

1. Unlimal AG

Unlimal ist ein junges Start-Up aus der Zentralschweiz, welches sich mit der Technologie des selektiven Laserschmelzens auseinandersetzt. Mit unserem Startup haben wir uns auf den metallischen 3D Druck, die Vorbereitung, Design, sowie auch dessen Nachbearbeitung spezialisiert. Somit sind wir in der Lage, Prototypen, Einzel- sowie auch Serienteile anwendungsbereit zu liefern und unterstützen auch bei der Produktentwicklung. Unser kleines Team besteht aus Fachkräften der Industrie, welches in verschiedenen Bereichen jeweils über 10 Jahre Erfahrung mitbringt. Was unser Team verbindet, ist der Enthusiasmus und die Freude an neuen Technologien und besonders der additiven Fertigung. Für uns alle ist dieses Unternehmen eine Herzenssache und diese Leidenschaft wollen wir auch mit unseren Produkten und Dienstleistungen an unsere Kunden weitergeben.

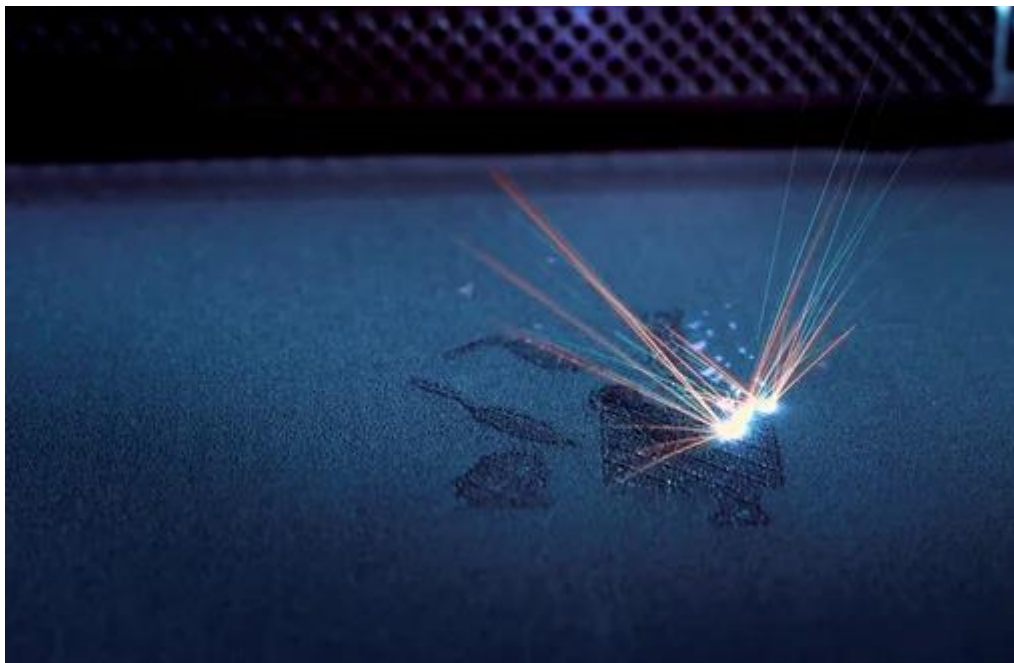
2. Technologie DMLS

Mit dem DMLS 3D-Druck-Verfahren lassen sich 3D-gedruckte Metallbauteile direkt anhand eines Computermodells erstellen. DMLS steht für "Direktes Metall-Laser-Schmelzen" und wird in der additiven Fertigung verwendet. Die Basis für das 3D-Druckmaterial bietet dabei eine Metallegierung (Metallwerkstoff) in Pulverform.

In dem 3D-Drucker wird eine dünne Schicht dieses Metallpulvers auf die Bauplatte aufgetragen. Anschließend schmilzt ein leistungsstarker Laser das Pulver genau an den von der CAD-Software vorgegebenen Punkten. Auf diese Weise entsteht eine Schicht des 3D-gedruckten Metallteils. Der Prozess wiederholt sich, bis das Bauteil vollständig gedruckt ist.

DMLS-Technologie in drei Schritten

- Der 3D-Drucker verteilt den Metallwerkstoff Schicht für Schicht auf der Baufläche
- Der Laser schmilzt das Pulver und bringt es in die gewünschte Form
- Das 3D-gedruckte Bauteil wächst eine Schicht nach der anderen
-



1: Schmelzprozess beim DMLS Verfahren

3. Einsatzgebiete von metallischen Druckteilen

Metallische 3D Druck Teile finden bereits heute Anwendung in verschiedensten Bereichen der Industrie. So werden diese Teile unter anderem in der Aviatik, Medizinaltechnik, Raumfahrt aber auch im Motorsport bereits häufig eingesetzt. Durch das Verfahren der DMLS Technologie eröffnen sich eine breite Variante an neuen Designmöglichkeiten. So können zum Beispiel integrierte Kühlkanäle die Standzeiten von Werkzeugen erhöhen oder durch Topologie optimierte Bauteile Gewicht und Volumen gespart werden.

Weiter zeigt der metallische 3D Druck seine Fähigkeiten in folgenden Bereichen:

- Digitales Ersatzteilemanagement
- Reverse Engineering von Bauteilen
- Rapid Prototyping

Durch den Einsatz des metallischen 3D Drucks können Kosten gespart, Lieferzeiten optimiert und eine wirtschaftliche Fertigung von komplexen Kleinserien gewährleistet werden.

4. Material

Das Materialportfolio richtet sich in der Regel nach den vorhandenen Maschinen sowie dem Hersteller der Maschinen. In unserem Fall ist der Maschinenhersteller EOS, welcher sich als Marktführer in diesem Technologiebereich bewegt. Innerhalb der Unlimal AG wird ausschliesslich Pulver des Herstellers EOS verwendet und mit den offiziellen Parametern des Maschinenherstellers gearbeitet. So können wir sicherstellen, dass die physikalischen Eigenschaften des Materials gegeben sind.

Das Materialportfolio von EOS bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten. Als Grundsatz kann man sagen, dass jedes Material welches geschweisst werden kann, sich auch für das DMLS Verfahren eignet. Die genauen Angaben zum Material und dem Portfolio von EOS finden Sie im Anhang dieses Dokuments.

5. Qualitätssicherung

Beim DMLS Prozess innerhalb der Unlimal AG setzen wir hohen Wert auf die Qualitätssicherung und wollen die anspruchsvolle Erwartung unserer Kunden vollumfänglich umsetzen. Unsere Qualitätssicherung stellen wir mit verschiedensten Methoden sicher und prüfen diese periodisch auf allfälliges Verbesserungspotential.

5.1 Physikalische Eigenschaften

Wie bereits beschrieben verwenden wir ausschließlich zertifiziertes Pulver des Maschinenherstellers. Dieses Pulver wird anhand der offiziellen Parameter (Lasereinstellungen) in einer mit Argon oder Stickstoff gefüllten Produktionskammer verschmolzen. Durch das Verwenden der offiziellen Parameter und Pulvers in einer prozessgesicherten Umgebung, können die physikalischen Eigenschaften analog zum Datenblatt sichergestellt werden. Die Qualität des gedruckten Materials entspricht dabei zu 99,9% der von konventionellem Festmaterial. Innerhalb des Produktionsprozesses können je nach Werkstoff Drucktoleranzen von ca. 0.05mm eingehalten werden.



2: Triebwerkskomponente der Ariane 6

5.2 Nachverfolgbarkeit

Die Nachverfolgbarkeit der gelieferten Teile wird mit Hilfe von Chargennummern und Revisionen sichergestellt. Die Chargennummern beziehen sich dabei bereits auf das Pulvers, mit welchem die Bauteile gefertigt werden. Die Revisionen und Änderungen an Bauteilen stellen wir mit unseren internen Prozessen innerhalb unseres ERP und PDM/CAD Systems sicher.

Zusätzlich Schritte im Prozess können nach Kundenwunsch eingebracht werden. Es besteht unter anderem die Möglichkeit, Daten wie Bilder des Fertigungsvorgangs (vor und nach Belichtung) für jede einzelne Schicht (20-60 µm) mitzuliefern.

5.3 Messmittel

Unsere Bauteile werden mittels periodisch geprüften sowie kalibrierten Messmitteln ausgemessen. Bei Bedarf kann ein Prüfprotokoll erstellt werden

5.4 Materialzertifikat

Für das Rohmaterial ist ein 3.1 Materialzertifikat vom Lieferanten vorhanden.

5.5 Zusätzliche Prüfverfahren

Auf expliziten Kundenwunsch können die Bauteile bei einem unserer Partner noch geröntgt und geprüft werden, um so eine noch höhere Sicherheit der Bauteile Qualität sicherzustellen.

5.6 ISO 9001 Zertifizierung

Die Unlital AG befinden sich momentan im Zertifizierungsprozess für die ISO9001 und wird bis Ende des Jahres 2022 entsprechend zertifiziert sein. In der zwischen Zeit stellen unsere Partnerorganisationen gerne eine entsprechende Bestätigung für die geplante Zertifizierung aus.

6. Oberflächenqualität

Die Oberflächenqualität der Druckteile wird von folgenden Eckpunkten beeinflusst:

- Material
- Fertigungsparameter
- Positionierung auf der Bauplatte
- Support Struktur des Bauteils

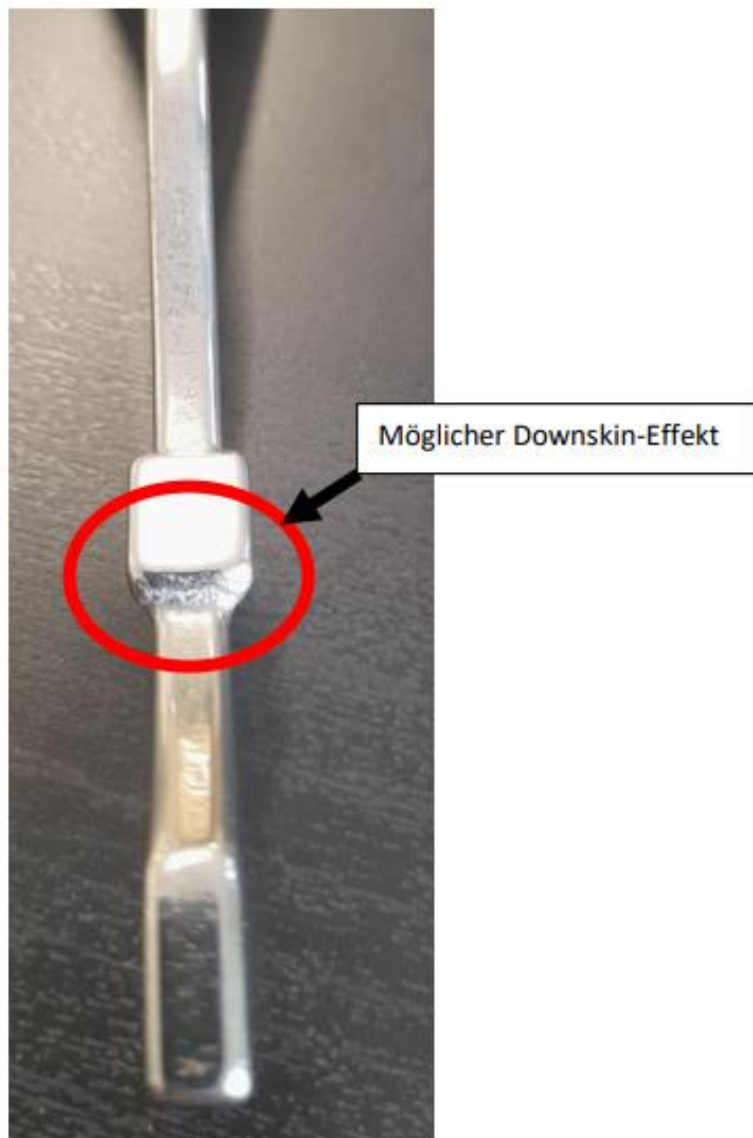
Mit Hilfe von diversen Nachbearbeitungsmethoden wie dem Gleitschleifen oder Sandstrahlen, können Oberflächenqualitäten von Ra 1.6 und Glanzoberflächen erreicht werden. Diese genügen für die Qualifizierung im Medizin- und Lebensmittelbereich. Die Oberflächengüte wird auf die Anforderung des Kunden abgestimmt.

Durch die Positionierung auf der Bauplattform kann es bei Bauteilen zu einem Downskin Effekt kommen. Dieser Effekt wird versucht möglichst klein zu halten und kann mittels Nachbearbeitung behoben werden.

6.1 Beispiel Bilder



3: Bauteil für die Lebensmittelindustrie mit Glanzoberfläche // Werkstoff Chromstahl SS316L



4: Möglicher Downskin Effekt



5: Aluminiumbauteil nach Druckprozess (unbearbeitet)



6: Aluminiumbauteil nach Gleitschleifen

7. Nachbearbeitung

Die Unlimal AG bietet eine breite Palette von Nachbearbeitungsmöglichkeiten an, welche wir Inhouse durchführen. Mit unserem Knowhow im Bereich des 5-Achsen CNC Fräsens können wir fast jede Gemotrie Nachbearbeiten und entsprechend anpassen. Genaue Passungen oder Spezialanforderungen an die Oberfläche können wir so umsetzen.

Für Nachbearbeitungen im Bereich der Oberflächenbehandlung vertrauen wir auf ausgewählte Partner in unserem Umfeld.

8. Maschinenpark

Unser Maschinenpark umfasst folgende Maschinen:

- EOS M290 Drucker
- HAAS UMC 500 SS
- Markforged Onyx 3D Drucker
- 3D-Scanner
- Sandstrahlmaschine
- Gleitschleifmaschine
- Diverse kleinere Maschinen zur Nachbearbeitung.

9. Anhang

- Materialportfolio EOS
- Materialdatenblatt AlSi10Mg
- Materialdatenblatt SS316L
- Materialdatenblatt MS1

EOS Werkstoffe Metall

Portfolio Übersicht

Produktklasse	Produktname	Werkstoff-Typ*	Typische Anwendungen
Stahl	EOS MaragingSteel MS1	AMS6514, 18Ni300	Serien-Spritzgußwerkzeuge, Maschinenbauteile
	EOS ToolSteel 1.2709	EN 1.2709	Serien-Spritzgußwerkzeuge, Maschinenbauteile
	EOS ToolSteel H13**	ASTM A681	Warmarbeitsstahl für Warm- und Kaltarbeitswerkzeuge, Druckguss-, Extrusions- und Stanzwerkzeuge
	EOS CaseHardeningSteel 20MnCr5	1.7147	Anwendungen in Automobil- und Maschinenbau, Getriebe, Ersatzteile
	EOS StainlessSteel GP1	Edelstahl 17-4 / 1.4542	Funktionsprototypen und Serienteile in Maschinenbau und Medizin
	EOS StainlessSteel PH1	1.4540, UNS S15500	Funktionsprototypen und Serienteile in Maschinenbau und Medizin
	EOS StainlessSteel 254	EN 1.4547	gechlorte Salzwasser-Verarbeitungsanlagen, Zellstoff- und Papier-Herstellungsmaschinen sowie chemische Anlagen
	EOS StainlessSteel 316L	1.4441, UNS S31673, ASTM F138	Bauteile zum Einsatz in einer korrosiven Umgebung, z.B. in der Medizin bei Endoskopie und Orthopädie
	EOS StainlessSteel 316L VPro	1.4404, UNS S31603	Press- und Sinteranwendungen, die eine hohe Produktivität benötigen
	EOS StainlessSteel CX	Ausscheidungshärtbarer Werkzeugstahl	Spritzgußwerkzeuge für korrosive Kunststoffe und Gummi-Teile, Maschinenbau
	EOS StainlessSteel 17-4PH	1.4542, UNS 17400, ASTM A564M	Säure- und korrosionsbeständige Maschinenbauteile, Medizin (chirurgische, orthopädische Instrumente)
	EOS StainlessSteel SuperDuplex	Austenitisch-ferritischer Duplex-Edelstahl	Öl- und Gasindustrie, Zellstoff- und Papier-Herstellungsanlagen, Bergbau- und Offshore-Anlagen
Nickel	EOS NickelAlloy IN718	UNS N07718, AMS 5662, AMS 5664, 2.4668, NiCr19Fe19NbMo3	Belastete Komponenten in Hochtemperatur-Anwendungen bis zu 700 °C, gutes Potential für Tieftemperatur-Anwendungen
	EOS NickelAlloy IN625	UNS N06625, AMS 5666, AMS 5599, 2.4856, NiCr22Mo9Nb	Komponenten zur Verwendung in korrosiver Umgebung, gutes Potential für Tieftemperatur-Anwendungen
	EOS NickelAlloy IN939	Inconel™ 939	Maschinenbauteile, die exzellente mechanische Eigenschaften (Ermüdung, Creep) und auch Korrosions- sowie Oxidationsbeständigkeit bei bis zu 850 °C fordern
	EOS NickelAlloy HX	UNS N06002, AMS 5390	Hochtemperatur-Anwendungen, die eine exzellente Oxydationsbeständigkeit bei bis zu 1200 °C benötigen

* Material gemäß entsprechender Norm

** Befindet sich in der Entwicklung

EOS Werkstoffe Metall

Portfolio Übersicht



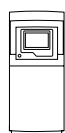
Produktklasse	Produktname	Werkstoff-Typ*	Typische Anwendungen
Kobalt-Chrom	EOS CobaltChrome MP1	UNS R31537, ISO 5832-4, ASTM F75, ISO 5832-12, ASTM F1537	Medizinische Implantate mit hoher Beständigkeit gegen Abnutzung und Korrosion, Hochtemperatur-Komponenten in der Luft- und Raumfahrt
Kupfer	EOS Copper Cu	Hochreines Kupfer	Wärmetauscher, Elektronik, vielfältige industrielle Anwendungen, die eine gute Leitfähigkeit verlangen
	EOS Copper CuCP	Rein-Kupfer	Elektrische Motoren, Induktoren, vielfältige industrielle Anwendungen, die eine exzellente Leitfähigkeit verlangen
	EOS CopperAlloy CuCrZr	C18150, CW106C	Raketentriebwerks-Teile, Wärmetauscher, Induktionsspulen
Titan	EOS Titanium Ti64 EOS Titanium Ti64 Grade 5	Ti6Al4V, ISO5832-3, ASTM F1472, ASTM F2924, ASTM F3302	Serienproduktion von Teilen in der Luft- und Raumfahrt, Medizin und Automobilindustrie
	EOS Titanium Ti64ELI EOS Titanium Ti64 Grade 23	Ti6Al4V ELI, ASTM F136, ASTM F3001, ASTM F3302	Serienproduktion von Teilen in der Medizin (z.B. Rückenimplantate, Kniegelenke, Kniescheiben, usw.)
	EOS Titanium TiCP	ASTM F67, ISO 5832-2	Serienproduktion von Teilen in der Medizin (z.B. Traumaplatzen, Schädelimplantate, usw.)
Aluminium	EOS Aluminium AlSi10Mg	AlSi10Mg	Maschinenbau-Komponenten und Teile in der Luft- und Raumfahrt- sowie Automobil-Industrie die hohen Lasten ausgesetzt sind, Ersatz von Gußteilen aus AlSi10Mg
	EOS Aluminium AlF357	AlSi7Mg0,6, SAE AMS 4289	Strukturbauteile in der Luft- und Raumfahrt- sowie Automobil-Industrie, die ausgewogene mechanische Eigenschaften fordern
	EOS Aluminium Al2139 AM	Aluminium Association Teal Sheet für Al2139, modifiziert für DMLS	Produktions-Teile in Luft- und Raumfahrt, Rennen, Transport und Mobilität, Bauteile mit Leichtbau-Teile
Refraktive Metalle	EOS Tungsten W1	Reines Wolfram	Dünnwandige Teile zur Verwendung in Führungsstrukturen in der Röntgenbildgebung, z.B. Röntgenraster

* Material gemäß entsprechender Norm
 ** Befindet sich in der Entwicklung

Ausführliche Informationen: www.eos.info/werkstoffe-m



Kompatibilität von Systemen und Werkstoffen

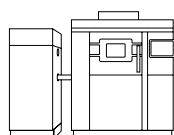


EOS M 100

- EOS CobaltChrome MP1
30 µm
- EOS StainlessSteel 316L
20 µm

- EOS Titanium Ti64
20 µm
- EOS Tungsten W1
20 µm

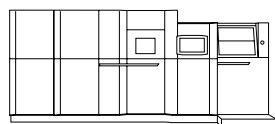
Produktname
Schichtstärke



EOS M 290

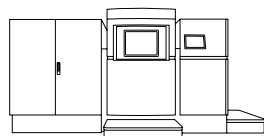
- | | | |
|--|--|--|
| EOS Aluminium AlF357
30 µm | EOS NickelAlloy HX
20 40 µm | EOS StainlessSteel PH1
20 µm |
| EOS Aluminium AlSi10Mg
30 60 µm | EOS NickelAlloy IN625
20 40 µm | EOS StainlessSteel SuperDuplex
40 80 µm |
| EOS Aluminium Al2139 AM
60 µm | EOS NickelAlloy IN718
20 40 µm | EOS Titanium Ti64
30 60 µm |
| EOS CaseHardeningSteel 20MnCrZr
40 µm | EOS NickelAlloy IN939
40 µm | EOS Titanium Ti64ELI
30 µm |
| EOS CobaltChrome MP1
20 40 50 µm | EOS StainlessSteel 17-4PH
20 40 µm | EOS Titanium Ti64 Grade 23
40 80 µm |
| EOS Copper Cu
20 µm | EOS StainlessSteel 254
40 60 µm | EOS Titanium Ti64 Grade 5
40 80 µm |
| EOS Copper CuCP
40 µm* | EOS StainlessSteel 316L
20 40 80 µm | EOS Titanium TiCP Grade 2
30 µm |
| EOS CopperAlloy CuZrCr
80 µm* | EOS StainlessSteel 316L VPro
60 µm | EOS ToolSteel 1.2709
40 µm |
| EOS MaragingSteel MS1
20 40 50 µm | EOS StainlessSteel CX
30 µm | EOS ToolSteel 1.2709
40 µm |

* for AMCM M 290 1kW



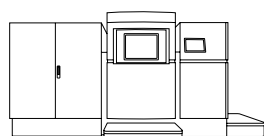
EOS M 300-4

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| EOS Aluminium AlSi10Mg
60 µm | EOS NickelAlloy IN718
40 µm | EOS StainlessSteel 316L
40 80 µm |
| EOS MaragingSteel MS1
50 µm | EOS NickelAlloy IN625
40 µm | EOS Titanium Ti64
60 µm |



EOS M 400

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| EOS Aluminium AlF357
60 µm | EOS NickelAlloy IN718
40 µm |
| EOS Aluminium AlSi10Mg
90 µm | EOS Titanium Ti64
30 µm |
| EOS CopperAlloy CuCrZr
80 µm | EOS Titanium Ti64ELI
30 µm |
| EOS MaragingSteel MS1
50 µm | |



EOS M 400-4

- | | |
|--|---------------------------------------|
| EOS CaseHardeningSteel 20MnCrZr
40 µm | EOS StainlessSteel 316L
40 80 µm |
| EOS Aluminium AlSi10Mg
40 80 µm | EOS Titanium Ti64
60 µm |
| EOS MaragingSteel MS1
40 µm | EOS Titanium Ti64 Grade 23
80 µm |
| EOS NickelAlloy HX
40 µm | EOS Titanium Ti64 Grade 5
80 µm |
| EOS NickelAlloy IN718
40 80 µm | EOS Titanium TiCP Grade 2
30 µm |
| EOS NickelAlloy IN939
40 µm | |

Material Datenblatt

EOS StainlessSteel 316L

EOS StainlessSteel 316L ist eine korrosionsresistente, auf Eisen basierende Legierung, die speziell für die Verarbeitung auf der EOSINT M280 optimiert wurde. Dieses Dokument enthält Informationen und Daten für den Bau von Teilen mit EOS StainlessSteel 316L Pulver (EOS art.-no. 9011-0032) nach folgenden System Spezifikationen:

- EOSINT M280 400W System mit PSW3.6 und Parametersatz 316L_Surface 1.0
- EOSINT M280 200W System mit PSW3.6 und Parametersatz 316L_Surface 1.0
- EOSINT M290 400W System mit EOSPRINT 1.0 und Parametersatz 316L_Surface 1.0

Beschreibung

Bauteile aus EOS Stainless Steel 316L entsprechen in ihrer chemischen Zusammensetzung der ASTM F138 "Standard-Schmiede-Qualität für 18Cr-14Ni-2.5Mo Edelstahlteile und Draht für Chirurgische Implantate (UNS S31673)". Diese Form von Edelstahl zeichnet eine gute Korrosionsbeständigkeit aus und die Bestätigung dass es keine laugungsfähigen Substanzen in zytotoxischen Konzentrationen enthält.

Dieses Material ist ideal für den Bereich

- Lifestyle/Consumer, z.B. Uhren, Schmuck, Brillengestelle, Dekoration
- Automobil/Industrie
- Lebensmittel- und Chemieanlagen, z.B. für nicht korrodierende Bauteile
- Luft- und Raumfahrt
- Kraftwerk- und Turbinenindustrie
- Einstiegsmaterial für die Laser Sinter Technologie, z.B. Befestigungsteile, Wärmetauscher, Funktionsbauteile bei Elektronikgehäusen und Zubehör

Aus EOS Stainless Steel 316L gebaute Teile können im wie gebaut oder spannungsarm geglähten (AMS2759) Zustand maschinell sowie mit Microstrahlen weiter bearbeitet und poliert werden. Ein Lösungsglühen ist nicht notwendig, da die mechanischen Eigenschaften bereits im wie gebaut Zustand den Erwartungen entsprechen (ASTM A403). Der Einsatz von 316L Bauteilen ist in einem Temperaturbereich von 427°C bis 816°C nicht geeignet, weil hier eine Ausscheidung von Chrom-Karbid erfolgt. Auf Grund des schichtweisen Aufbauprozesses weisen die Bauteile eine bestimmte Anisotropie auf, die sich in den mechanischen Eigenschaften zeigt.

Material Datenblatt

Technische Daten

Allgemeine Prozessdaten

EOS StainlessSteel 316L	
Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1], [7]	
- kleine Bauteile	ca. ± 20 -50 μm
- größere Bauteile	ca. ± 0.2 %
Kleinste Wandstärke [2], [7]	ca. 0,3 – 0,4 mm
Schichtdicke	20 μm
Oberflächenrauigkeit [3], [7]	
- nach dem Bau	R_a 13 ± 5 μm ; R_z 80 ± 20 μm
- nach dem Mikrostrahlen	R_a 5 ± 2 μm ; R_z 30 ± 10 μm
- nach dem Polieren	R_z bis zu < 1 μm (kann sehr fein poliert werden)
Volumenrate [4]	2 mm ³ /s (7,2 cm ³ /h)

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien, z. Bsp. ± 40 μm wenn für bestimmte Teilgruppen Parameter optimiert werden können oder ± 60 μm , wenn eine neue Geometrie zum ersten Mal gebaut wird.
- [2] Mechanische Stabilität abhängig von der Geometrie (Wandhöhe usw.) und Anwendung.
- [3] Auf Grund des schichtweisen Aufbaus hängt die Oberflächenstruktur stark von der Orientierung der Oberfläche ab, so zeigen beispielsweise geneigte und runde Oberflächen einen Stufen-Schritt Effekt. Die Messwerte hängen ebenfalls von der angewendeten Messmethode ab. Die hier angegebenen Werte geben einen Anhaltspunkt für vertikale Oberflächen.
- [4] Die Volumenrate ist ein Maß für die Baugeschwindigkeit während der Laserbelichtung, Die gesamte Baugeschwindigkeit ist abhängig von der durchschnittlichen Volumenrate, der Beschichtungsdauer (je nach Anzahl der Schichten) und anderen Faktoren wie z. Bsp. DMLS-Einstellungen.

Material Datenblatt

Physikalische und chemische Eigenschaften der Bauteile

EOS StainlessSteel 316L			
Materialzusammensetzung	Element	Min	Max
	Fe	Rest	
	Cr	17,00	19,00
	Ni	13,00	15,00
	Mo	2,25	3,00
	C		0,030
	Mn		2,00
	Cu		0,50
	P		0,025
	S		0,010
	Si		0,75
	N		0,10
Relative Dichte bei Standardparametern	ca. 100 %		
Dichte bei Standardparametern	min. 7,9 g/cm ³		

Material Datenblatt

Mechanische Eigenschaften der Bauteile (bei Raumtemperatur) [7]

	wie gebaut
Maximale Zugfestigkeit [5]	
- in horizontaler Richtung (XY)	$640 \pm 50 \text{ MPa}$
- in vertikaler Richtung (Z)	$540 \pm 55 \text{ MPa}$
Streckgrenze, Rp0.2% [5]	
- in horizontaler Richtung (XY)	$530 \pm 60 \text{ MPa}$
- in vertikaler Richtung (Z)	$470 \pm 90 \text{ MPa}$
Young's modulus [5]	
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 185 GPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 180 GPa
Bruchdehnung [5]	
- in horizontaler Richtung (XY)	$40 \pm 15 \%$
- in vertikaler Richtung (Z)	$50 \pm 20 \%$
Härte [6]	typ. 89 HRB

[5] Erstellung und Test der Prüfstäbe nach ISO 6892/ASTM EBM, proportionale Prüfkörper, Durchmesser des Querschnittsbereichs 5mm (0,2inch), Messlänge 4D = 20,0mm (0,79 inch), Stressrate 10MPa/s, Belastungsgeschwindigkeit im Kunststoffbereich 0.375 1/min.

[6] Rockwell Härte (HRB) Messung nach EN ISO 6508-1 auf geschliffener Oberfläche.

[7] Hinweis: diese Eigenschaften wurden auf einer EOSINT M 280-400W ermittelt. Prüfkörper von folgende Maschinentypen EOSINT M 280-200W und EOS M 290-400W erreichen vergleichbare Werte.

Material Datenblatt

Abkürzungen

typ.	typisch
min.	minimum
ca.	circa
wt	Gewicht

Die angegebenen Werte gelten für Materialien, die mit EOSINT M 280 Systemen gemäß der aktuellen Vorgaben (inklusive der aktuellen Prozesssoftware PSW und materialabgestimmter Hardware) und Bedienungsanweisungen verarbeitet wurden. Alle Werte sind Näherungswerte. Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich die angegebenen mechanischen und physikalischen Eigenschaften auf Standard Bauparameter und Testbauteile, die in vertikaler Orientierung gebaut wurden. Sie hängen von den Bauparametern und Baustrategien ab, die vom Anwender je nach Zielanwendung angepasst werden können.

Die Angaben entsprechen unserem Kenntnis- und Erfahrungsstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sie bilden allein keine ausreichende Grundlage für eine Bauteilauslegung.

EOS[®], EOSINT[®], DMLS[®], DirectTool[®] and DirectPart[®] sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH.

© 2014 EOS GmbH – Electro Optical Systems. Alle Rechte vorbehalten.

Materialdatenblatt – FlexLine

EOS Aluminium AlSi10Mg

EOS Aluminium AlSi10Mg ist eine Aluminiumlegierung, die speziell für die Verarbeitung auf EOS M 400 Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument enthält Informationen und Daten für den Bau von Teilen mit EOS Aluminium AlSi10Mg Pulver (EOS Art.-Nr. 9011-0024) nach folgenden Spezifikationen:

- EOS DMLS™ System M290
- EOSYSTEM: EOSPRINT v.1.6 oder aktueller
- EOS Parametersatz AlSi10Mg_Speed1.2
 - HSS-Klinge (EOS art.-no. 300006274)
 - 90 µm Maschenweite für das Pulversieb wird empfohlen (EOS art.-no. 200000493)
 - Argon-Atmosphäre

Beschreibung

Die Legierung AlSi10Mg besitzt gute gießtechnologische Eigenschaften und wird typischerweise für dünnwandige und komplexe Gussteile eingesetzt. Sie zeichnet sich durch gute Festigkeit und Härte sowie hohe dynamische Belastbarkeit aus und findet daher auch bei hochbelasteten Bauteilen Einsatz. Bauteile aus EOS Aluminium AlSi10Mg sind ideal für Anwendungen, die eine Kombination von guten thermischen Eigenschaften und niedrigem Gewicht erfordern. Sie können maschinell bearbeitet, draht- und senkerodiert, geschweißt, mikro-gestrahlt, poliert und beschichtet werden.

Eine Besonderheit des Lasersinter-Prozesses sind das extrem schnelle Aufschmelzen und Wiedererstarren. Daraus resultiert direkt aus dem Bauprozess ein Gefüge mit den entsprechenden mechanischen Eigenschaften ähnlich dem T6-Zustand gegossener Bauteile. Es wird Spannungsarmglühen als Wärmebehandlungsverfahren empfohlen, wie in [7] dargestellt. Aufgrund des Schichtaufbaus weisen die Bauteile anisotropische Eigenschaften auf. Diese können durch geeignete thermische Nachbehandlung reduziert bzw. eliminiert werden. Zum Beispiel mit dem T6-Zyklus, bestehend aus Lösungsglühen, Abschreckung und Warmauslagerung – siehe technische Daten für Beispiele.

Materialdatenblatt – FlexLine

Qualitätssicherung

Die Qualität des gelieferten Pulvers, AlSi10Mg, ist durch die Prozesse der Qualitätssicherung gewährleistet. Die Prozesse beinhalten Material-Analysen (ASTM B215), Siebanalysen (ASTM B214) und PSD-Analysen (ISO 13320) sowie chemische Analysen (ASTM E1479). Die Pulverdichte ist gemäß ASTM B212 bestimmt. Die Ergebnisse der Qualitätssicherung sind in dem spezifischen MTC (Mill Test Certificate) gemäß EN 10204-3.1 angegeben.

Technische Daten

Pulvereigenschaften

Die chemische Zusammensetzung des Pulvers entspricht der Norm DIN EN 1706 (EN AC-43000).

Materialzusammensetzung [1]

Element	Min	Max
Al	Balance	
Si	9,0	11,0
Fe	---	0,55
Cu	---	0,05
Mn	---	0,45
Mg	0,25	0,45
Ni	---	0,05
Zn	---	0,10
Pb	---	0,05
Sn	---	0,05
Ti	---	0,15

[1] in Gew.%

Partikelgröße

>90 µm

< 0,5 Gew.%

Materialdatenblatt – FlexLine

Physikalische Eigenschaften der Bauteile

Dichte [2]		2,67 g/cm ³
Oberflächenrauheit [3]		
	Wie gebaut	Ra 12 – 20 µm; Rz 80 – 120 µm Ra 0,5 – 0,8 x 10 ⁻³ in Rz 3,1 – 4,7 x 10 ⁻³ in
	Nach mikrostrahlen	Ra 6 – 15 µm; Rz 50 – 100 µm Ra 0,2 – 0,6 x 10 ⁻³ in Rz 2,0 – 3,9 x 10 ⁻³ in
Volume rate [4]		5,1 mm ³ /s (18,2 cm ³ /h) 1,1 in ³ /h

[2] Wiegen in Luft und Wasser nach ISO 3369 [3]

[3] Messung der Rauheit entsprechend ISO 4287. Die Werte wurden an den vertikalen sowie der nach oben weisenden horizontalen Fläche eines Würfels ermittelt. Auf Grund des schichtweisen Aufbaus hängt die Oberflächenstruktur stark von der Orientierung der Oberfläche ab, so zeigen beispielsweise geneigte und runde Oberflächen einen Stufen-Schritt Effekt.

[4] Die Volumenrate ist ein Maß für die Baugeschwindigkeit während der Belichtung der Skinregion. Die gesamte Baugeschwindigkeit ist abhängig von weiteren Faktoren wie den Belichtungsparametern für Konturen, Supports und Up- und Downskin, der Beschichtungsdauer, dem Home-In und LPM-Einstellungen.

Materialdatenblatt – FlexLine

Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur [5, 6, 7]

Wie gebaut

	Horizontal	Vertical
Zugfestigkeit, Rm	460 ± 20 MPa (67 ± 3 ksi)	470 ± 20 MPa (68 ± 3 ksi)
Steckgrenze, Rp0.2	270 ± 10 MPa (39 ± 2 ksi)	235 ± 10 MPa (34 ± 2 ksi)
Reißdehnung, A	10 ± 2 %	6 ± 2 %

Wärmebehandelt [7]

	Horizontal	Vertical
Zugfestigkeit, Rm	340 MPa (49 ksi)	350 MPa (51 ksi)
Streckgrenze, Rp0.2	220 MPa (32 ksi)	225 MPa (33 ksi)
Reißdehnung, A	12 %	9 %

- [5] Die angegebenen Werte sind Mittelwerte und wurden an Proben mit vertikaler und horizontaler Orientierung bestimmt.
- [6] Mechanische Festigkeit geprüft gemäß EN ISO 6892-1:2009 B10, Proportionalstäbe, Probendurchmesser 5 mm, Anfangsmesslänge 25 mm.
- [7] Wärmebehandlung: Spannungsarmglühen für 90 Minuten bei 270 °C (518 °F). Ofentyp und Konfiguration können einen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften haben. Eine zu lange Dauer und / oder erhöhte Temperatur des Wärmebehandlungsprozesses, können einen unerwünschten Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Bauteile haben. Die hier angegebenen Werte beziehen sich auf die Prozedur mit vorgeheiztem Ofen und den Start der eigentlichen Glühdauer, wenn die Bauteiltemperatur 6 °C unter der eigentlichen Zieltemperatur von 270 °C liegt.

Materialdatenblatt – FlexLine

Abkürzungen

Min. Minimum

Max. Maximum

Gew. Gewicht

Die Daten gelten für die auf Seite 1 spezifizierte Kombinationen aus EOS DMLS System, PSW Version / EOSYSTEM Softwareversion sowie Material und Parametersatz unter Berücksichtigung des Parameterblattes und der Betriebsanleitung. Alle angegebenen Meßwerte sind Mittelwerte und entsprechen keiner Spezifizierung. Die Bestimmung der Bauteileigenschaften erfolgt unter Verwendung spezifizierter Messverfahren gemäß definierter Testgeometrien und Prozeduren. Weitere Details zu den von EOS verwendeten Testprozeduren sind auf Anfrage erhältlich. Abweichung von den Standardbedingungen kann einen Einfluß auf die Meßwerte haben.

Die Angaben entsprechen unserem Kenntnis- und Erfahrungsstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Im Rahmen der kontinuierlich von EOS betriebenen Entwicklungs- und Verbesserungsprozesse können sich die Angaben ohne Vorankündigung ändern. EOS übernimmt keine Garantie für die Eigenschaften oder die Eignung für spezielle Anwendungen, sofern dies nicht explizit vereinbart wurde. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von möglichen Schutzrechten sowie bestehender Gesetze und Bestimmungen.

EOS[®], EOSINT[®], DMLS[®], DirectTool[®] und DirectPart[®] sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH.

©2017 EOS GmbH – Electro Optical Systems. Alle Rechte vorbehalten.

Materialdatenblatt

EOS MaragingSteel MS1

EOS MaragingSteel MS1 ist ein Stahlpulver, welches speziell für die Verarbeitung in EOS M-Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument bietet Informationen und Daten für Bauteile, die mit dem Pulverwerkstoff EOS MaragingSteel MS1 (EOS Art.-Nr. 9011-0016) auf folgenden Systemen gebaut werden:

- EOSINT M 280 400W
mit PSW 3.6 und EOS Original Parametersatz MS1_Surface 1.0, MS1_Performance 2.0 oder MS1_Speed 1.0
- EOS M290 400W
with EOSPRINT 1.0 und Parameter Set MS1_Performance 1.0 oder MS1_Speed 1.0

Beschreibung

Aus EOS MaragingSteel MS1 hergestellte Bauteile entsprechen der chemischen Zusammensetzung der US-Klassifizierung 18% Ni Maraging 300, Europa-Klassifizierung 1.2709 und dem deutschen X3NiCoMoTi 18-9-5. Diese Art von Stahl zeichnet sich durch sehr gute mechanische Eigenschaften aus, sowie eine einfache thermische Nachbehandlung, die ausgezeichnete Festigkeit und Härte erzeugt.

Die aus EOS MaragingSteel MS1 gebauten Bauteile sind nach dem Bauprozess leicht maschinell bearbeitbar, und können auf einfache Weise (bei 490 °C für 6 Stunden) auf über 50 HRC Härte nachgehärtet werden. Sowohl im gebauten wie auch im nachgehärteten Zustand können die Bauteile maschinell bearbeitet, draht- und senkerodiert, geschweißt, mikro-gestrahlt, poliert und beschichtet werden. Aufgrund des Schichtaufbaus weisen die Bauteile anisotropische Eigenschaften auf. Diese können durch geeignete thermische Nachbehandlung reduziert bzw. eliminiert werden – siehe technische Daten für Beispiele.

Materialdatenblatt

Technische Daten

Allgemeine Prozessdaten

Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1], [8]	
- kleine Bauteile (< 80 x 80 mm)	ca. $\pm 20 \mu\text{m}$
- größere Bauteile	ca. $\pm 50 \mu\text{m}$
Schwund beim Nachhärten [2], [8]	ca. 0,08 %
kleinste Wandstärke [3], [8]	ca. 0,3 – 0,4 mm
Oberflächenrauigkeit (ca.) [4]	
- unbearbeitet	
MS1 Performance (40 μm)	$R_a 5 \mu\text{m}$, $R_z 28 \mu\text{m}$
MS1 Speed (50 μm)	$R_a 9 \mu\text{m}$, $R_z 50 \mu\text{m}$
- nach Mikrostrahlen	$R_a 4 - 6,5 \mu\text{m}$, $R_z 20 - 50 \mu\text{m}$
- nach Polieren	R_z bis zu < 0,5 μm (kann fein poliert werden)
Volumenrate [5]	
- Parametersatz MS1_Performance (40 μm)	4,2 mm^3/s 15,1 cm^3/h
- Parametersatz MS1_Speed (50 μm)	5,5 mm^3/s 19,8 cm^3/h

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien, wie gebaut. Bauteilgenauigkeit setzt geeignete Datenaufbereitung und Bauteilnachbearbeitung voraus, gemäß EOS-Schulung.
- [2] Härtetemperatur 490 °C, 6 Stunden, Luftkühlung
- [3] Mechanische Stabilität abhängig von der Geometrie (Wandhöhe usw.) und Anwendung
- [4] 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.
- [5] Die Volumenrate ist ein Maß für die Baugeschwindigkeit während der Laserbelichtung. Die gesamte Baugeschwindigkeit ist abhängig von der durchschnittlichen Volumenrate, der Beschichtungsdauer (je nach Anzahl der Schichten) und anderen Faktoren wie z.B. DMLS- Einstellungen.

Materialdatenblatt

Physikalische und chemische Eigenschaften der Bauteile

Materialzusammensetzung	Fe (Rest) Ni (17 - 19 Gew.-%) Co (8,5 - 9,5 Gew.-%) Mo (4,5 - 5,2 Gew.-%) Ti (0,6 - 0,8 Gew.-%) Al (0,05 - 0,15 Gew.-%) Cr ($\leq 0,5$ Gew.-%) C ($\leq 0,03$ Gew.-%) Mn, Si (je $\leq 0,1$ Gew.-%) P, S (je $\leq 0,01$ Gew.-%)
Relative Dichte	ca. 100 %
Dichte	8,0 - 8,1 g/cm ³

Materialdatenblatt

Mechanische Eigenschaften der Bauteile bei 20°C [8]

	Wie gebaut
Zugfestigkeit [6]	
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 1200 ± 100 MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 1100 ± 150 MPa
Streckgrenze (Rp 0,2 %) [6]	
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 1050 ± 100 MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 1000 ± 150 MPa
Bruchdehnung [6]	
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. (12 ± 4) %
- in vertikaler Richtung (Z)	
E-Modul [6]	
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 150 ± 25 GPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 150 ± 25 GPa
Härte [7]	typ. 33 – 37 HRC

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

[7] Rockwell C (HRC) Härtemessung gemäß EN ISO 6508-1 auf polierter Oberfläche. Zu beachten ist, dass die gemessene Härte sehr stark von der Art der Probenvorbereitung abhängen kann.

[8] Hinweis: diese Eigenschaften wurden auf einer EOSINT M 280-400W ermittelt. Prüfkörper vom Maschinentyp EOS M 290-400W erreichen vergleichbare Werte.

Materialdatenblatt

Thermische Eigenschaften der Bauteile

	Wie gebaut	Nach Wärmebehandlung [2]
Wärmeleitfähigkeit	typ. $15 \pm 0,8 \text{ W/m}^\circ\text{C}$	typ. $20 \pm 1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
spezifische Wärmekapazität	typ. $450 \pm 20 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$	typ. $450 \pm 20 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
maximale Betriebstemperatur		ca. 400°C

Materialdatenblatt

Abkürzungen

typ.	typisch
min.	mindestens
ca.	ungefähr
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. Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich die Daten auf den Defaultjob MS1_040_default.job oder den entsprechenden Parametersatz MS1_Performance 2.0. Die entsprechenden Daten auf den Defaultjob MS1_020_default.job oder den Parametersatz MS1_Surface 1.0 sind, wenn nicht ausdrücklich beschrieben, etwa vergleichbar.

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[®], EOSINT[®] und DMLS[®], sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH.

© 2014 EOS GmbH – Electro Optical Systems. Alle Rechte vorbehalten.