

*Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Wrocławska 37a, Kraków
<http://www.iztw.krakow.pl/zntp> tel. 12 6317419, email: dwyszyns@ios.krakow.pl*

Wykonywanie elementów metalowych metodą DMLS

Dominik Wyszyński, Maria Chuchro

*Zakład Niekonwencjonalnych Technologii Produkcyjnych
Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania w Krakowie*



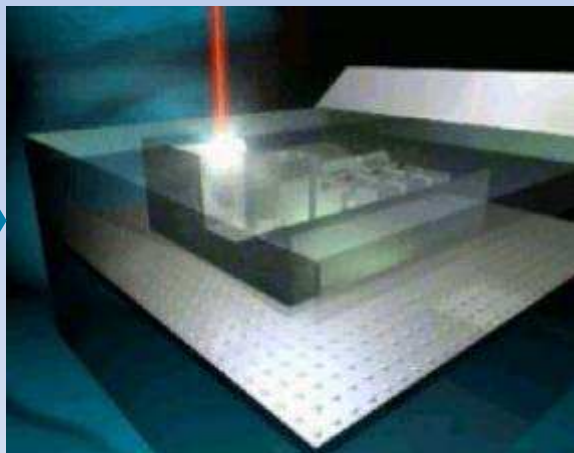
VIII Forum ProCAX, Sosnowiec 2009

Definicja Spiekania Laserowego

Selektywne spiekanie laserowe (SLS) to rodzina metod polegających na wytwarzaniu litych wyrobów poprzez zestalanie materiałów proszkowych warstwa po warstwie poprzez ekspozycję powierzchni proszku na działanie wiązki laserowej



Proszek

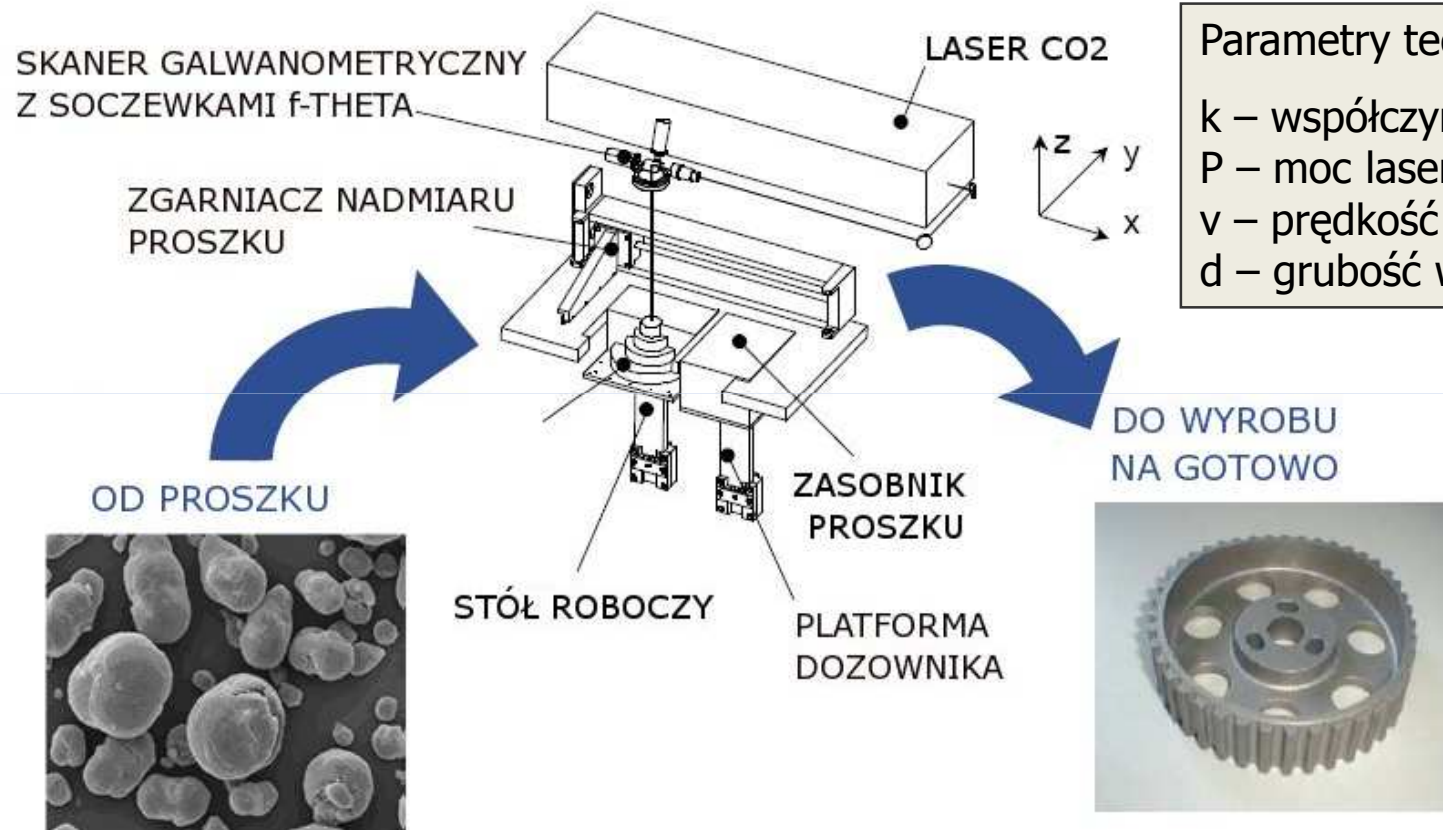


Spiekanie laserowe



Wyrób

Omówienie metody, parametry technologiczne



Parametry technologiczne:

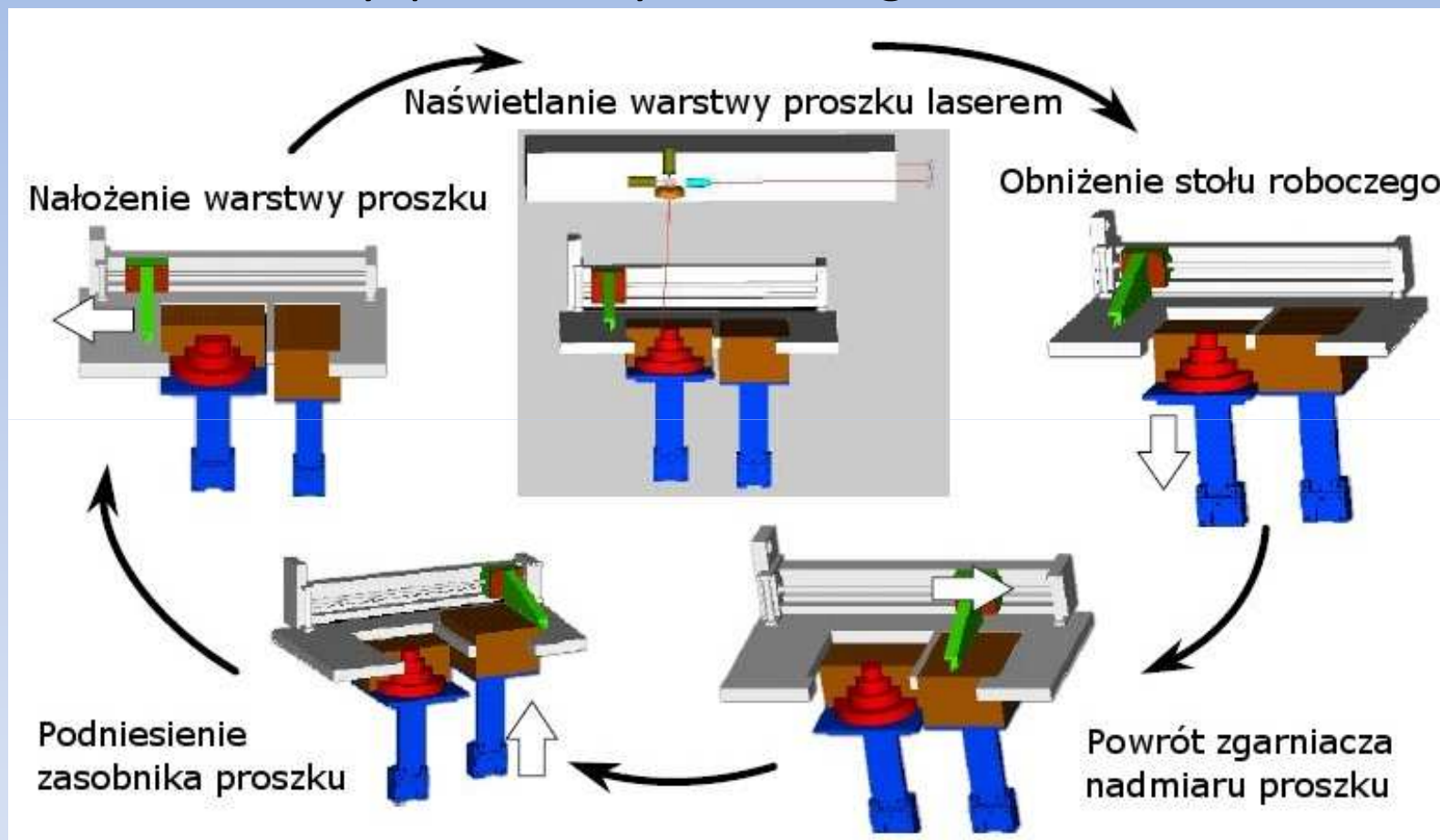
k – współczynnik absorpcji,

P – moc lasera

v – prędkość skanowania

d – grubość warstwy proszku

Omówienie metody, parametry technologiczne





Urządzenia EOSINT serii M



EOSINT M 270

- nowoczesny system do spiekania wszystkich dostępnych w ofercie EOS proszków metali
- laser światłowodowy YB, 200 Wat,
- max. wymiary wyrobu 250 x 250 x 215 mm



EOSINT M 250

- wszechstronny system do spiekania proszków DirectMetal i DirectSteel;
- laser CO₂, 270 Wat,
- max. wymiary wyrobu 250 x 250 x 200 mm





Prezentacja EOSINT M 250Xt



Urządzenie EOSINT M 250Xt
Zainstalowane w laboratorium IZTW

EOSINT M 250 Xtended

System zapewnia w sposób kompleksowy proces powstawania elementu, poprzez:

- przygotowanie pliku STL na podstawie wprowadzonego modelu 3D stworzonego w środowisku CAD,
- automatyczny podział modelu na warstwy o określonej grubości,
- sprawdzenie i korektę błędów,
- dobór parametrów procesu *a priori* w trybie „offline”.
- wykonanie elementu metodą DMLS.

Prezentacja EOSINT M 250Xt



Urządzenie EOSINT M 250Xt
Zainstalowane w laboratorium IZTW

Charakterystyka urządzenia

- Laser CO₂: 270 W;
- Prędkość skanowania: do 3.0 m/s;
- Grubość nakładanych warstw proszkowych: 20 – 60 µm;
- Dokładność otrzymywanych elementów: +/- 0,05 mm;
- Max wymiary budowanego elementu: 250 x 250 x 200 mm;
- System podawania gazu osłonowego: zintegrowany generator azotu w urządzeniu;

Na wyposażeniu znajduje się również urządzenie do obróbki wykańczającej przez śrutowanie



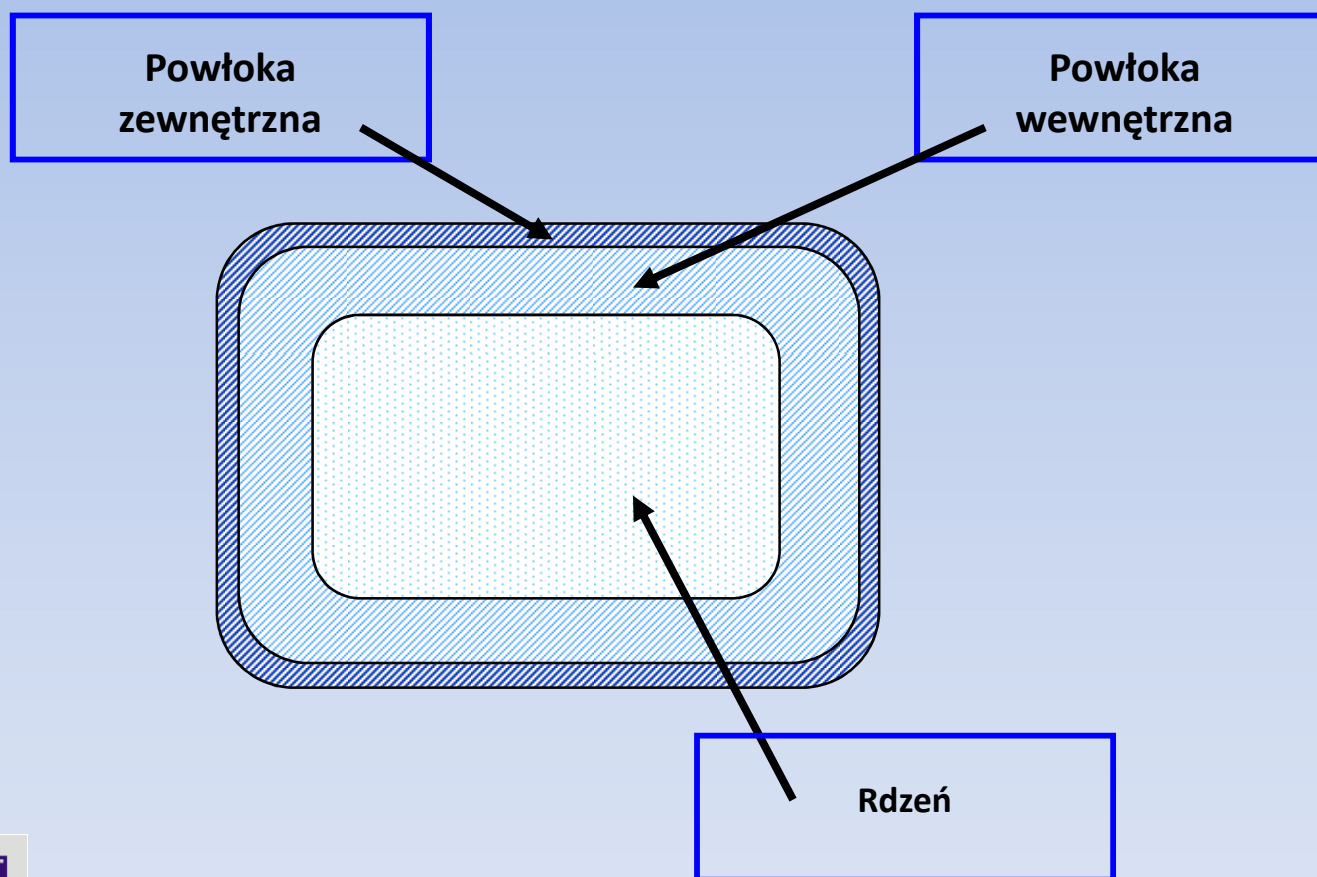
Prezentacja EOSINT M 270



EOSINT M 270

- laser światłowodowy Yb o mocy 200 W
- szeroka gama materiałów do specjalistycznych zastosowań
- przestrzeń robocza 250 mm x 250 mm x 215 mm*
- precyzyjny i szybki skaner wiązki laserowej
- precyzyjny układ skupiający F-Theta
- podwójny system ogniskowania wiązki lasera w celu optymalizacji dokładności, rozdzielczości i wydajności urządzenia
- zoptymalizowane strategie ekspozycji proszku na działanie wiązki lasera

Optymalna strategia budowania elementu – powłoka i rdzeń





Tryby pracy urządzenia:

•DirectPart®

- prototypy
- wyroby jednorazowe, specjalistyczne
- krótkie serie produkcyjne
- części testowe, aparatura naukowa



•DirectTool®

- formy wtryskowe,
- inne narzędzia odlewnicze
- matryce do obróbki plastycznej
- stałe części narzędzi.





Dostępne obecnie na rynku
proszki dla systemu EOSINT M270

Nazwa proszku	Typ materiału	Typowe zastosowanie
EOS MaragingSteel MS1	18 Mar 300 / 1.2709	Wkładki form wtryskowych, inżynieria
EOS StainlessSteel GP1	Stal nierdzewna 17-4 / 1.4542	Funkcjonalne prototypy i serie produkcyjne, inżynieria i medycyna
EOS StainlessSteel PH1	Stal do utwardzania 15-5 / 1.4540	Funkcjonalne prototypy i serie produkcyjne, inżynieria i medycyna
EOS NickelAlloy IN718	Inconel™ 718, UNS N07718, AMS 5662, W.Nr 2.4668 etc.	Funkcjonalne prototypy i serie produkcyjne, części turbin do pracy w wysokich temperaturach
EOS CobaltChrome MP1	Superstop CoCrMo	Funkcjonalne prototypy i serie produkcyjne, inżynieria i medycyna, dentystyka
EOS CobaltChrome SP2	Superstop CoCrMo	Dentystyka – produkcja seryjna
EOS Titanium Ti64	Stop lekki Ti6Al4V	Funkcjonalne prototypy i serie produkcyjne, inżynieria, motoryzacja, aeronautyka, sporty motorowe
EOS Aluminium AlSi10Mg	Stop lekki AlSi10Mg	Funkcjonalne prototypy i serie produkcyjne, przemysł motoryzacyjny
DirectMetal 20	Mieszanka na bazie brązu	Wkładki form wtryskowych, funkcjonalne prototypy



EOS stal MaragingSteel (martenzytyczna starzona) MS1

Charakterystyka:

- stal 18 Maraging typ 300 (1.2709, X3NiCoMoTi18-9-5)
- całkowite przetopienie materiału dla uzyskania pełnej gęstości, wytrzymałości i możliwości polerowania
- łatwa w obróbce
- utwardzana starzeniowo do ok. 55 HRC
- dobra przewodność cieplna

Typowe zastosowania:

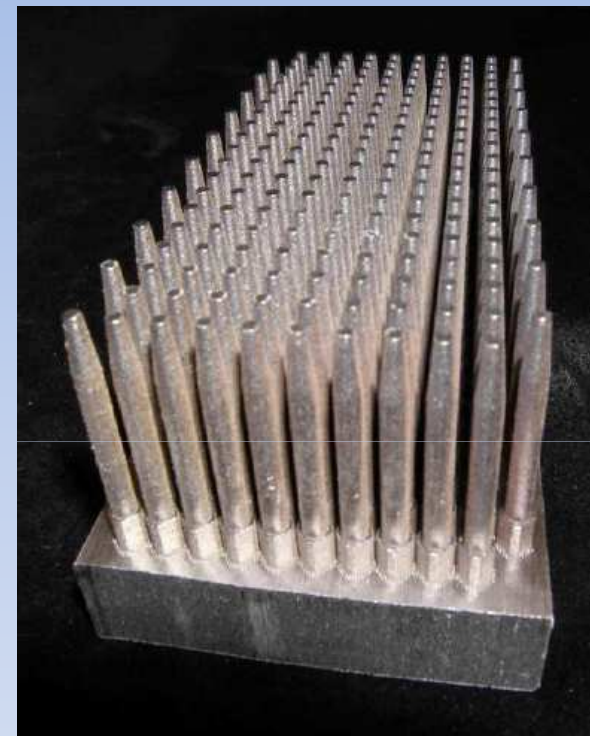
- serie odlewów wtryskowych
- inne aplikacje narzędziowe, np. odlewnictwo
- elementy o wysokiej wydajności, np. przemysł lotniczy



Wkładka do formy wtryskowej z wewnętrznym kanałem chłodzenia

EOS MaragingSteel MS1

Property	As built	After age hardening (6 hours at 490°C)
Ultimate tensile strength	1100 MPa $\pm$ 100 MPa 160 ksi $\pm$ 15 ksi	1950MPa $\pm$ 100 MPa 280 ksi $\pm$ 15 ksi
Yield strength (Rp 0.2 %)	1000 MPa $\pm$ 100 MPa 145 ksi $\pm$ 15 ksi	1900MPa $\pm$ 100 MPa 275 ksi $\pm$ 15 ksi
Elongation at break	8% $\pm$ 3 %	2% $\pm$ 1 %
Youngs Modulus	180 GPa $\pm$ 20 GPa 26.5 msi $\pm$ 3 msi	
Hardness	33-37 HRC	50-54 HRC
Ductility	45 J $\pm$ 10 J	11 J $\pm$ 4 J
Relative Density	approx. 100 %	



200 wkładek z wewnętrznym chłodzeniem do zastosowania w odlewaniu wtryskowym

EOS StainlessSteel GP1 – stal nierdzewna

Charakterystyka:

- materiał odpowiada stopowi 17-4 (1.4542, X5CrNiCuNb16-4)
- doskonała ciągliwość

Typowe zastosowania:

- zastosowania inżynierskie – funkcjonalne prototypy,
- krótkie serie produkcyjne,
- części zapasowe i na zamówienie
- elementy wymagające wysokiej odporności na korozję lub sterylne
- elementy o szczególnie wysokiej wytrzymałości i ciągliwości



Test geometrii (NASA)



EOS StainlessSteel GP1 – stal nierdzewna

Skład chemiczny odpowiada klasyfikacji US 17-4 i europejskiej 1.4542

- bardzo szybkie stapianie i krzepnięcie
- mikrostruktura i właściwości nie są identyczne jak w materiale odlewany czy kutym

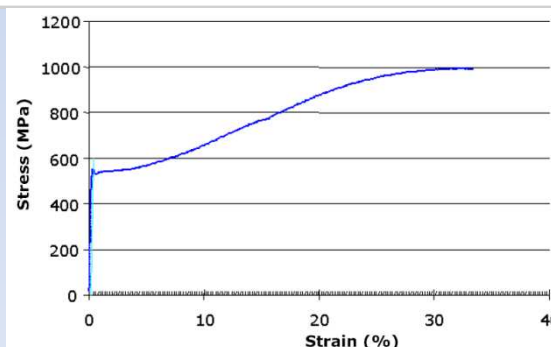
Element	Content (by weight)
Iron	balance
Manganese	max. 1 %
Molybdenum	max. 0.5 %
Nickel	3 - 5 %
Silicon	max. 1 %
Carbon	max. 0,07 %
Chromium	15 - 17.5 %
Copper	3 - 5 %



EOS StainlessSteel GP1 – stal nierdzewna

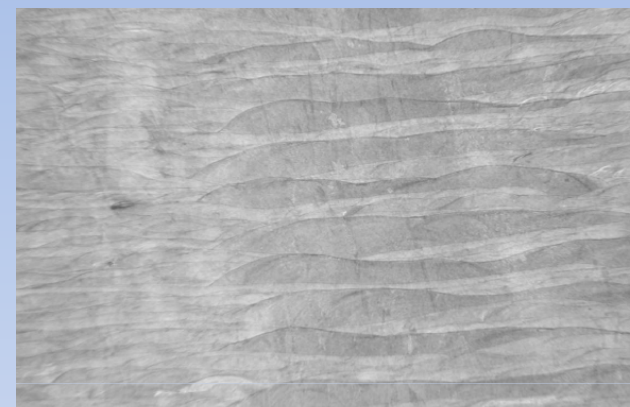
Property	Horizontal orientation	Vertical orientation
Ultimate tensile strength, MPa	1100 MPa 160 ksi	980 MPa 142 ksi
Yield strength (ReL), MPa	590 MPa 86 ksi	550 MPa 80 ksi
Young's Modulus (GPa)	180 GPa 26 msi	n/a
Remaining elongation	25 ± 5 %	
Surface hardness		
- as laser-sintered	230 ± 20 HV1	
- (ground & polished)	(250-400 HV1) *	

Właściwości mechaniczne



EOS StainlessSteel GP1 – stal nierdzewna

Property	Value
Relative density	approx. 100 %
Density	7.8 g/cm ³
Max. operating temperature	550 °C
Melting range	1350-1430 °C
Thermal conductivity	
at 20 °C:	13 W/m°C
at 100 °C:	14 W/m°C
at 200 °C:	15 W/m°C
at 3000 °C:	16 W/m°C
Coefficient of thermal expansion	
20 – 600 °C	14 x10 ⁻⁶ m/m°C



Fotografia struktury stali GP1
 widoczne poszczególne warstwy
 nakładanego materiału (ok.20μm)

EOS StainlessSteel PH1 – stal nierdzewna

Charakterystyka:

- bardzo wysoka wytrzymałość
- spełnia wymagania ASTM E 8
- łatwe utwardzanie do 43 HRC

Zastosowanie:

- zastosowania inżynieryjne-funkcjonalne prototypy
- krótkie serie produkcyjne
- elementy na zamówienie bądź części zamienne
- elementy o szczególnej wytrzymałości i twardości



Instrumenty stosowane w chirurgii kości



EOS StainlessSteel PH1 – stal nierdzewna

Właściwości mechaniczne:

Property	As built	After age hardening (6 hours at 490°C)
Ultimate tensile strength		
- Horizontal (XY), MPa	1150 ± 50	min 1310 (typical 1450 ± 100)
- Vertical (Z), MPa	1050 ± 50	min 1310 (typical 1450 ± 100)
Yield strength (Rp 0.2 %)		
- Horizontal (XY), MPa	1050 ± 50	min 1170 (typical 1300 ± 100)
- Vertical (Z), MPa	1000 ± 50	min 1170 (typical 1300 ± 100)
Elongation at break		
- Horizontal (XY)	16 % ± 4 %	min 10 % (typical 12 % ± 2 %)
- Vertical (Z)	17 % ± 4 %	min 10 % (typical 12 % ± 2 %)
Hardness	30 - 35 HRC	min 40 HRC



EOS StainlessSteel PH1 – stal nierdzewna

Skład chemiczny odpowiada DIN 1.4540
i UNS S15500.

- prosta obróbka cieplna (starzenie w 482 °C przez 1 godzinę + chłodzenie swobodne)
- doskonałe właściwości mechaniczne dzięki umacnianiu wydzieleniowemu
- wyżarzanie w roztworze+ hartowanie nie wymagane przed starzeniem

Element	Content (by weight)
Iron	balance
Chromium	14 – 15.5 %
Nickel	3.5 – 5.5 %
Copper	2.5 – 4.5 %
Manganese	max. 1 %
Silicon	max. 1 %
Molybdenum	max. 0.5 %
Niobium	0.15 - 0.45 %
Carbon	max. 0.07 %

EOS StainlessSteel PH1 – stal nierdzewna

Property	Value
Relative density	approx. 100 %
Density	7.8 g/cm ³
Thermal conductivity	
as manufactured	13.8 ± 0.8 W/m°C
in post-hardened state	15.7 ± 0.8 W/m°C
Specific heat capacity	
as manufactured	460 ± 20 J/kg °C
in post-hardened state	470 ± 20 J/kg °C



Mikrofotografia struktury stali PH1

EOS stop niklu IN718

Charakterystyka:

- Stop na bazie niklu odporny na działanie temperatury
- doskonała odporność na korozję
- wysoka wydajność w temp. Do 700°C, np. odporność na rozciąganie, zmęczenie i pełzanie

Zastosowanie:

- części turbin lotniczych i naziemnych
- komponenty rakiet i przemysł kosmiczny
- przemysł chemiczny
- przemysł przetwórstwa naftowego



Element wykonany na EOSINT M270

EOS stop niklu IN718

Typowe właściwości w temperaturze pokojowej (ISO 6892:1998)

Specyfikacje dane wg standardów (SAE/AMS)

Minimum requirements	AMS 5662	AMS 5664
Tensile Strength, R_m	1241 MPa (180 ksi)	1241 MPa (180 ksi)
Yield Strength, $R_{p0.2}$	1034 MPa (150 ksi)	1034 MPa (150 ksi)
Elongation in 4D	6-12%	10 %
Hardness	331 HB	341 HB

tensile properties	Heat treatment per AMS 5662 ^[2]	Heat treatment per AMS 5664 ^[3]
Tensile Strength, R_m	1400 ± 100 MPa (203 ± 15ksi)	1380 ± 100 MPa (200 ± 15ksi)
Yield Strength, $R_{p0.2}$	1150 ± 100 MPa (167 ± 15 ksi)	1240 ± 100 MPa (180 ± 15 ksi)
Elongation at break, A25	Typical 16 ± 3 %	Typical 16 ± 3 %
Young's Modulus	170 ± 20 GPa (26,5 ± 3 msi)	170 ± 20 GPa (26,5 ± 3 msi)
Hardness	Approx. 47 HRC (446 HB)	Approx. 43 HRC (400HB)



EOS stop niklu IN718

Obróbka cieplna (wyżarzanie w roztworze i starzenie)

- AMS 5662:

Krok 1: Wyżarzanie w roztworze w temp, 980°C przez 1 godzinę, chłodzenie swobodne lub w argonie.

Krok 2: Starzenie; przetrzymywanie w 720°C przez 8 godzin, obniżenie temp. pieca do 620°C przez 2 godz., przetrzymywanie w temp. 620°C przez 8 godzin, chłodzenie swobodne lub w argonie.

- AMS 5664:

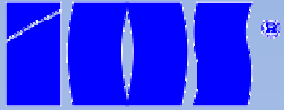
Krok 1: Wyżarzanie w roztworze w temp 1065°C przez 1 godzinę, chłodzenie swobodne lub w argonie.

Krok 2: Starzenie; przetrzymywanie w 760°C przez 10 godz., obniżenie temp. pieca 650°C przez 2 godz., przetrzymywanie w temp. 650°C przez 8 godzin, chłodzenie swobodne lub w argonie.

Właściwości fizyczne:

- gęstość względna: ~ 100 %
- gęstość: 8.2 g/cm³





EOS stop niklu IN718

Typowe właściwości w
wysokiej temperaturze
(649°C)
(EN 10002-5:1992)

Specyfikacje dane wg
standardów (SAE/AMS)

tensile testing	Heat treatment per AMS 5662	Heat treatment per AMS 5664
Tensile Strength, R_m	1170 $\pm$ 50 MPa (170 $\pm$ 7 ksi)	1210 $\pm$ 50 MPa (175 $\pm$ 7 ksi)
Yield Strength, $R_{p0.2}$	970 $\pm$ 50 MPa (141 $\pm$ 7 ksi)	1010 $\pm$ 50 MPa (146 $\pm$ 7 ksi)
Elongation at break, A25	16 $\pm$ 3%	20 $\pm$ 3%

Minimum requirements	AMS 5662
Tensile Strength, R_m	965-1000 MPa (140-145 ksi)
Yield Strength, $R_{p0.2}$	862 MPa (125 ksi)
Elongation in 4D	6-12%



EOS stop niklu IN718

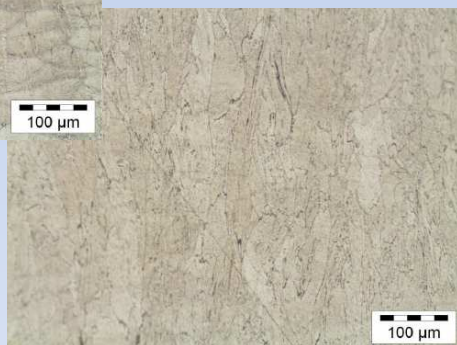
Skład chemiczny odpowiada stopowi Inconel™ 718,
 UNS N07718, AMS 5662, AMS 5664, W.Nr 2.4668, DIN NiCr19Fe19NbMo3

Wyróżniająca się odporność na korozję



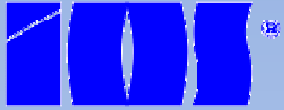
Przed obróbką
cieplną

Po obróbce cieplnej



Mikrofotografia struktury

Element	Content (by weight)
Nickel	50 - 55 %
Chromium	17.0 - 21.0 %
Niobium	4.75 - 5.5 %
Molybdenum	2.8 - 3.3 %
Titanium	0.65 - 1.15 %
Aluminium	0.20 - 0.80 %
Cobalt	≤ 1.0 %
Copper	≤ 0.3 %
Carbon	≤ 0.08 %
Silicon, Manganese	each ≤ 0.35 %
Phosphorus, Silicon	each ≤ 0.015 %
Boron	≤ 0.006 %
Iron	balance



EOS stop CobaltChrome MP1

Charakterystyka:

- wysoka wytrzymałość, odporność na działanie temperatury i korozję
- biogodność
- spełnia ISO 5832-4

Zastosowanie:

- inżynieria wysokotemperaturowa, np. turbiny
- implanty medyczne



Układ wydechowy silnika

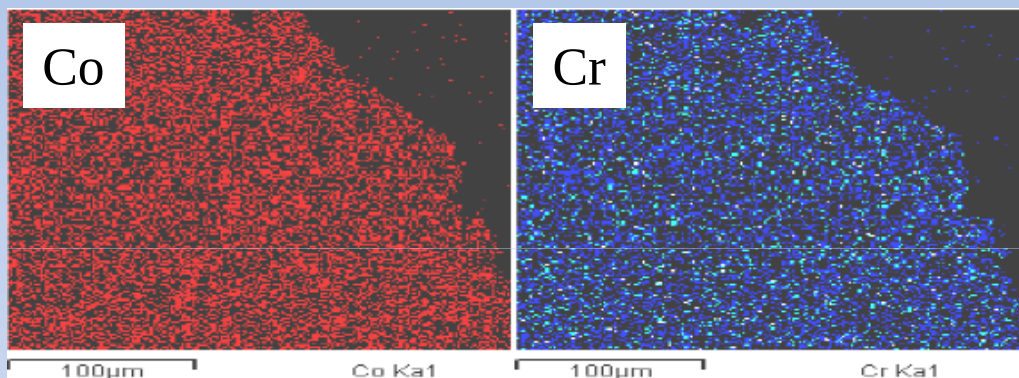


Implant kolanowy

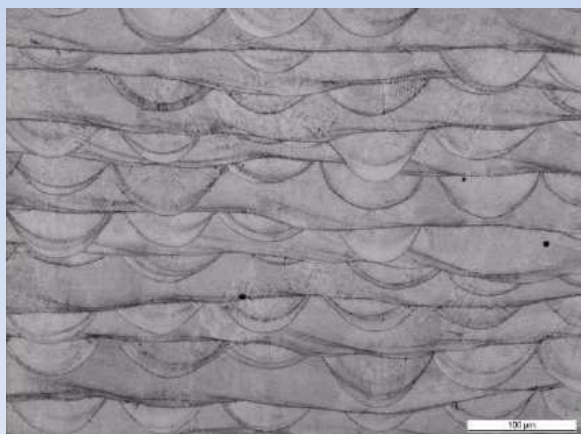


EOS stop CobaltChrome MP1

Stop wolny od Ni, zawiera < 0.10 wt-% Ni
Jednorodny rozkład pierwiastków w strukturze.



Mikrofotografia
struktury



Element	Content (by weight)
Cobalt	60 – 65 %
Chromium	26 - 30 %
Molybdenum	5 - 7 %
Silicon	max. 1.0 %
Manganese	max. 1.0 wt-%
Iron	max. 0.75 wt-%
Carbon	max. 0.16 wt-%
Nickel	max. 0.10 %



EOS stop CobaltChrome MP1

Właściwości mechaniczne w temp. 20 °C

Property	As built	High temp. stress relieved [1]
Ultimate tensile strength		
- Horizontal (XY)	1200 MPa ± 150 MPa 174 ksi ± 22 ksi	1100 MPa ± 100 MPa 160 ksi ± 15 ksi
- Vertical (Z)	1200 MPa ± 150 MPa 174 ksi ± 22 ksi	1100 MPa ± 100 MPa 160 ksi ± 15 ksi
Yield strength (Rp 0.2 %)		
- Horizontal (XY)	950 MPa ± 100 MPa 138 ksi ± 15 ksi	600 MPa ± 50 MPa 87 ksi ± 7 ksi
- Vertical (Z)	800 MPa ± 100 MPa 116 ksi ± 15 ksi	600 MPa ± 50 MPa 87 ksi ± 7 ksi
Elongation at break		
- Horizontal (XY)	min. 8 %	min. 20 %
- Vertical (Z)	min. 8 %	min. 20 %
Young's Modulus		
- Horizontal (XY)	190 GPa ± 20 GPa 28 msi ± 3 msi	200 GPa ± 20 GPa 29 msi ± 3 msi
- Vertical (Z), MPa	1050 ± 50	min 1310 (typical 1450 ± 100)
Fatigue life in vertical direction (Z) at 0-440 MPa load range and 45 Hz, as built	> 10 million cycles	
Hardness	35 - 45 HRC	



EOS stop CobaltChrome MP1

Property	Value
Relative density	approx. 100 %
Density	8.29 g/cm ³
Max. operating temperature	1150 °C
Melting range	1350-1430 °C
Thermal conductivity	1350-1430 °C
- at 20 °C:	13 W/m°C
- at 300 °C:	18 W/m°C
- at 500 °C:	22 W/m°C
- at 1000 °C:	33 W/m°C
Coefficient of thermal expansion	
- 20 – 500 °C	13.6 x10 ⁻⁶ m/m°C
- 500 – 1000 °C	15.1 x10 ⁻⁶ m/m°C



Fotografie turbiny gazowej silnika helikoptera

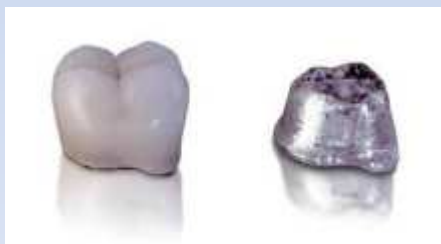
EOS stop CobaltChrome SP1

Charakterystyka:

- wysoka wytrzymałość na działanie temperatury i odporność na korozję
- biogodność
- właściwości cieplne skorelowane z ceramiką dentystyczną

Zastosowanie:

- elementy dentystyczne (mostki, korony)



384 elementy dentystyczne wybudowane
w czasie **20 godz.**

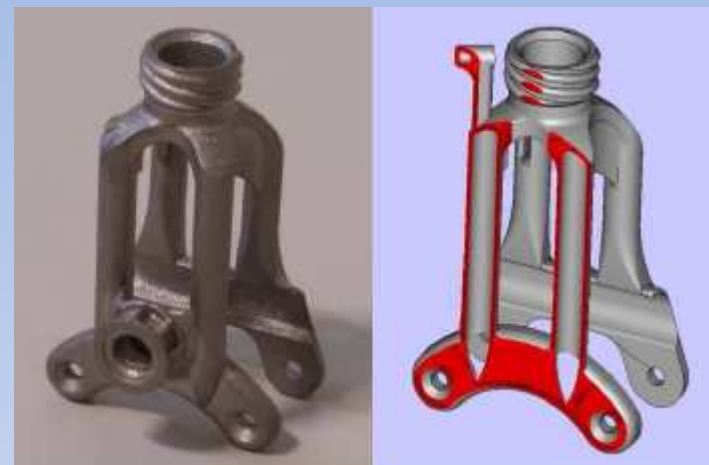
EOS Titanium Ti64/ TiCP

Charakterystyka:

- doskonały stosunek wagi do wytrzymałości
- odporność na korozję
- biogodność

Zastosowanie:

- przemysł lotniczy i kosmiczny, inżynieria
- implanty biomedyczne



Cienkościenny element hamulca



Implant kręgosłupa

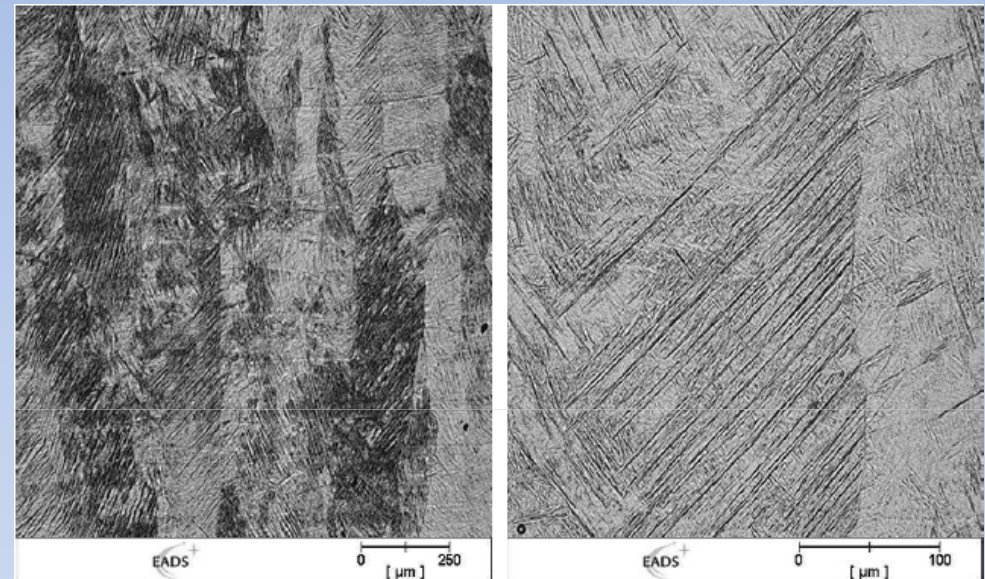
EOS Titanium Ti64

Właściwości fizyczne Ti64:

- gęstość względna po spiekaniu ok. 100 %
- gęstość: 4.43 g/cm³
- pojedyncze pory

Właściwości chemiczne:

- elementy spełniają wymagania ASTM F1472 (dla Ti6Al4V) i ASTM F136 (for Ti6Al4V ELI) uwzględniając maksymalne stężenie zanieczyszczeń
- tlen < 2000ppm lub 1500ppm
- azot < 700ppm
- dobre wyniki badania wzrostu komórek



Typowa struktura martenzytyczna z ziarnami rosnącymi od warstwy do warstwy

- preferowana orientacja wzdłuż osi Z
- rozmiar ziaren >> grubość warstwy

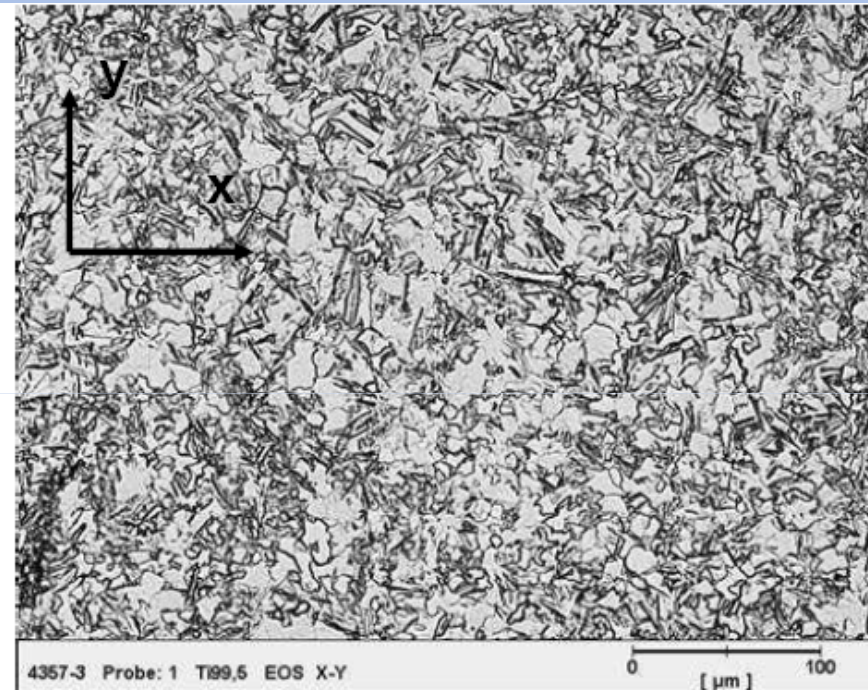
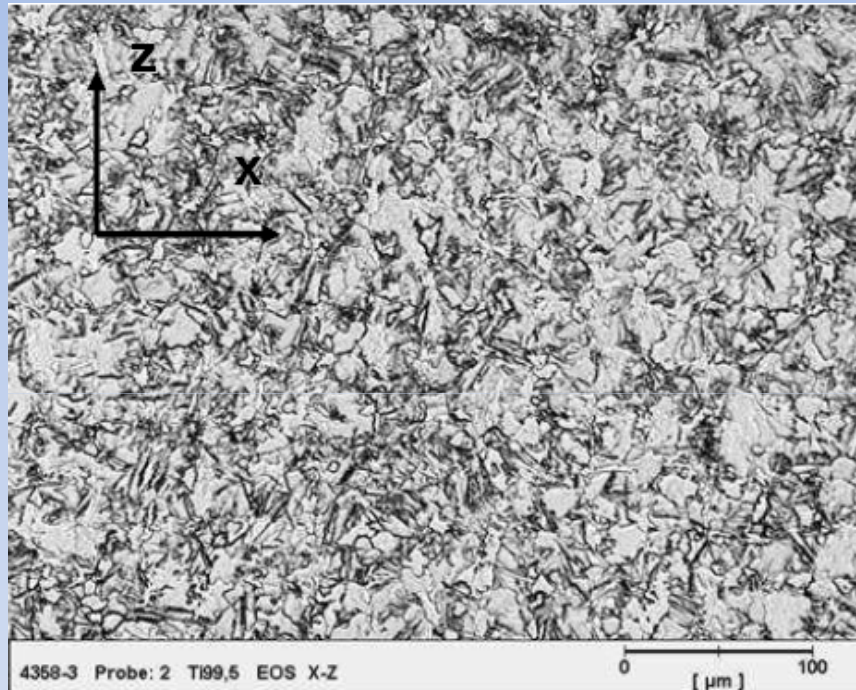
EOS Titanium Ti64

Właściwości mechaniczne:

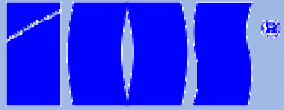
Property	Value
Ultimate tensile strength	1150 ± 60 MPa 166 ± 9 ksi
Yield strength (Rp 0.2 %)	1030 ± 70 MPa 150 ± 10 ksi
Young's Modulus	110 ± 7 GPa 16 ± 1 msi
Elongation at break	11 % ± 2 %
Hardness	approx. 400 - 430 HV (41 - 44 HRC)



EOS Titanium TiCP



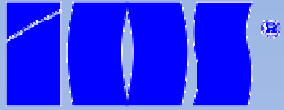
Mikrofotografia struktury wraz z wyróżnionymi kierunkami budowy elementu, widoczna jednorodność materiału oraz brak widocznych granic między poszczególnymi warstwami



EOS Titanium TiCP

Właściwości mechaniczne:

Property	Value
Ultimate tensile strength	455 MPa $\pm$ 10 MPa 60 ksi $\pm$ 1,5 ksi
Yield strength (Rp 0.2 %)	370 MPa $\pm$ 10 MPa 54 ksi $\pm$ 1,5 ksi
Young's Modulus	95 GPa $\pm$ 10 GPa 14 msi $\pm$ 1,5 msi
Elongation at break	19 % $\pm$ 1 %



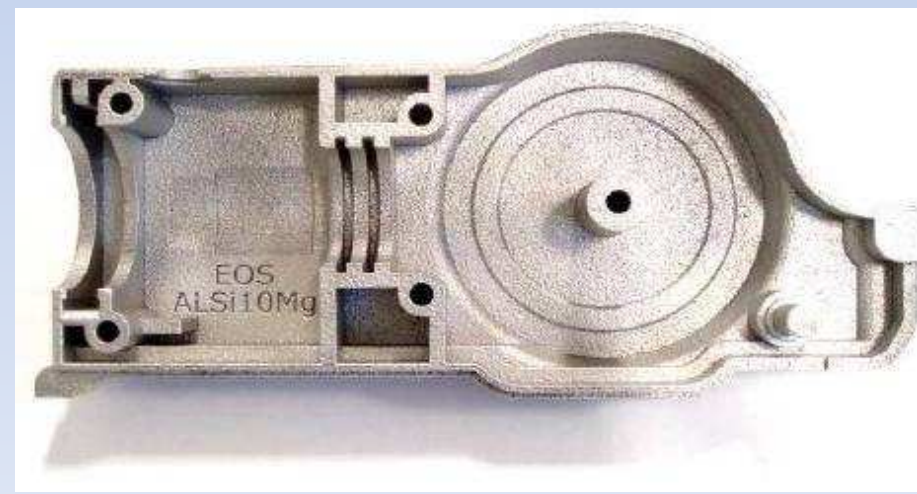
EOS Aluminium AlSi10Mg

Charakterystyka:

- mała waga
- wysoki współczynnik przewodności cieplnej

Zastosowania:

- rozwiązania inżynierskie z aluminium-
- funkcjonalne prototypy, krótkie serie produkcyjne,
- elementy na zamówienie lub części zamienne
- przemysł motoryzacyjny, inżynieria, wyścigi motorowe, przemysł lotniczy i kosmiczny
- pneumatyka
- prototypowe formy odlewnicze





EOS Aluminium AlSi10Mg

Właściwości mechaniczne:

Property	As built	Heat treated T6 [1]
Ultimate tensile strength in vertical direction (Z)	340 ± 40 MPa	315 ± 20 MPa
Yield strength (Rp 0.2 %) in horizontal direction (XY)	250 ± 15 MPa	260 ± 15 MPa
Elongation at break	1.5 % ± 0.5 %	1.2 ± 0.5 %
Hardness	120 ± 5 HBW	112 ± 5 HBW
Fatigue strength in vertical direction (Z) [2]	97 ± 7 MPa	93 ± 3 MPa



Zastosowanie Si i Mg jako pierwiastków stopowych powoduje wzrost wytrzymałości i twardości stopu

Właściwości fizyczne:

- gęstość względna: ~ 100 %
- gęstość: 2.68 g/cm³

Element	Content (by weight)
Silicon	(9.0 – 11.0 %)
Iron	max. 0.55 %
Copper	max. 0.05 %
Manganese	max. 0.45 %
Magnesium	(0.2 – 0.45 %)
Nickel	max. 0.05 %
Zinc	max. 0.10 %
Lead	max. 0.05 %
Tin	max. 0.05 %
Titanium	max. 0.15 %
Aluminium	balance

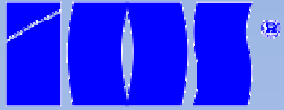


Podsumowanie

Selektywne spiekanie laserowe znajduje szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu i stanowi alternatywną metodę produkcyjną w przypadku realizacji skomplikowanych, czasochłonnych i wymagających dużych nakładów finansowych operacji. Szeroka gama dostępnych na rynku materiałów oraz rozwój inżynierii materiałowej dają ogromne możliwości zastosowania metody w wielu gałęziach przemysłu i medycynie. Z uwagi na czas wykonywania, jakość uzyskiwanych elementów i możliwości tej metody, jest ona w odniesieniu do tradycyjnych metod produkcyjnych tania i elastyczna, a czasem niezastąpiona.

W prezentacji wykorzystano materiały udostępnione dzięki uprzejmości firmy **EOS GmbH**.





Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Wrocławska 37a, Kraków
<http://www.iztw.krakow.pl/zntp> tel. 12 6317419, email: dwyszyns@ios.krakow.pl

Dziękuję za uwagę



VIII Forum ProCAX, Sosnowiec 2009