C	10,4 10 ⁻⁶ /K
25 – 200°C	11,0 10 ⁻⁶ /K
25 – 300°C	11,4 10 ⁻⁶ /K
25 – 400°C	11,8 10 ⁻⁶ /K
25 – 500°C	12,0 10 ⁻⁶ /K

Mikrostruktur von wärmebehandelten Bauteilen

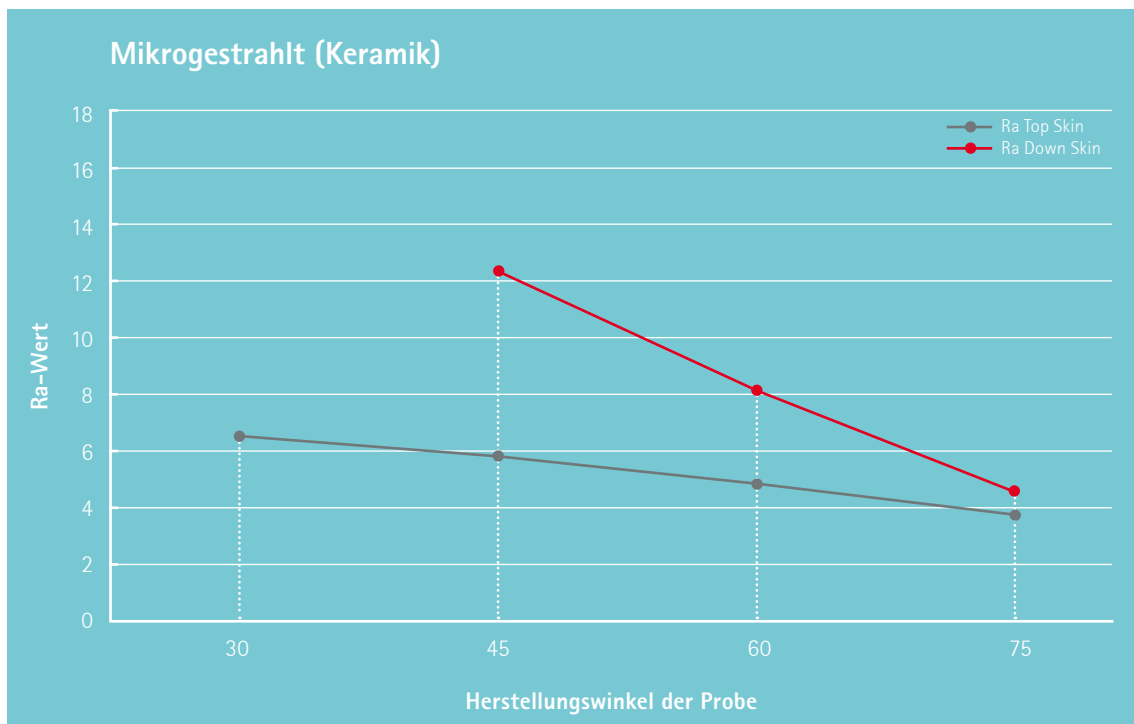
Durchschnittliche Porosität ^[10]	0,030%
Durchschnittliche Porengröße ^[10]	7,2 µm
N (Anzahl der Proben)	70



Atmosphärenofen (Atmosphärenwärmebehandlung) wurde für die Wärmebehandlung von geätzten Bauteilen eingesetzt.
Ätzmittel: Ätzmittel nach Marble.
10-fache Vergrößerung

Oberflächenrauigkeit nach Mikrostrahlen (ca.) ^[11]

Horizontal	Ra 3,5 – 5,9 µm; Rz 17,3 – 27,7 µm
Vertikal	Ra 3,4 – 5,5 µm; Rz 15,9 – 28,5 µm
Winkeloberflächen	Die Oberflächenrauigkeit gemessen als Funktion des Herstellungswinkels







^[6] Gewogen in Luft und Wasser gemäß ISO 3369. ^[7] Auf der Basis der Benutzererfahrung mit Maßgenauigkeit für typische Geometrien, z. B. $\pm 50 \mu\text{m}$, wenn die Parameter für eine bestimmte Bauteilklasse optimiert werden können, oder $\pm 70 \mu\text{m}$ beim erstmaligen Bau einer neuartigen Geometrie. Die Maßgenauigkeit des Bauteils hängt von der richtigen Datenaufbereitung und Nachbearbeitung ab. ^[8] Die mechanische Stabilität ist von der Geometrie (Wandhöhe etc.) und Anwendung abhängig. ^[9] Gemäß ASTM E228. ^[10] Messung gemäß ISO 4287. Die Messwerte wurden an horizontalen (nach oben zeigenden) und vertikalen Oberflächen von Prüfwürfeln gemessen. Aufgrund der schichtweisen Herstellung hängt die Rauigkeit stark von der Ausrichtung der Oberfläche ab, zum Beispiel weisen geneigte und gekrümmte Oberflächen einen Treppenstufeneffekt auf. Winkel unter 45° sollten gestützt werden.

^[11] Die Porosität wurde gemäß eines internen Verfahrens an einer $15 \times 15 \text{ mm}$ umfassenden Querschnittsfläche mit einem Lichtmikroskop.

Statistische Analyse der Bauteileigenschaften

Die Prozess- und Pulverüberprüfungen wurden unter Verwendung mehrerer Pulverchargen und EOS M 290-Systeme durchgeführt. Die Anzahl der für die Prozess- und Pulverüberprüfungen verwendeten Proben wird in den nachfolgenden Tabellen angegeben. Alle mechanischen Eigenschaften nach einer Wärmebehandlung wiesen eine Sigma-Leistung von über 3 gemäß der Anforderungen von ASTM A564M H900 auf. Die Vakuum-H900-Prüfdaten umfassen zwei EOS M 290-Systeme und vier Pulverchargen. Die Prüfdaten für die Wärmebehandlung unter Schutzgas umfassen ein EOS M 290-System und zwei Pulverchargen.

Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur^[12]

	Wie gebaut	Vakuum H900	Wärmebehandlung unter Schutzgas	ASTM A564 (H900)
Zugfestigkeit, Rm		 4 Sigma		
In horizontaler Richtung (XY)	Mittel 886,0 MPa	Mittel 1335,8 MPa	Mittel 1340,0 MPa	min. 1310 MPa
	SD 70,4 MPa	SD 5,2 MPa	SD 5,9 MPa	
N (Anzahl der Proben)	72	144	36	
In vertikaler Richtung (Z)	Mittel 924,2 MPa	Mittel 1342,6 MPa	Mittel 1345,5 MPa	min. 1310 MPa
	SD 65,9 MPa	SD 7,7 MPa	SD 2,8 MPa	
N (Anzahl der Proben)	84	168	42	
Streckgrenze, Rp 0,2		 6 Sigma		
In horizontaler Richtung (XY)	Mittel 860,6 MPa	Mittel 1235,2 MPa	Mittel 1235,5 MPa	
	SD 75,7 MPa	SD 9,8 MPa	SD 8,7 MPa	
N (Anzahl der Proben)	72	144	36	
In vertikaler Richtung (Z)	Mittel 861,3 MPa	Mittel 1250,7 MPa	Mittel 1242,6 MPa	min. 1170 MPa
	SD 44,7 MPa	SD 13,5 MPa	SD 10,1 MPa	
N (Anzahl der Proben)	84	168	41	
Bruchdehnung A		 beinahe 4 Sigma		
In horizontaler Richtung (XY)	Mittel 19,9%	Mittel 14,0%	Mittel 13,5%	min. 10%
	SD 1,2%	SD 0,8%	SD 0,9%	
N (number of samples)	72	144	36	
In vertikaler Richtung (Z)	Mittel 20,1%	Mittel 13,5%	Mittel 12,6%	min. 10%
	SD 1,5%	SD 0,7%	SD 0,9%	
N (Anzahl der Proben)	84		42	
Härte HRC		 beinahe 4 Sigma		
Härte ^[13]	Mittel 23,9 HRC	Mittel 42,1 HRC	Mittel 42,1 HRC	min. 40 HRC
	SD 3,6 HRC	SD 0,5 HRC	SD 0,5 HRC	
N (Anzahl der Proben)	20	40	10	

^[12] Zugfestigkeitsprüfung gemäß ISO 6892 und ASTM E8M. ^[13] Rockwell-Härte, HRC, gemäß ISO 6508.

Zusatzinformationen

Modifizierte Wärmebehandlung

Modifizierte Wärmebehandlung kann die Eigenschaften weiter verbessern. Eine niedrigere Alterungstemperatur von 460 °C hat sich für mittels DMLS® hergestellte 17-4PH-Bauteile besser bewährt. Zugfestigkeitsdaten mit Vakuumofen-Lösungsglöhnen gemäß [14] gefolgt von Alterung bei 460 °C.

Vakuum 460°C [14]	
Zugfestigkeit, Rm	
Beide Richtungen	Mittel 1358,1 MPa
	SD 6,7 MPa
N (Anzahl der Proben)	39
Streckgrenze, Rp 0,2	
Beide Richtungen	Mittel 1262,4 MPa
	SD 12,9 MPa
N (Anzahl der Proben)	39
Bruchdehnung, A	
In horizontaler Richtung (XY)	Mittel 13,8%
	SD 0,6%
N (Anzahl der Proben)	39
Härte, HRC	
Härte	Mittel 42,8 HRC
	SD 0,3 HRC
N (Anzahl der Proben)	5

[14] Vakuum-460°C-Wärmebehandlungsverfahren:

- Lösungsglöhnen: Für 30 Minuten bei 1.040 °C ±15 °C halten, Luftkühlung unter 32 °C.

- Alterung: Für eine Stunde bei 460°C halten, Luftkühlung unter 32 °C.

Zytotoxizität

Die Zytotoxizitätsprüfungen erfolgten gemäß ISO 10993-5. Sie beinhalten an zwei Endpunkten beurteilte Wachstumsinhibitionstests (XTT und BCA). Die Tests wurden an unbehandelten Würfeln durchgeführt. Ein Extrakt der Würfel aus EOS StainlessSteel 17-4PH wurde unter Rühren für 24±2h in DMEM mit einem Zusatz von 10% FBS gewonnen. L929-Zellen wurden dann für 68 – 72 Stunden mit den folgenden Konzentrationen des Testextrakts bebrütet: 13,2%, 19,8%, 29,6%, 44,4%, 66,7% und 100%. Das Oberflächen-Volumen-Verhältnis betrug 3 cm²/ml.

Zytotoxizitätsergebnisse

In dieser Studie wurden unter den angegebenen Bedingungen keine herauslösbaren Bestandteile in zytotoxischer Konzentration vom Testartikel freigesetzt, wie von zwei verschiedenen Endpunkten bestätigt wurde (XTT, BCA).

EOS IndustryLine:

Der neue Industriestandard für die additive Fertigung

Die EOS IndustryLine umfasst hochqualitative Werkstoffe für spezifische industrielle Anforderungen. Diese haben wir mit einem neu entwickelten EOS ParameterSet so umfangreich getestet wie nie zuvor – im Hinblick auf physikalische und chemische Pulver- und Bauteileigenschaften sowie die Prozessqualität.

Ihre Vorteile:

- Verlässliche Daten mit hohem statistischen Konfidenzniveau
- Zeit- und Kostenersparnis durch weniger Aufwand für eigene Werkstoff- und Prozessqualifizierungen
- Effizientere Entwicklungs- und Fertigungsprozesse
- Verkürzte Time-to-Market

Abkürzungen

Min.	Minimum
Max.	Maximum
SD	Standardabweichung
Gew.	Gewicht
XTT	Tetrazoliumsalz
BCA	Bicinchoninsäure
DMEM	Dulbecco's Modified Eagle Medium (Nährmedium)
FBS	Fötales Kälberserum

Die Angaben beziehen sich auf die Verwendung dieses Werkstoffs mit oben genanntem EOS DMLS®-System, den angegebenen EOSYSTEM- und EOSPRINT-Softwareversionen, dem entsprechenden Parametersatz und Betrieb gemäß Parameterblatt und Betriebsanleitung. Die Bauteileigenschaften werden anhand festgelegter Messverfahren unter Verwendung von definierten Testgeometrien und -verfahren gemessen. Weitere Einzelheiten zu den von EOS verwendeten Testverfahren sind auf Anfrage erhältlich. Jede Abweichung von diesen Standardeinstellungen kann die gemessenen Eigenschaften beeinflussen. Die Daten entsprechen den Kenntnissen und Erfahrungen von EOS zum Zeitpunkt der Veröffentlichung und können im Rahmen der kontinuierlichen Weiterentwicklung und Verbesserung ohne Vorankündigung geändert werden. Sofern nicht ausdrücklich vereinbart, garantiert EOS keine Eigenschaften oder Eignung für einen bestimmten Zweck. Dies gilt auch in Hinsicht auf etwaige Schutzrechte sowie Gesetze und Verordnungen.

EOS GmbH
Electro Optical Systems
Hauptniederlassung
Robert-Stirling-Ring 1
D-82152 Krailling bei München
Tel.: +49 89 893 36-0
Fax: +49 89 893 36-285

EOS Niederlassungen

EOS France
Tel.: +33 437 49 76 76

EOS India
Tel.: +91 44 39 64 80 00

EOS Italy
Tel.: +39 02 33 40 16 59

EOS Korea
Tel.: +82 2 6330 5800

EOS Nordic & Baltic
Tel.: +46 31 760 46 40

EOS of North America
Tel.: +1 248 306 01 43

EOS Singapore
Tel.: +65 6430 05 50

EOS Greater China
Tel.: +86 21 602307 00

EOS UK
Tel.: +44 1926 62 31 07

www.eos.info

Titelseite: Das Titelbild zeigt lediglich eine mögliche Anwendung des Werkstoffs. Das abgebildete Instrument ist nicht von der FDA oder einer anderen lokalen Institution für die Verbreitung in den USA freigegeben.

Stand 09/2017. Technische Änderungen vorbehalten. EOS ist nach ISO 9001 zertifiziert. EOS®, DMLS®, EOSPRINT® und EOSYSTEM® sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH in einigen Ländern. Weitere Informationen unter www.eos.info/trademarks.

