

Nickelbasislegierungen



Turbinenschaufel mit oberflächenkonformen internen Kühlkanälen zur Leistungssteigerung von Turbinen

Materialeigenschaften

- Korrosionsbeständigkeit
- Hohe mechanische Festigkeit
bis 1.200 °C möglich
- Gute Schweißbarkeit
- Härtbar

Anwendungsbereiche

- Luft- und Raumfahrt
- Hochtemperaturbereich
- Werkzeugbau

Allgemeines

Bei Werkstoffen wie Inconel oder Hastelloy X handelt es sich um hochwarmfeste und korrosionsbeständige Nickelbasislegierungen. Sie enthalten zumeist Anteile von Chrom, Eisen, Niob und Molybdän und anderen Legierungsbestandteilen und werden häufig als Superlegierungen bezeichnet. Die Einsatztemperaturen der Nickelbasislegierungen liegen höher als die von Stählen und zudem lassen sich diese überwiegend gut schweißen. Ihre Temperaturfestigkeit wird durch eine Mischung aus Dispersionshärtung, Ausscheidungshärtung und Mischkristallverfestigung erreicht.

Nickelbasislegierungen weisen gute mechanische Kennwerte, wie eine hohe Zugfestigkeit und eine gute Dauerfestigkeit auf. Inconel lässt sich bis zu Temperaturen von ca. 700 °C einsetzen. Hastelloy X kann sogar bis zu Temperaturen von 1200 °C eingesetzt werden. Somit eignen sich diese Legierungen optimal für die Luft- und Raumfahrttechnik oder für den Turbinenbau.

Ein weiterer Anwendungsbereich von Nickelbasislegierungen ist der Werkzeugbau. Zudem ermöglichen sie eine nachträgliche Wärmebehandlung und eine maschinelle Nachbearbeitung.

Materialaufbau

Bauteile aus Nickelbasislegierungen 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	Inconel 718 ^{2,3}	Inconel 625 ^{1,3}	Inconel 939 ^{1,3}	Inconel 939 ^{1,4}	Hastelloy X ^{1,3}
Zugfestigkeit	R_m [MPa]	994 ± 40	961 ± 41	1009 ± 35	1348 ± 57	772 ± 24
Dehngrenze	$R_{p0,2}$ [MPa]	702 ± 65	707 ± 41	735* ± 41	957* ± 18	595 ± 28
Bruchdehnung	A [%]	24 ± 1	33 ± 2	30 ± 4	11 ± 2	20 ± 6
Brucheinschnürung	Z [%]	40 ± 7	51 ± 5	45 ± 7	12 ± 2	21 ± 7
E-Modul	E [GPa]	166 ± 12	182 ± 9	177 ± 8	195 ± 6	162 ± 11
Härte nach Vickers	[HV10]	293 ± 3	285 ± 3	302 ± 3	-	248 ± 4
Rauheit	R_a [µm]	7 ± 2	8 ± 1	6 ± 1	-	8 ± 3
Rauheit	R_z [µm]	36 ± 8	57 ± 11	42 ± 6	-	40 ± 14

1 Schichtdicke 30 µm

2 Schichtdicke 50 µm

3 Wie gebaut

4 Wärmebehandelt und gehippt

* Streckgrenze R_e

EOS NickelAlloy IN625

EOS NickelAlloy IN625 ist ein hitze- und korrosionsbeständiges Nickel-Legierungspulver, welches speziell für die Verarbeitung in EOSINT M Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument enthält Informationen und Daten für Bauteile, die mit dem Pulverwerkstoff EOS NickelAlloy IN625 (EOS Art.-Nr. 9011-0022) auf folgenden Systemen gebaut werden:

- EOSINT M 270 Dual Mode
mit PSW 3.5 und EOS Original Parametersatz IN625_Surface 1.0

Beschreibung

Aus EOS NickelAlloy IN625 gebaute Teile entsprechen der chemischen Zusammensetzung von UNS N06625, AMS 5666F, AMS 5599G, W.Nr 2.4856 und DIN NiCr22Mo9Nb. Diese Art von Legierung zeichnet sich durch hohe Zug-, Kriech- und Bruchfestigkeit aus. Konventionelle Guss- und Schmiedeteile aus dieser Nickel-Legierung haben typischerweise eine ausgezeichnete (Temperatur-) Dauerschwingfestigkeit, kombiniert mit einer guten Oxidationsbeständigkeit.

EOS NickelAlloy IN625 besitzt eine gute Korrosionsbeständigkeit in verschiedenen korrosiven Umgebungen. Besonders marine Anwendungen erfordern eine hohe Lochfraß-, Spalt- und Spannungsrissskorrosionsbeständigkeit gegen Chlorionen sowie hohe Zug- und Dauerschwingfestigkeiten in korrosiven Medien. Zur Überprüfung der Korrosionsbeständigkeit wird empfohlen, relevante Prüfungen durchzuführen bevor dieses Material in bestimmten korrosiven Medien eingesetzt wird..

Aus EOS NickelAlloy IN625 gebaute Teile können wärmebehandelt und die Materialeigenschaften in bestimmten Bereichen verändert werden. Die Bauteile können sowohl im wie gebauten Zustand als auch nach der Wärmebehandlung maschinell bearbeitet, draht- und senkerodiert, geschweißt, mikro-gestrahlt, poliert und beschichtet werden. Aufgrund des Schichtaufbaus weisen die Bauteile anisotropische Eigenschaften auf – siehe technische Daten für Beispiele.

Materialdatenblatt

Technische Daten

Allgemeine Prozessdaten

Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1]	
- kleine Bauteile	ca. $\pm 40 - 60 \mu\text{m}$
- größere Bauteile	ca. $\pm 0,2 \%$
kleinste Wandstärke [2]	typ. $0,3 - 0,4 \text{ mm}$
Oberflächenrauigkeit [3]	
- nach Mikrostrahlen	$R_a 4 - 6,5 \mu\text{m}, R_z 20 - 50 \mu\text{m}$
- nach Polieren	R_z bis zu $< 0,5 \mu\text{m}$ (kann sehr fein poliert werden)
Volumenrate [4]	$2 \text{ mm}^3/\text{s}$ $7,2 \text{ cm}^3/\text{h}$

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien, z. B. $\pm 40 \mu\text{m}$, wenn für bestimmte Teilegruppen Parameter optimiert werden können oder $\pm 60 \mu\text{m}$, wenn eine neue Geometrie zum ersten Mal gebaut wird. 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. 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	Ni (Rest, $\geq 58,00$ Gew.-%) Cr (20,00 - 23,00 Gew.-%) Mo (8,00 - 10,00 Gew.-%) Nb (3,15 - 4,15 Gew.-%) Fe ($\leq 5,00$ Gew.-%) Ti ($\leq 0,40$ Gew.-%) Al ($\leq 0,40$ Gew.-%) Co ($\leq 1,0$ Gew.-%) C ($\leq 0,10$ Gew.-%) Ta ($\leq 0,05$ Gew.-%) Si, Mn (je $\leq 0,50$ Gew.-%) P, S (je $\leq 0,015$ Gew.-%)
Relative Dichte	ca. 100 %
Dichte	min. 8,4 g/cm ³

Materialdatenblatt

Mechanische Eigenschaften der Bauteile bei 20 °C

	Wie gebaut	Spannungsarmgeglüht [6]
Zugfestigkeit [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 990 ± 50 MPa	min. 827 MPa typ. 1040 ± 100 MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 900 ± 50 MPa	min. 827 MPa typ. 930 ± 100 MPa
Streckgrenze, Rp0.2% [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 725 ± 50 MPa	min. 414 MPa typ. 720 ± 100 MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 615 ± 50 MPa	min. 414 MPa typ. 650 ± 100 MPa
E-Modul [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 170 ± 20 GPa	typ. 170 ± 20 GPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 140 ± 20 GPa	typ. 160 ± 20 GPa
Bruchdehnung [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. (35 ± 5) %	min. 30 % typ. (35 ± 5) %
- in vertikaler Richtung (Z)	(42 ± 5) %	min. 30 % typ. (44 ± 5) %
Härte [7]		
		ca. 30 HRC (287 HB)

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

[6] Spannungsarmglühen: ausglühen bei 870 °C für 1 Stunde, schnelles Abkühlen

[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.

Materialdatenblatt

Thermische Eigenschaften der Bauteilen

Maximale Betriebstemperatur für Teile unter Last	ca. 650 °C
Oxidationsresistent bis zu [8]	980 °C

[8] Basierend auf Literatur zu konventionellen Ni-Legierungen mit identischer Zusammensetzung.

Abkürzungen

typ.	typisch
min.	mindestens
ca.	circa, 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.

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.

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

EOS NickelAlloy IN718

EOS NickelAlloy IN718 ist ein hitze- und korrosionsbeständiges Nickel-Legierungspulver, welches speziell für die Verarbeitung in EOSINT M Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument enthält Informationen und Daten für Bauteile, die mit dem Pulverwerkstoff EOS NickelAlloy IN718 (EOS Art.-Nr.. 9011-0020) auf folgenden Systemen gebaut werden:

- EOSINT M 270 Installationsmodus *Xtended*
mit PSW 3.4 und Defaultjob IN718_020_default.job
- EOSINT M 270 Dual Mode
mit PSW 3.5 und EOS Original Parametersatz IN718_Surface 1.0
- EOSINT M 280
mit PSW 3.5 und EOS Original Parametersatz IN718_Surface 1.0

Beschreibung

Aus EOS NickelAlloy IN718 gebaute Teile entsprechen der chemischen Zusammensetzung von UNS N07718, AMS 5662, AMS 5664, W.Nr 2.4668 und DIN NiCr19Fe19NbMo3. Diese ausscheidungshärtbare Nickel-Chrom-Legierung zeichnet sich durch sehr gute Zug-, Dauer-, Kriech- und Bruchfestigkeit bei Temperaturen bis zu 700 °C aus.

Dieses Material ist ideal für viele Hochtemperaturanwendungen, wie Teile von Gasturbinen, Mess-, Energie- und Prozesstechnik usw. Das Material hat außerdem hohes Potenzial für kältetechnische Anwendungen.

Aus EOS NickelAlloy IN718 gebaute Teile können auf einfache Weise durch Ausscheidungshärtung nachgehärtet werden. In beiden Fällen, wie gebaut oder im gehärteten Zustand, können die Teile nach bedarf maschinell bearbeitet, draht- und senkerodiert, geschweißt, mikrogestrahlt, poliert und beschichtet werden. Aufgrund des Schichtaufbaus weisen die Bauteile anisotropische Eigenschaften auf – siehe technische Daten für Beispiele.

Materialdatenblatt

Technische Daten

Allgemeine Prozessdaten

Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1]	
- kleine Bauteile	approx. $\pm 40 - 60 \mu\text{m}$
- größere Bauteile	approx. $\pm 0,2 \%$
Kleinste Wandstärke [2]	typ. $0,3 - 0,4 \text{ mm}$
Oberflächenrauigkeit [3]	
- nach Mikrostrahlen	$R_a 4 - 6,5 \mu\text{m}, R_z 20 - 50 \mu\text{m}$
- nach Polieren	$R_z \text{ bis } < 0,5 \mu\text{m}$ (kann sehr fein poliert werden)
Volumenrate [4]	$2 \text{ mm}^3/\text{s} (7,2 \text{ cm}^3/\text{h})$

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien, z. B. $\pm 40 \mu\text{m}$, wenn für bestimmte Teilegruppen Parameter optimiert werden können oder $\pm 60 \mu\text{m}$, wenn eine neue Geometrie zum ersten Mal gebaut wird. 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. 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	Ni (50 - 55 Gew.-%) Cr (17,0 - 21,0 Gew.-%) Nb (4,75 - 5,5 Gew.-%) Mo (2,8 - 3,3 Gew.-%) Ti (0,65 - 1,15 Gew.-%) Al (0,20 - 0,80 Gew.-%) Co (\leq 1,0 Gew.-%) Cu (\leq 0,3 Gew.-%) C (\leq 0,08 Gew.-%) Si, Mn (je \leq 0,35 Gew.-%) P, S (je \leq 0,015 Gew.-%) B (\leq 0,006 Gew.-%) Fe (Rest)
Relative Dichte	approx. 100 %
Dichte	min. 8,15 g/cm ³

Materialdatenblatt

Mechanische Eigenschaften der Bauteile bei 20 °C

	Wie gebaut	Wärmebehandelt nach AMS 5662 [5]	Wärmebehandelt nach AMS 5664 [6]
Zugfestigkeit [7]			
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 1060 ± 50 MPa		
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 980 ± 50 MPa	min. 1241 MPa typ. 1400 ± 100 MPa	min. 1241 MPa typ. 1380 ± 100 MPa
Streckgrenze (Rp 0.2 %) [7]			
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 780 ± 50 MPa		
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 634 ± 50 MPa	min. 1034 MPa typ. 1150 ± 100 MPa	min. 1034 MPa typ. 1240 ± 100 MPa
Bruchdehnung [7]			
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. (27 ± 5) %		
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. (31 ± 5) %	min. 12% typ. (15 ± 3) %	min. 12% typ. (18 ± 5) %
E-Modul [7]			
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 160 ± 20 GPa		
- in vertikaler Richtung (Z)		170 ± 20 GPa	170 ± 20 GPa
Härte [8]			
	ca. 30 HRC ca. 287 HB	ca. 47 HRC ca. 446 HB	ca. 43 HRC ca. 400 HB

[5] Wärmebehandlungsprozedur nach AMS 5662:

1. *Lösungsglühen* bei 980 °C für 1 Stunde, Luft (/Argon)-Kühlung.
2. *Ausscheidungshärten*; halten auf 720 °C für 8 Stunden, Ofenabkühlung auf 620 °C über 2 Stunden, halten auf 620 °C 8 Stunden, Luft (/Argon)-Kühlung.

[6] Wärmebehandlungsprozedur nach AMS 5664:

1. *Lösungsglühen* bei 1065 °C für 1 Stunde, Luft (/Argon)-Kühlung.
2. *Ausscheidungshärten*; halten auf 760 °C für 10 Stunden, Ofenabkühlung auf 650 °C über 2 Stunden, halten auf 650 °C für 8 Stunden, Luft (/Argon)-Kühlung

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

[8] 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.

Materialdatenblatt

Mechanische Eigenschaften der Bauteile bei hohen Temperaturen (649 °C)

	Wärmebehandelt nach AMS 5662 [5]	Wärmebehandelt nach AMS 5664 [6]
Zugfestigkeit (Rm) [9]		
- in vertikaler Richtung (Z)	min. 965 MPa typ. 1170 ± 50 MPa	typ. 1210 ± 50 MPa
Streckgrenze (Rp 0.2 %) [9]		
- in vertikaler Richtung (Z)	min. 862 MPa typ. 970 ± 50 MPa	typ. 1010 ± 50 MPa
Bruchdehnung [9]		
- in vertikaler Richtung (Z)	min. 6 % typ. (16 ± 3) %	typ. (20 ± 3) %
Zeitstandfestigkeit [10]		
- in vertikaler Richtung (Z)	Ru, 23h, 649°C = 689 MPa 51 ± 5 Stunden (Maximalspannung 792,5 MPa)	81 ± 10 Stunden (Maximalspannung 861,5 MPa)

[9] Hochtemperatur Zugfestigkeitsprüfung bei 649 °C gemäß der Norm EN 10002-5 (92)

[10] Geprüft bei 649 °C gemäß der Norm ASTM E139 (2006) für glatte Prüflinge. Testmethode wie in AMS 5662 (3.5.1.2.3.3) beschrieben: "Die Belastung zur Erzeugung einer axialen Startspannung von 689 MPa (100 ksi) soll bis zum Bruch der Probe oder aber für 23 Std. beibehalten werden. Nach Ablauf der 23 Stunden wird in Zeitintervallen von mindestens 8 Stunden die Spannung um 34,5 MPa (5 ksi) erhöht."

Materialdatenblatt

Thermische Eigenschaften von lasergesinterten Bauteilen

Wärmebehandelt nach AMS 5662 [4]	
Wärmeausdehnungskoeffizient	
- über 25 - 200 °C	ca. 12,5 – 13,0 x 10 ⁻⁶ m/m°C
- über 25 - 750 °C	ca. 16,6 – 17,2 x 10 ⁻⁶ m/m°C
Maximale Betriebstemperatur für Teile unter Last	ca. 650 °C
Oxidationsresistent bis zu [11]	ca. 980 °C

[11] Basierend auf Literatur zu konventionellen Ni-Legierungen mit identischer Zusammensetzung.

Abkürzungen

typ.	typisch
min.	mindestens
ca.	ungefähr, etwa
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[®], EOSINT[®] und DMLS[®], sind eingetragene Warenzeichen der EOS GmbH.

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

EOS NickelAlloy HX

EOS NickelAlloy HX ist ein hitze- und korrosionsbeständiges Nickel-Legierungspulver, welches speziell für die Verarbeitung in EOSINT M 280 Systemen optimiert wurde.

Dieses Dokument enthält Informationen und Daten für Bauteile, die mit dem Pulverwerkstoff EOS NickelAlloy HX (EOS Art.-Nr. 9011-0023) auf folgendem System gebaut werden:

- EOSINT M 280
mit PSW 3.6 und EOS Parametersatz HX_Surface 1.0

Beschreibung, Anwendung

Bei EOS NickelAlloy HX handelt es sich um eine Nickel-Chrom-Eisen-Molybdän Legierung in feiner Pulverform. Die Zusammensetzung entspricht UNS N06002. Während Guss- und Knet-Legierungsvarianten generell lösungsgeglüht sind, zeigen die lasergesinterten Materialien wie gebaut bereits hohe Festigkeiten und gute Dehnungswerte. Das Lösungsglühen von lasergesinterten Materialien homogenisiert die Mikrostruktur, löst interne Materialverspannungen und verbessert die Dehnung bei geringfügiger Minderung der Festigkeit.

Diesen Legierungstyp zeichnet eine hohe Festigkeit und Oxidationsbeständigkeit auch bei hohen Temperaturen aus und wird deshalb oft für einen Bereich bis 1200 °C eingesetzt. Aus diesen Gründen wird das Material in der Raumfahrttechnik, für Gasturbinen, etc. verwendet.

Die Standard Laserprozess-Einstellungen ergeben ein vollständiges Aufschmelzen über die kompletten Geometrie, bei einer typischen Schichtdicke von 20 µm. Aus EOS NickelAlloy HX gebaute Teile können nachträglich wärmebehandelt werden und so Materialeigenschaften in einem bestimmten Bereich variiert werden. In beiden Fällen, wie gebaut oder im gehärteten Zustand, können die Teile nach Bedarf maschinell bearbeitet, erodiert, geschweißt, mikro-gestrahlt, poliert und beschichtet werden. Unbelichtetes Material kann wiederverwendet werden.

Materialdatenblatt

Technische Daten

Allgemeine Prozessdaten

Typisch erreichbare Bauteilgenauigkeit [1]	
- kleine Bauteile	ca. $\pm 40 - 60 \mu\text{m}$
- größere Bauteile	ca. $\pm 0,2 \%$
Kleinste Wandstärke [2]	
	typ. $0,3 - 0,4 \text{ mm}$
Oberflächenrauigkeit [3]	
- nach Mikrostrahlen	$R_a 3 - 8 \mu\text{m}; R_z 13 - 40 \mu\text{m}$
- nach Polieren	$R_z \text{ up to } < 0,5 \mu\text{m}$ (kann sehr fein poliert werden)
Volumenrate [4]	
	$2 \text{ mm}^3/\text{s} (7,2 \text{ cm}^3/\text{h})$

- [1] Erfahrungswert von Anwendern bezüglich Maßgenauigkeit typischer Geometrien, z. B. $\pm 40 \mu\text{m}$, wenn für bestimmte Teilegruppen Parameter optimiert werden können oder $\pm 60 \mu\text{m}$, wenn eine neue Geometrie zum ersten Mal gebaut wird. 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. 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	Ni (Rest) Cr (20,5 - 23,0 Gew.-%) Fe (17,0 - 20,0 Gew.-%) Mo (8,0 - 10,0 Gew.-%) W (0,2 - 1,0 Gew.-%) Co (0,5 - 2,5 Gew.-%) C (\leq 0,1 Gew.-%) Si (\leq 1,0 Gew.-%) Mn (\leq 1,0 Gew.-%) S (\leq 0,03 Gew.-%) P (\leq 0,04 Gew.-%) B (\leq 0,01 Gew.-%) Se (\leq 0,005 Gew.-%) Cu (\leq 0,5 Gew.-%) Al (\leq 0,5 Gew.-%) Ti (\leq 0,15 Gew.-%)
Relative Dichte mit Standardparametern	ca. 100 %
Dichte mit Standardparametern	min. 8,2 g/cm ³

Materialdatenblatt

Mechanische Eigenschaften der Bauteile (bei Raumtemperatur)

	Wie gebaut	Wärmebehandelt [7]
Zugfestigkeit [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	850 ± 40 MPa	typ. 730 ± 40 MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	720 ± 40 MPa	typ. 690 ± 40 MPa
Streckgrenze, Rp0.2% [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	675 ± 50 MPa	typ. 330 ± 50 MPa
- in vertikaler Richtung (Z)	570 ± 50 MPa	typ. 330 ± 50 MPa
E-Modul [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	typ. 195 ± 20 GPa	typ. 200 ± 20 GPa
- in vertikaler Richtung (Z)	typ. 175 ± 20 GPa	typ. 190 ± 20 GPa
Bruchdehnung [5]		
- in horizontaler Richtung (XY)	29 ± 8 %	typ. 45 ± 6 %
- in vertikaler Richtung (Z)	39 ± 8 %	typ. 52 ± 6 %
Härte [6]		(175 HBW)

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

[6] Brinell Härtemessung gemäß EN ISO 6506-1 auf polierter Oberfläche. HBW 2.5/187.5

[7] Wärmebehandlung: Lösungsglühen bei 1177 °C, 1 h. Wärmebehandlung nach SAE AMS 2773 "Heat Treatment Cast Nickel Alloy and Cobalt Alloy Parts"

Abkürzungen

typ. typisch
 min. mindestens
 ca. ungefähr, etwa

Materialdatenblatt

Anmerkungen

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

© 2013 EOS GmbH – Electro Optical Systems. Alle Rechte vorbehalten.