



**STROJÍRENSKÉ  
FÓRUM**

**31. 5. 2017, Ostrava**

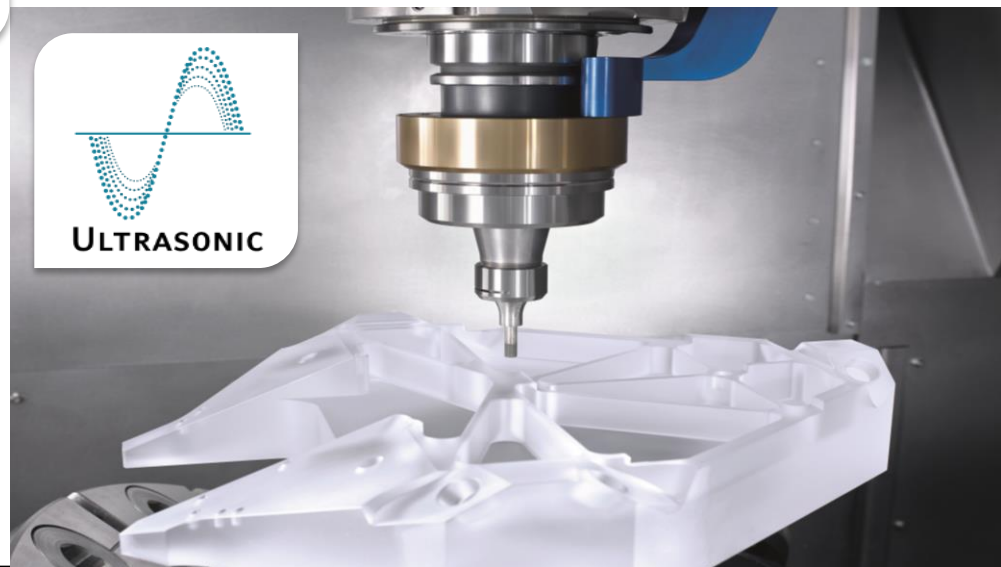
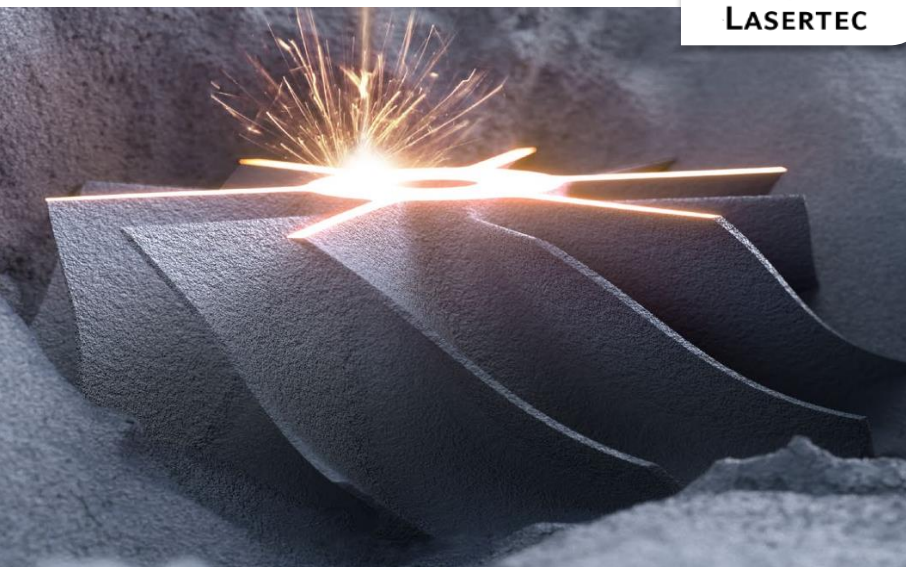
**MODERNÍ VÝROBNÍ**

**TECHNOLOGIE A MATERIÁLY**

# POKROČILÉ TECHNOLOGIE

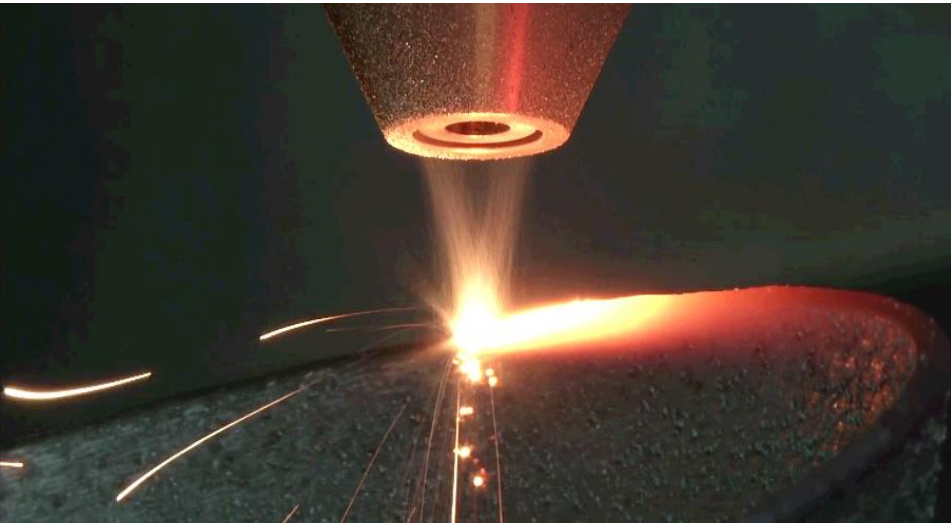
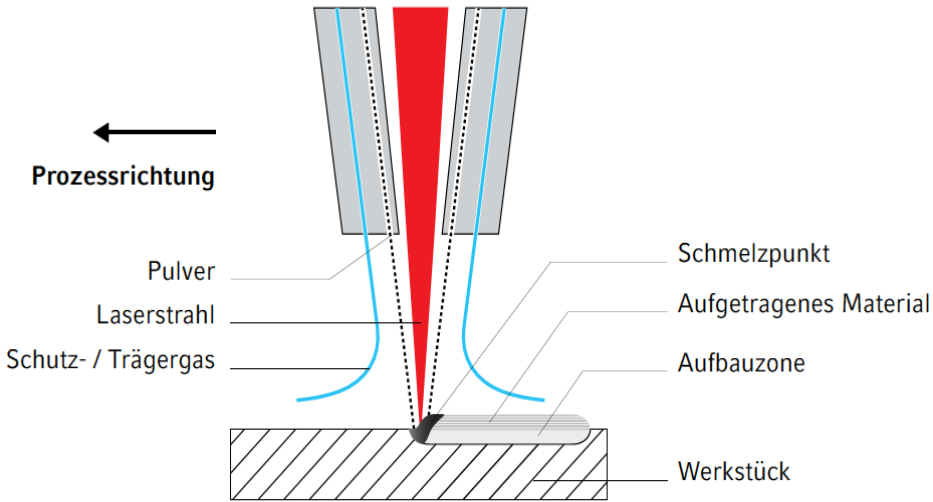
## Aditivní technologie

**DMG MORI**





## Funkční princip



- Kovový prášek je ve vrstvě nanesen na základní materiál a společně s ním roztaven ( bez pórů, bez trhlin)
- Z prášku vznikne vysoce pevný svár s povrchovou vrstvou
- Ochranný plyn zabraňuje lokálně oxidaci během procesu navařování
- Po ochlazení vznikne kovová vrstva, kterou je možno mechanicky obrábět.

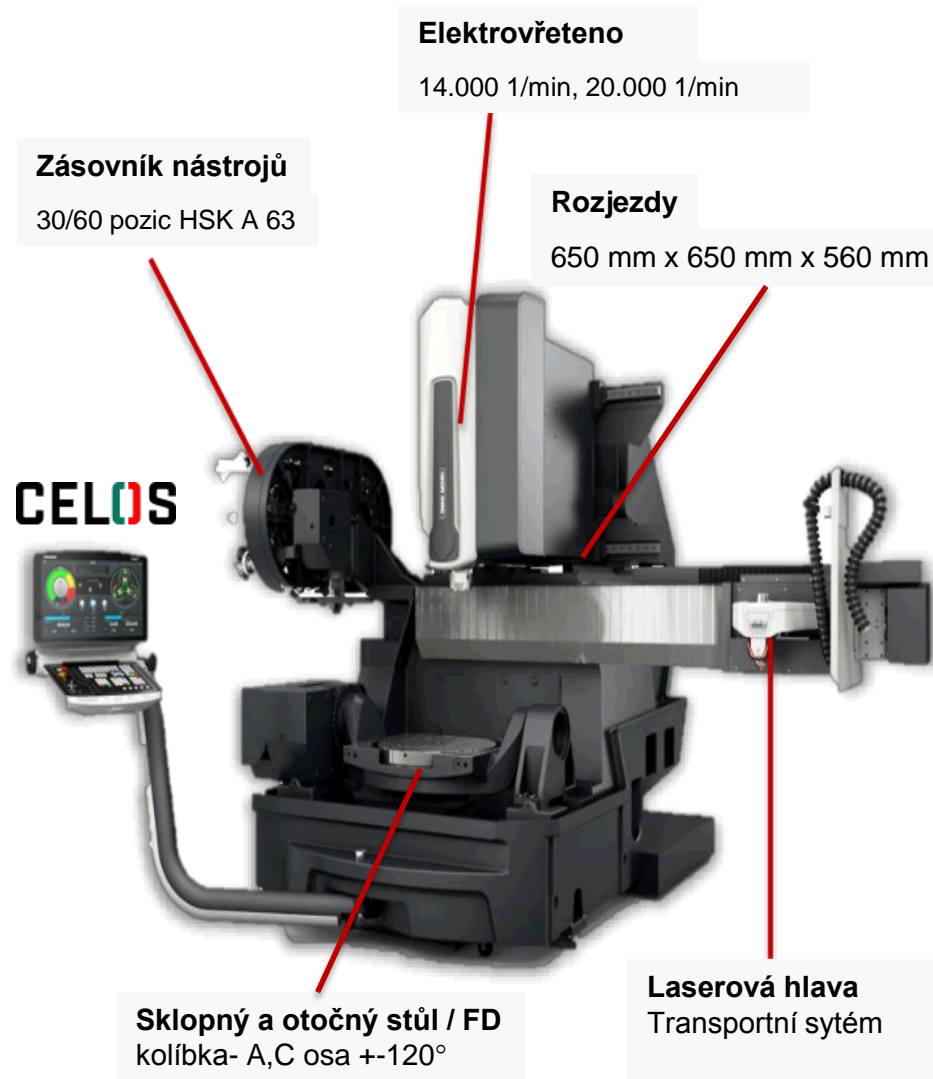
# LASERTEC 65 3D *hybrid* Aditivní technologie

## Integrace laseru do 5 osého frézovacího centra

**DMG MORI**



**Kapotáž** pro zásobník a transport prášku, ochranný plyn, laser, SW terminál



**Elektrovřeteno**

14.000 1/min, 20.000 1/min

**Zásobník nástrojů**

30/60 pozic HSK A 63

**Rozjezdy**

650 mm x 650 mm x 560 mm

**CELOS**

**Sklopný a otočný stůl / FD**  
kolíbká- A,C osa +-120°

**Laserová hlava**  
Transportní systém

# LASERTEC 65 **3D** hybrid Aditivní technologie

## Integrace laseru do 5 osého frézovacího centra



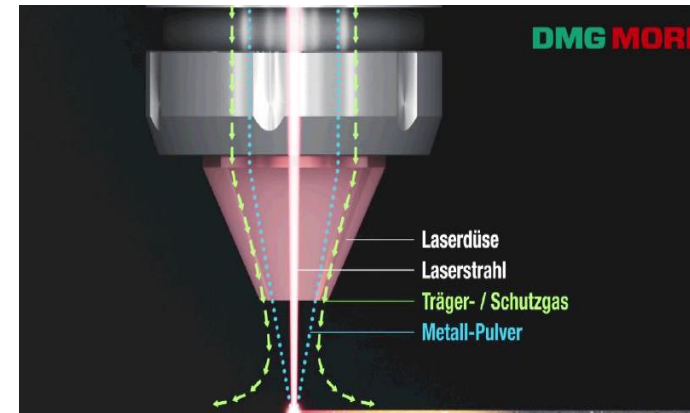
**DMG MORI**



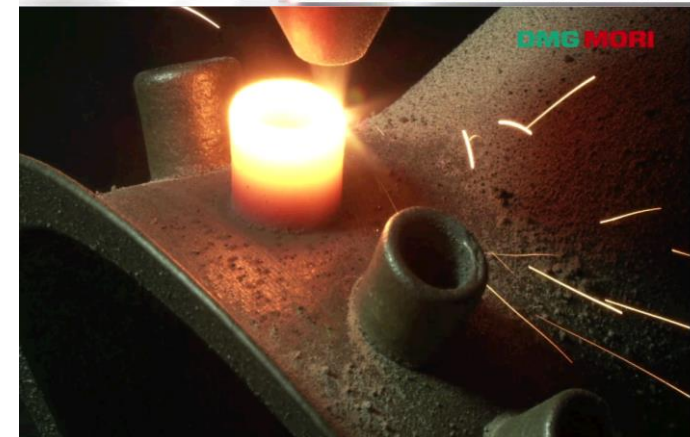
### Integrace do stroje



### Princip



Vláknový diodový laser	2,5kW (3kW)
Šířka návaru	cca 3 nebo 1,6 mm
Tloušťka	cca 0,3 – 1 mm
Posuv	cca 1000 mm/min
Výkon navařování průměrně	750 g/hod ( ocel 90 cm <sup>3</sup> /hod)
Využití prášku až 95%	



**Nanášení prášku dýzou je 10 x rychlejší než vytváření součásti v práškovém loži.  
Mohou být použity kovové prášky : 45-150  $\mu$  -nástrojová ocel, inconel, nikl, kobaltové legury nebo mosaz**



# LASERTEC 65 3D *hybrid*

Aditivní výroba v kvalitě hotového dílu

**DMG MORI**



Základna pro stavbu dílu

NAVAŘOVÁNÍ

+

FRÉZOVÁNÍ



- Flexibilita **generativní** výrobní metody prostřednictvím trysky pro přívod kovového prášku v kombinaci s **přesným ofrézováním**
- Možno **střídavě kombinovat** frézování s navařováním
- Možno navařovat 2 druhy materiálu
- **Možno vyrábět 3D prostorové součásti** kompletně **bez potřeby podpěrných konstrukcí** díky sklopení a natočení dílu do příslušné roviny
- Laserové navařování s přívodem prášku tryskou je **10 x rychlejší** v porovnání s technologií navařování v práškovém loži
- **Možno stavět nové díly, opravovat opotřebené** strojní součástí, nástroje, formy, možno povlakovat otěruvzdorným či korozi vzdorným materiálem, dostavět díly

## Cílové segmenty trhu

Nové možnosti v oblasti výroby složitých dílů, oprav forem, lisovacího a kovacího nářadí ...  
Pro obrobky velikosti do  $d=500$  mm,  $v=400$ mm

### Výroba kompletních 3D-součástí



Výroba prototypů a malých sérií komplexních lehkých / integrálních dílů např. pro:

- 1) Nástroje- / Formy
- 2) Letecký průmysl
- 3) Automobilový průmysl
- 4) Zdravotnictví

### Opravy komponentů turbin / nástrojů / forem



Opravy poškozených či opotřebených komponentů např. pro:

- 1) Zdravotnictví
- 2) Nástroje- / Formy
- 3) Letecký průmysl  
(např. oprava lopatek)

### Povlakování vrstvami odolnými proti korozi odolnými proti opotřebení



Nanášení na určité partie nebo kompletní povlakování (korozi odolných či otěruvzdorných materiálů):

- 1) Výroba forem
- 2) Ropný průmysl
- 3) Strojírenství
- 4) Zdravotní technika



### Dostavba dílů

přidání 3D kontury na reálný díl



Výroba prototypů nových strojních dílů

**Výchozí základnou je:**  
existující díl  
těleso vyrobené aditivně,  
nebo klasickou technologií

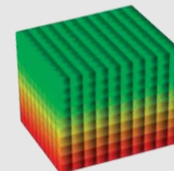
### Kombinace materiálů



Navařování 2 rozdílných materiálů na jednom  
obrobku, na 1 upnutí

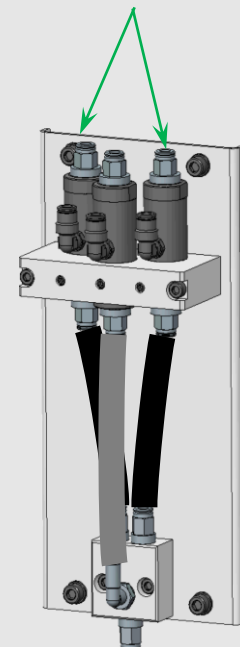
**2 řízené dopravníky prášku**  
umožní kombinované navaření  
rozdílných materiálů- sendvič konstrukce

*Tvrký*

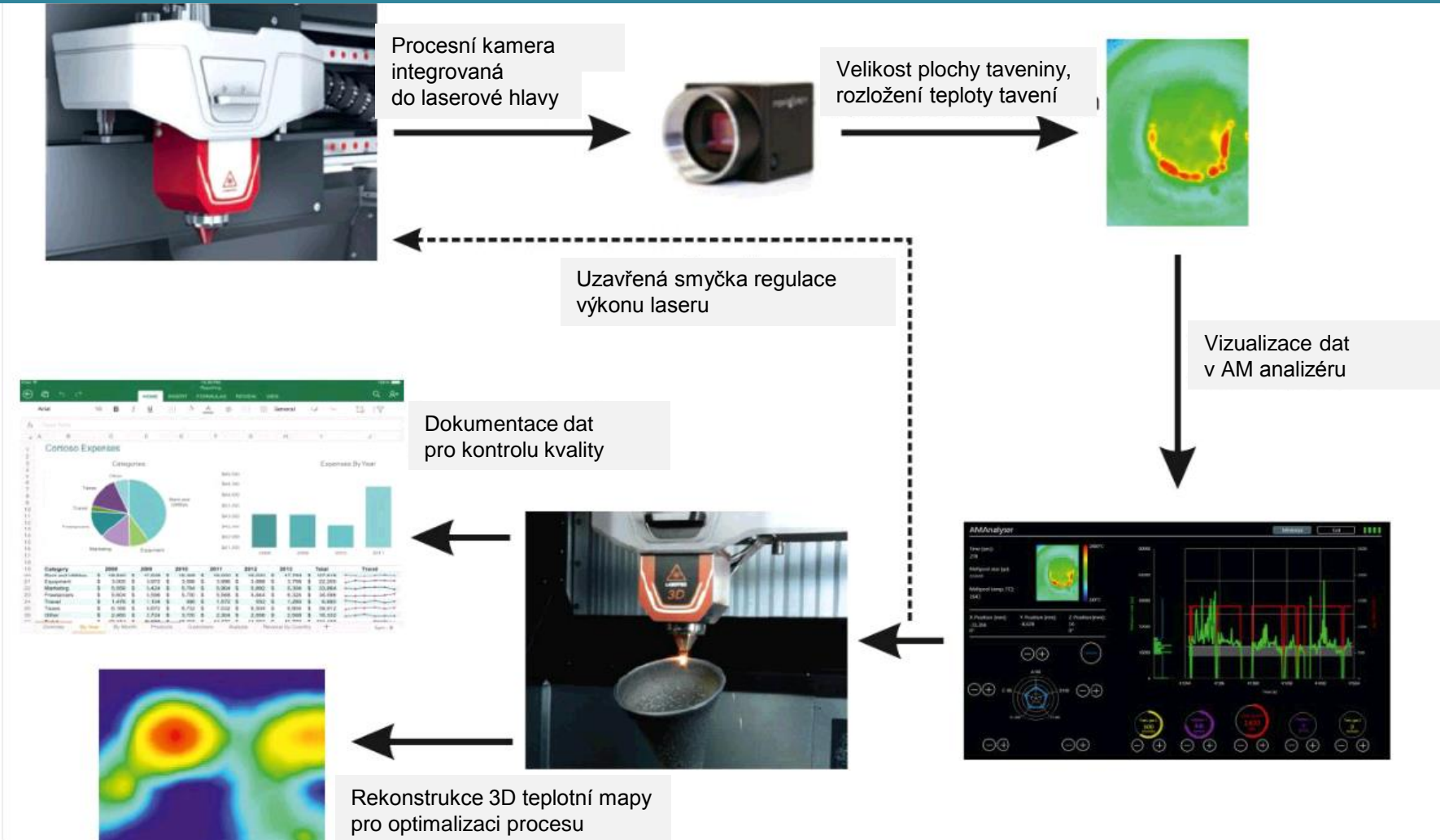


*Měkký*

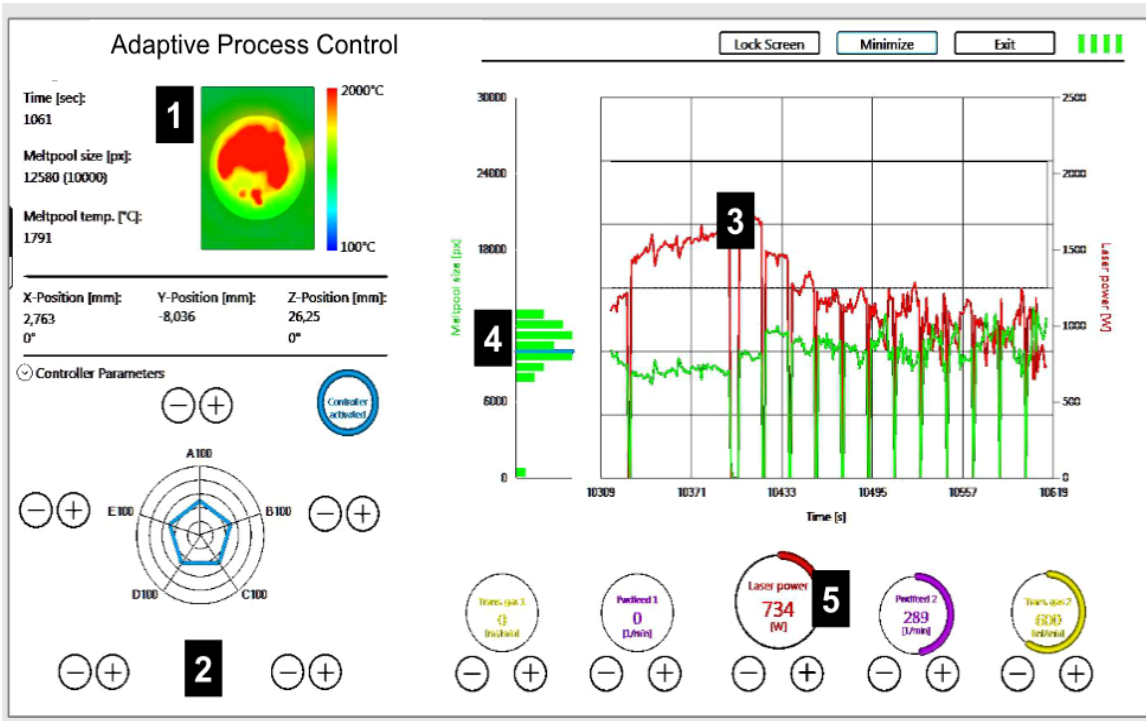
Vstup prášku



### Sběr základních dat a pro regulaci procesu



### Adaptivní proces řízení (APC)



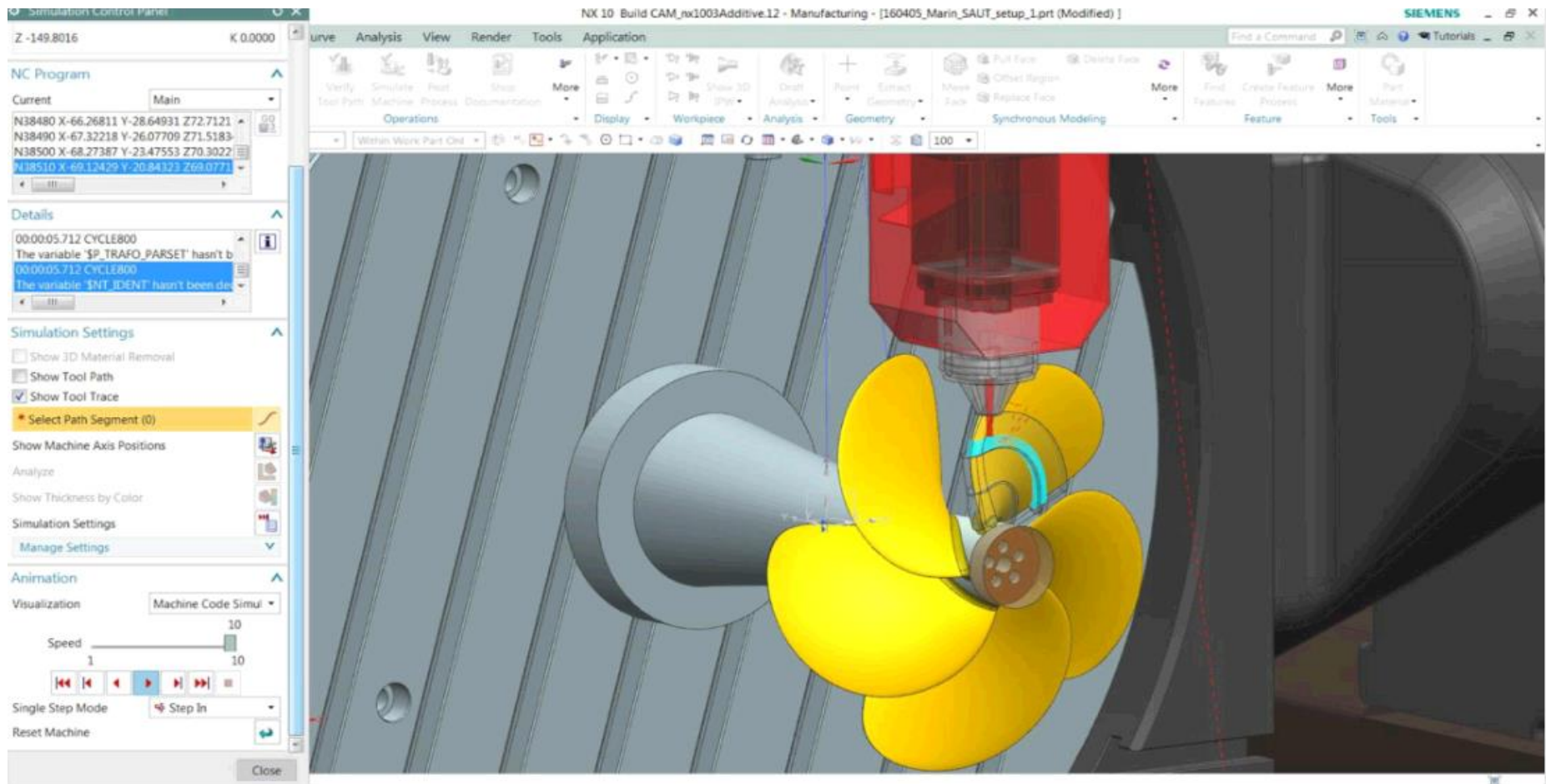
- 1 Zobrazení procesního času, teploty taveniny a pozice stroje
- 2 Adaptabilní řídicí parametry: Jak reaguje výkon laseru na změnu velikosti plochy taveniny
- 3 Výkon laseru
- 4 Velikost plochy taveniny
- 5 Automatická a manuální přizpůsobení procesu

**Regulace a řízení procesu probíhá v reálném čase!**



# LASERTEC 65 **3D hybrid**      Aditivní technologie Siemens NX CAM: Řešení pro hybridní programování

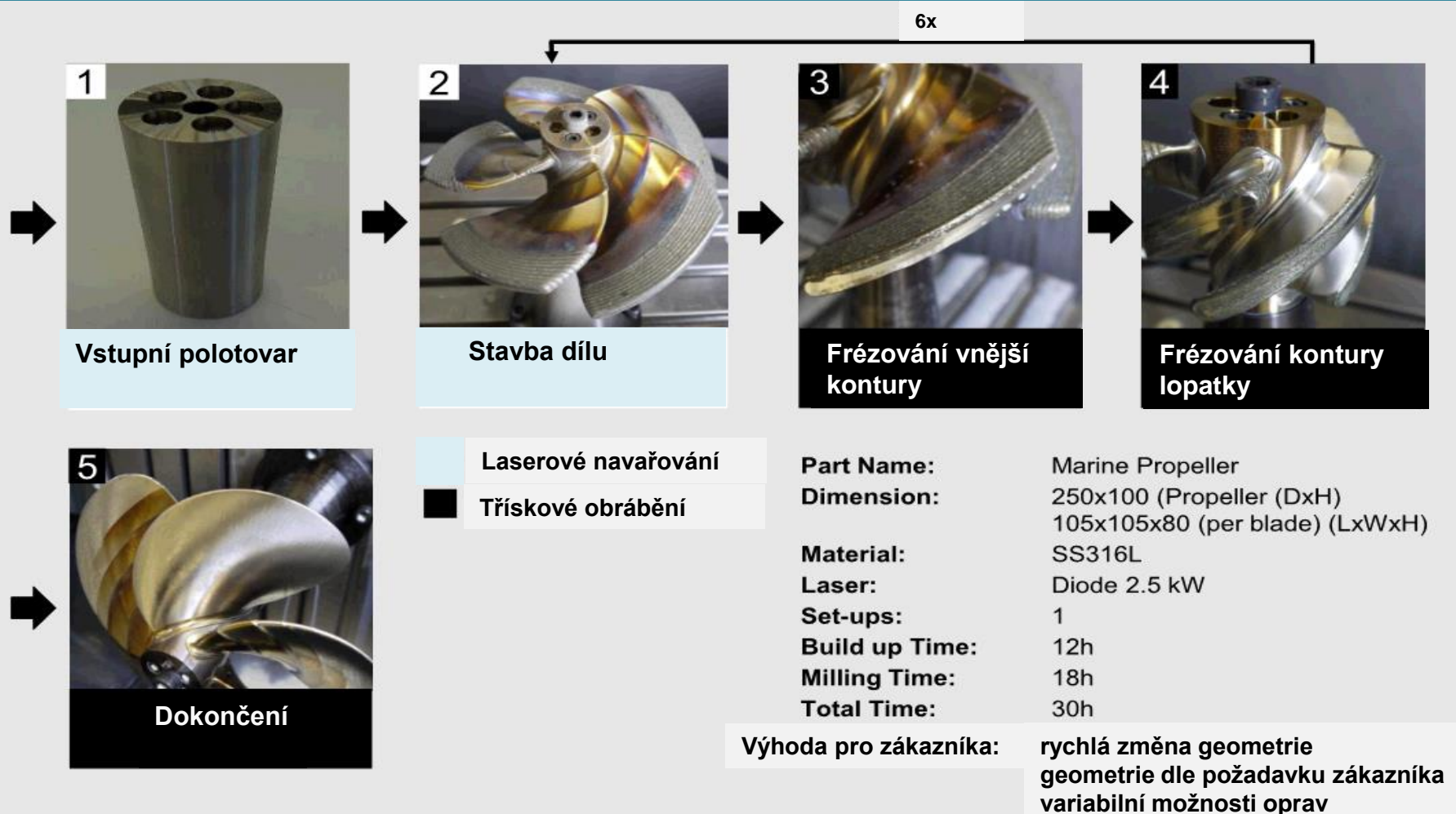
**DMG MORI**



Hybrid: aditivní a subtraktivní programování v jednom systému  
Exkluzivní společný vývoj mezi Sauer a SIEMENS

**SIEMENS**

### Adaptivní proces řízení (APC)



### Turbine Housing

Stainless steel 1.44 29  
Ø 180 mm x 150 mm,  
Wall thickness: 3 mm



 Laser deposition welding: 230 min.

 Milling: 76 min.



1 Basic set-up of the cylinder ring



2 Swivel to 90°: Generating of flange



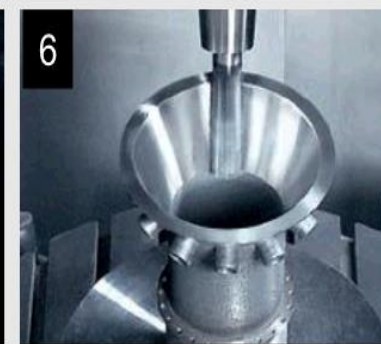
3 Milling of the flat and the perimeter



4 Laser construction of the conical funnel



5 Manufacturing of peripheral cylinders



6 Finishing of inner and outer contours





### Fan Wheel

Stainless steel 1.44 29

Ø 140 mm x 170 mm

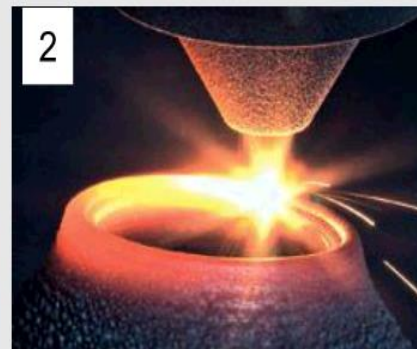
Wall thickness: 3 mm



 Laser deposition welding: 312 min.  
 Milling: 240 min.



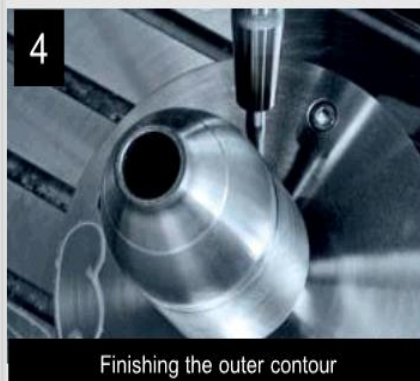
1 Set-up of cylinder



2 Finishing of the conical funnel



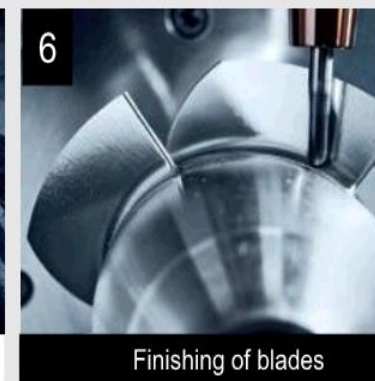
3 Milling operation



4 Finishing the outer contour



5 Deposition welding of blades



6 Finishing of blades

### Aerospace Cage

Inconel 718 / Bronze

Ø 194 mm x 80 mm

Wall thickness: 6 mm



 Laser deposition welding: 375 min.

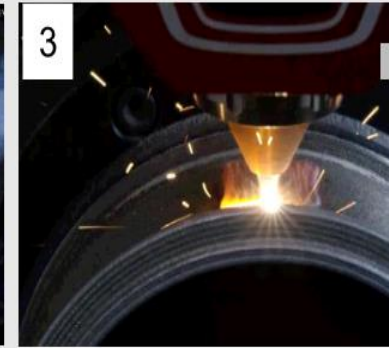
 Milling: 35 min.



Building of the basic cylinder



Building of the flange



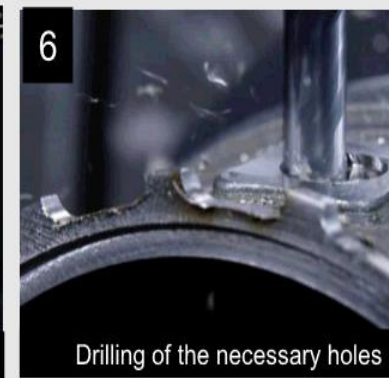
Building of the outer connections



Milling of the upper contour



Milling of the connection surfaces



Drilling of the necessary holes

### Drill Bit

Base material: 316L / 1.7225 / Inconel 718

Coating material: Tungsten carbide

Ø 145 mm x 160 mm



with



Processing

Laser deposition welding: 800 min.

Milling: 275 min.



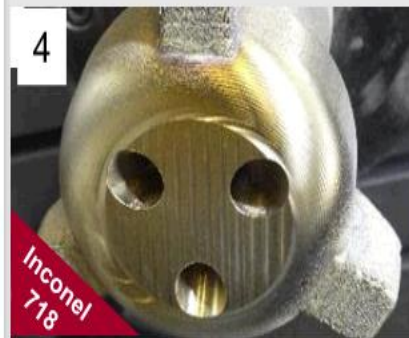
1 Creation of the basic body



2 Milling of the basic body



3 Drilling of coolant holes



4 Building of the blades



5 Machining of Blades / PCD-Pockets



6 Hardfacing with tungsten carbide



# LASERTEC 65 3D hybrid

## Příklady aplikací

### Cutting Knife

Base material: Ferro 44

Coating material: HSS M2

193 mm x 124 mm x 78 mm

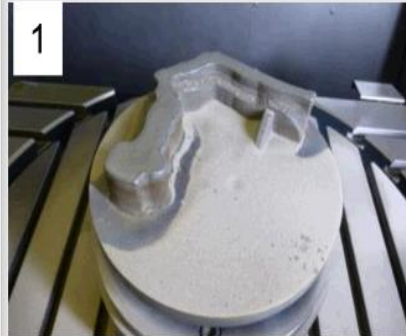


#### □ Laser deposition welding:

Base body 260 min.

Coating (6 mm) 155 min.

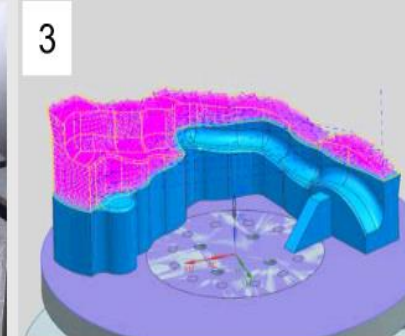
■ Milling: 60 min.



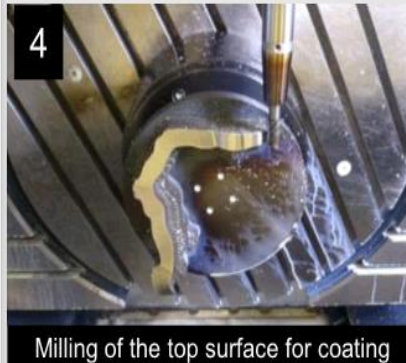
Building of the base body



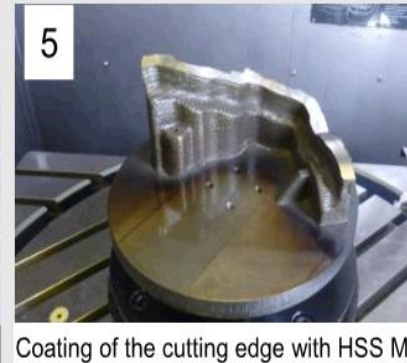
Drilling of the hole (diameter 5 mm)



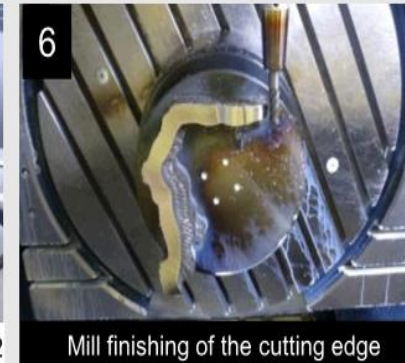
Building of the second base body



Milling of the top surface for coating



Coating of the cutting edge with HSS M2

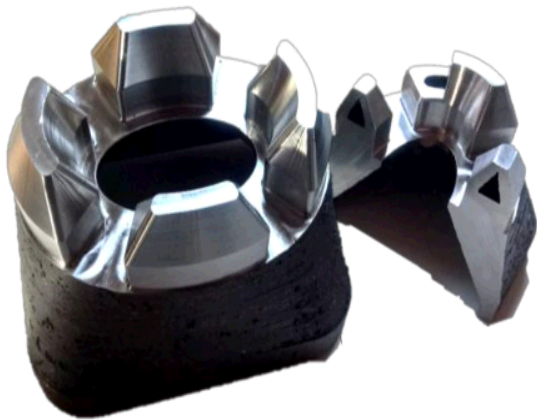


Mill finishing of the cutting edge

### Tool Insert

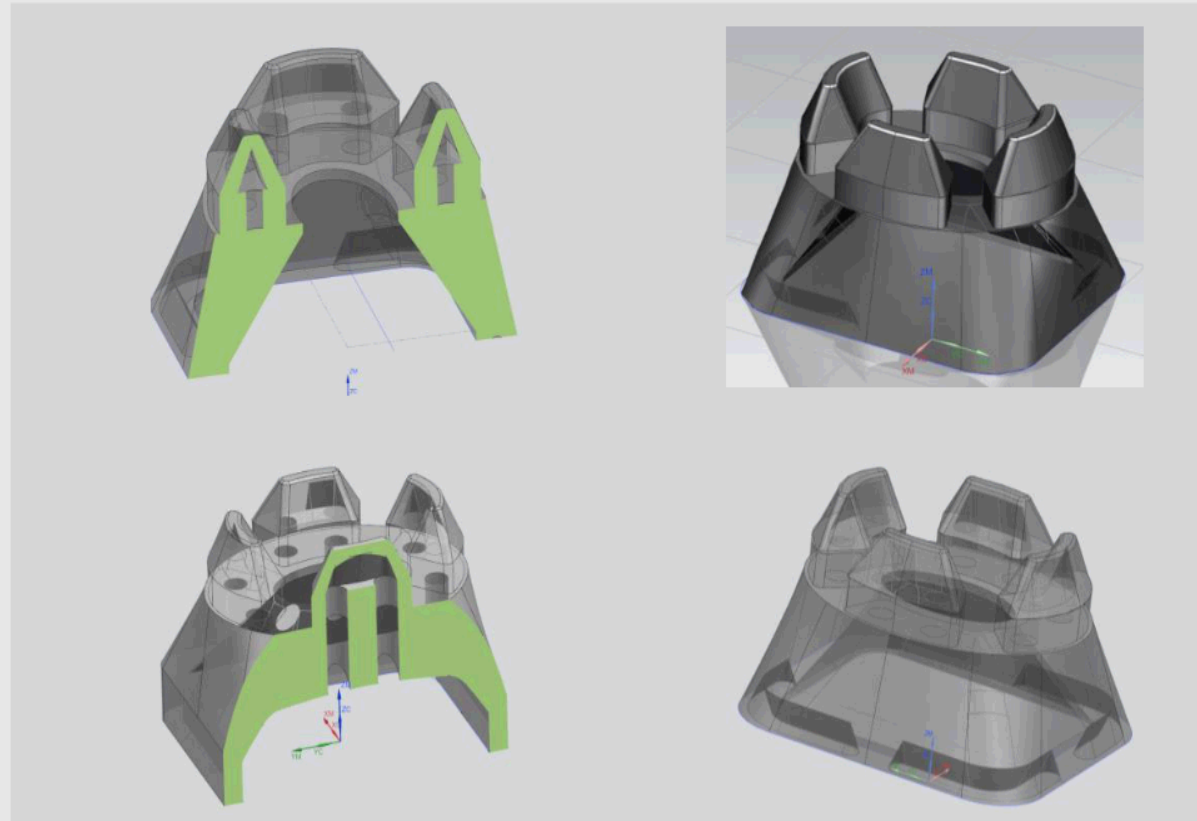
Material: Ferro 44

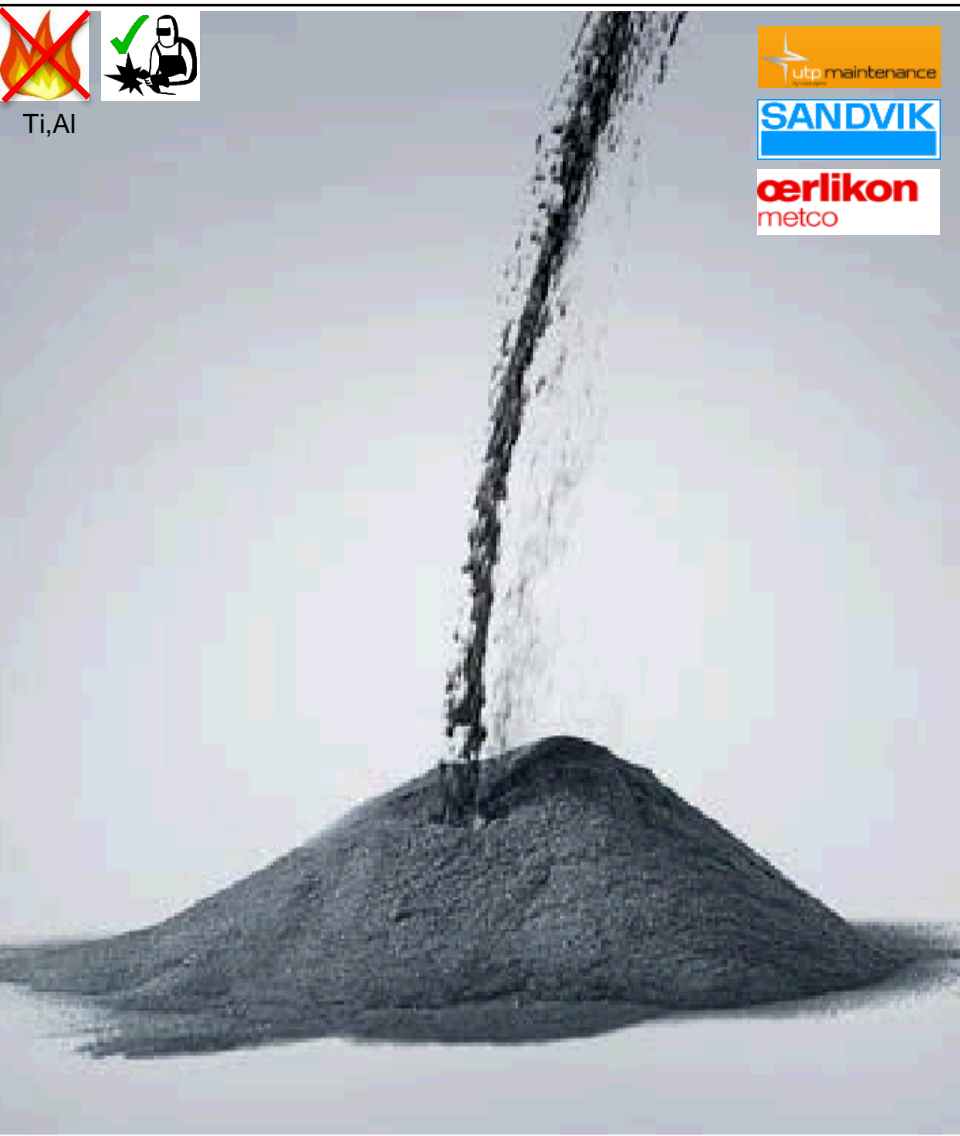
120 mm x 120 mm x 80 mm



Total time:

6 h





### Materiály pro 3D

- **Nerezová ocel/INOX**
- ✓ 316L+316L Si
- Super Duplex / 1.4410
- **Materiály na bázi niklu**
- ✓ Inconel 625
- ✓ Inconel 718 ( s následným tepelným zpracováním)
- **Nástrojová ocel**
- ✓ Ferro 44 ( 44RC)
- ✓ Ferro 55 ( 55RC) (podobná H13 / 1.2344)
- **Bronzy**
- ✓ CuA18
- CuSn12
- **Rychlořezná ocel ( HSS)**
- ✓ M2/1.3343 ( 62HRC)

### Povlakové materiály

- ✓ Stelit 6+21+694
- ✓ Wolframkarbid (40%+60% matrice)



# Aditivní technologie Selektive Laser Melting

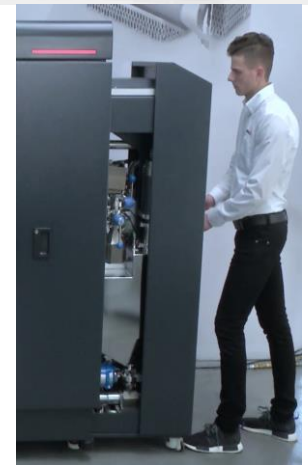
**DMG MORI**

## REALIZER

Additive Manufacturing

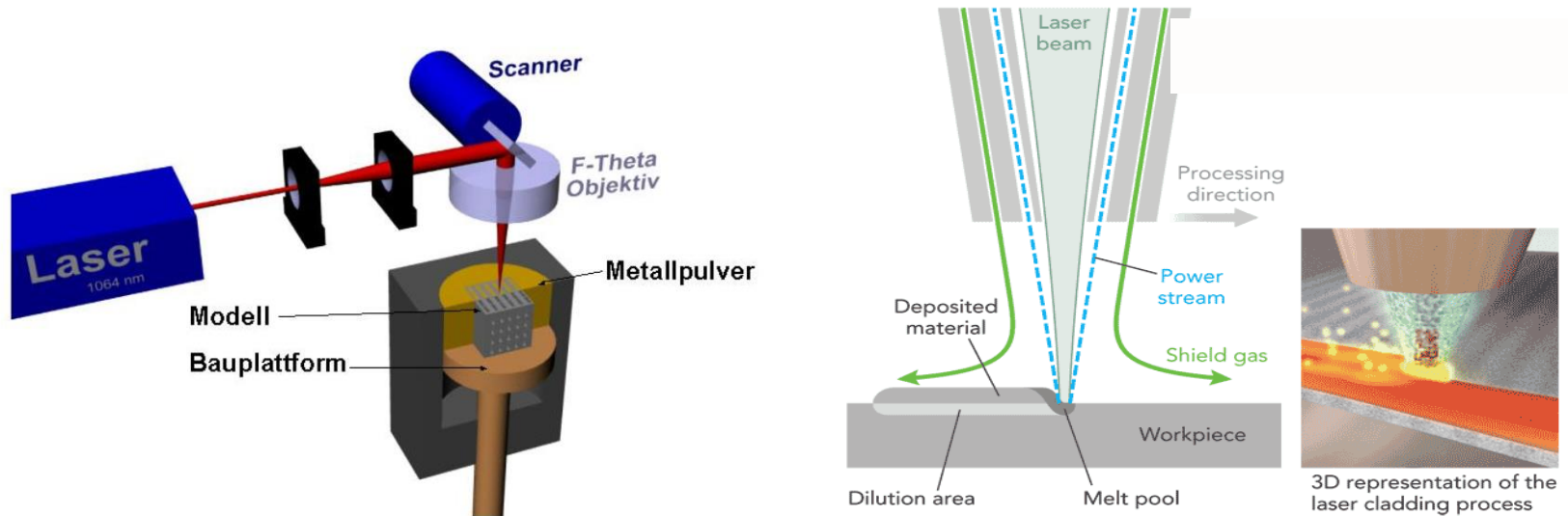


## LASERTEC 30 *SLM*



# SAUER / REALIZER - SLM

## Technologie práškového lože a práškové trysky



	Práškové lože	Prášková tryska
<b>Proces:</b>	Tavení v práškovém loži	Navařování s práškovou tryskou
<b>Použití:</b>	<b>Prototypová výroba, výroba dílů</b>	<b>Opravy, nanášení, prototypy, výroba dílů</b>
<b>Systém:</b>	Uzavřená procesní komora	Otevřený pracovní prostor
<b>Výkon nanášení:</b>	Průměrně 84 g/h (Ocel 10cm <sup>3</sup> /h, 400W jeden-Laserový systém)	Průměrně 750 g/h ( Ocel 90 cm <sup>3</sup> /h, jeden-Laserový systém)
<b>Zrnitost prášku:</b>	10-45μm	45-150μm, ne reaktivní mat. jako Ti, Al
<b>Tloušťka vrstvy:</b>	ca. 0,02 – 0,1 mm ( závisí na systému)	ca. 0,3-1 mm
<b>Stopa paprsku:</b>	min. 55μm	3 (1,6 )mm

### Prašková tryska

Oil & Gas



BoVtraci hlava

Automotive



Sitřizný nástroj

Aerospace

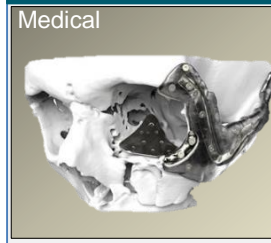


Turbinová skříň

- Větší díly/ větší objemy
- Opravy/ povlaky, nové díly
- Možnost navařovat 2 materiály na 1 výrobek
- 1 díl v upínači

### Práškové lože

Medical



Kyčelní implantát

Automotive



Závěs kola

Aerospace



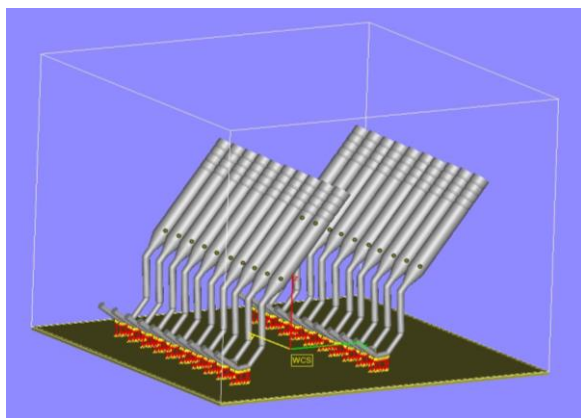
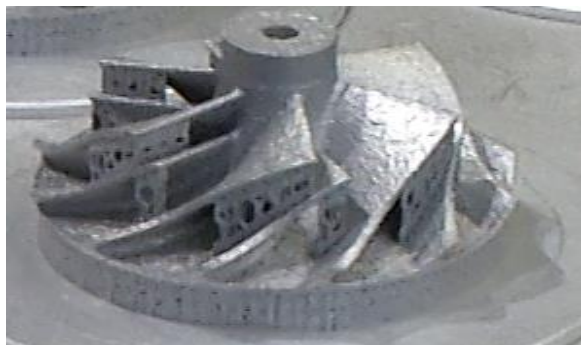
Váhově optimalizovaný držák

- Menší a jemnější díly
- Filigránové díly
- 1 materiál
- Více dílů v komoře



# SAUER / REALIZER - SLM

Možnosti stavby dílů v práškovém loži



## Znaky

- Počet kusů dávky téměř bez vlivu na výrobní náklady
- Komplexnost téměř bez vlivu na výrobní náklady
- Vysoká volnost geometrie např. duté, těsnost výrobku (>99%), mechanickými vlastnostmi podobné základnímu materiálu.
- Obrobení a tepelné zpracování jako u konvenčně vyráběných dílů.

Od idey k reálnému dílu - Realizer



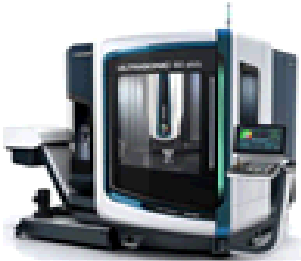
### Materiály pro 3D

- **Nerezová ocel**
- ✓ 316L
- **Nástrojová ocel**
- ✓ 1.2709
- **Aluminium**
- ✓ AlSi10Mg0,5
- **Titan**
- ✓ Ti
- **CoCr**
- ✓ CoCr MP1 / ASTM F75
- ✓ CoCrMo
- **Inconel**
- ✓ 625

# Hybridní technologie

## ULTRASONIC integrovaný do frézovacích center

**DMG MORI**



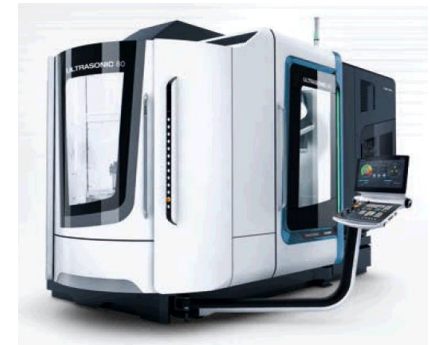
US 60 eVo *linear*  
US 80 eVo *linear*



US 260  
US 360

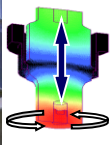


US 65 monoBlock  
US85 monoBlock



US 60 duoBlock  
US 80 duoBlock  
US 100 duoBlock  
US 160 duoBlock

### ULTRASONIC- broušení



### Přednosti ULTRASONIC broušení

- redukce řezných sil až o 40%
- proveditelnost slabých můstků a stěn < 0,5mm
- delší životnost nástrojů, nižší ohřev nástroje
- redukce podpovrchových vad
- excelentní kvalita povrchu  $Ra < 0,1 \mu m$
- přesnost obrobku  $< 10 \mu m$
- vyšší objem úběru
- optimální odchod částic z místa úběru
- hospodárné dokončování sintrovaných či vysoce lisovaných technických keramik ( $Si_3N_4$ ,  $SiC$ ,  $ZrO_2$ )
- redukce delaminace u kompozitů vyztužených vlákny

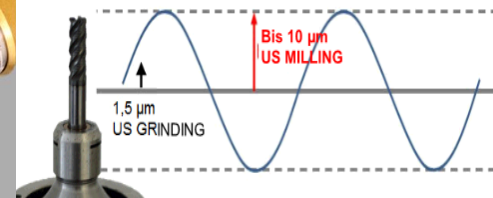
### ULTRASONIC- frézování s definovaným břitem



Indukční vysokofrekvenční napájení z vřetene do držáku

Stimulace piezočláčku uvnitř oscilačního generátoru  
Vibrace v ose Z

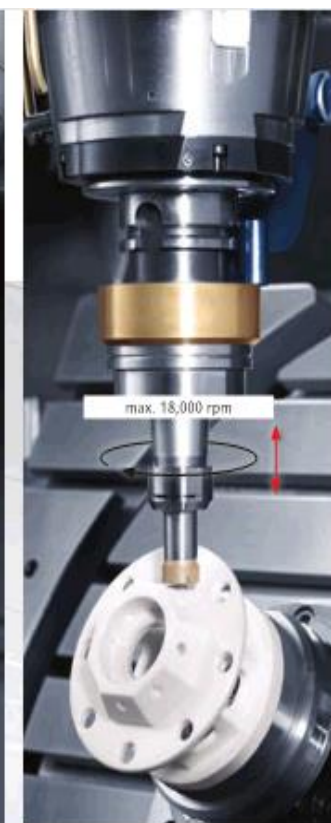
Generace definovaných vibrací na řezné hraně nástroje 20-50kHz  
Oszillation / Amplitude





# ULTRASONIC

## Příklady použití ULTRASONIC - broušení



ULTRASONIC  
HSK-32 / -40 actuator system

ULTRASONIC  
HSK-63 actuator system

ULTRASONIC  
HSK-100 actuator system

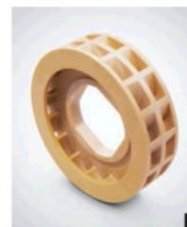
US 10000 1/min  
Optické sklo

US 8000 1/min  
Zerodur

US 8000 1/min  
Si



Si3 N4,



Zirkonoxid



Si3 N4, Zirkonoxid



Aerospace



Rotor blade segment / CFRP



Automotive



Center console / CFRP



Děkuji za pozornost !