

# Výzkum a vývoj nelaserové technologie pro aditivní a hybridní výrobu – aktuální stav

Tomáš Fornůsek  
Ivan Diviš

Nelaserová technologie pro aditivní a hybridní výrobu z kovů **FV20607**



- Hybridní technologie výroby z kovů

**Additive Manufacturing** je od roku 2015 dle CECIMO a EU nový průmyslový segment spadající pod obor **Machine Tools**.

Rodina „mateřských“ výrobních technologií se rozrůstá o technologie **Additive Manufacturing** a **Hybrid Manufacturing**.



**Additivní technologie**  
(variabilita tvaru)

+



**Třískové obrábění**  
(přesnost a jakost)

=

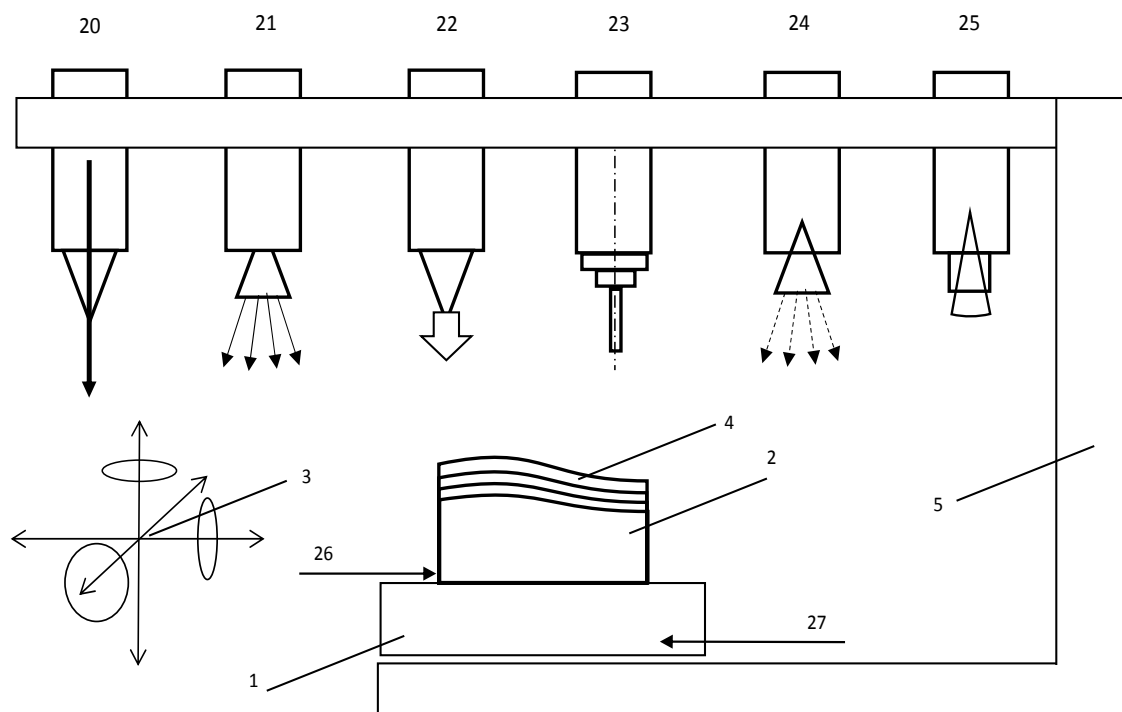
**Hybridní technologie výroby** v jednom pracovním prostoru - společná nosná struktura, pohony, řízení

Stroj WeldPrint 5AX



## Hybridní technologie s využitím nelaserové aditivní technologie WAAM (wire arc additive manufacturing)

Technologii byl Úřadem průmyslového vlastnictví v ČR udělen **patent č. 306654** s názvem „Způsob vytváření kovových dílců pomocí depozice materiálu a zařízení k provádění tohoto způsobu“ a současně probíhá patentové řízení k podanému návrhu mezinárodnímu patentu.



- Operace navařování pomocí navařovací hlavy 20
- Operace přetržitého chlazení pomocí jednotky pro přetržité chlazení 21
- Operace čištění návaru pomocí jednotky pro čištění návaru 22
- Operace obrábění návaru – jednotka 23 modifikace tvaru návaru
- Operace čištění a sušení povrchu – jednotka 24
- Operace kontroly teploty – jednotka 25
- Operace průběžného chlazení dílce – jednotka 26
- Operace průběžné chlazení stolu/palety/základu – jednotka 27

## Aditivní proces zajišťuje „běžný“ svařovací agregátu MIG/MAG

Výhodou je, že jde o známé a běžné zařízení v průmyslu.

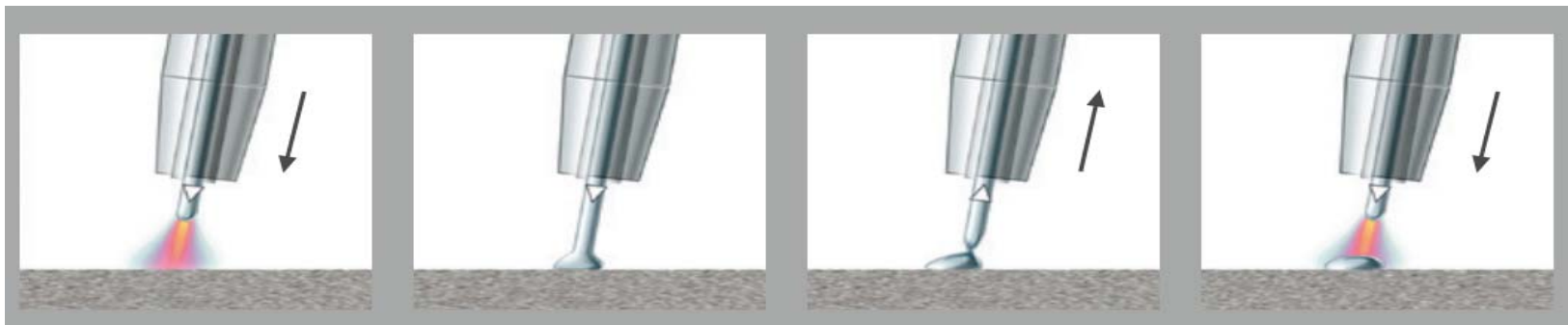
Velký výběr svařovacích drátů a ochranných plynů.

Levný provoz a údržba oproti laserovým technologiím.

El. oblouk hoří ve všech směrech, ne jenom shora dolů!

Nelze konkurovat v mini strukturách, ale v navařeném objemu. Minimální šířka návaru je 3 mm.

## Technologie studeného návaru od firmy FRONIUS



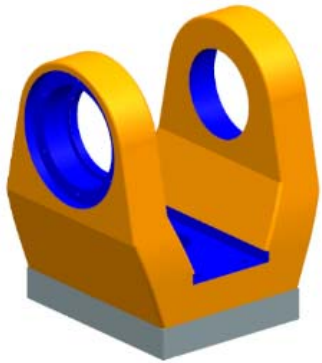
### **CMT „Cold metal transfer“ metoda studeného navařování**

Studenější proces svařování se docílí cyklickým zatahováním svařovacího drátu.

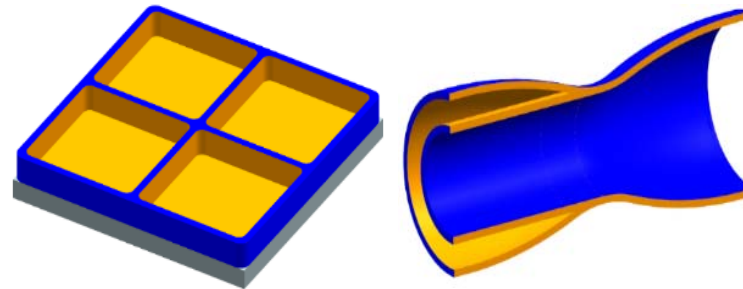
Stále se tedy zapaluje a zhasíná elektrického oblouk (frekvence 20 – 90 Hz).

**Výhoda menšího teplotního ovlivnění okolí návaru. (menší pnutí)**

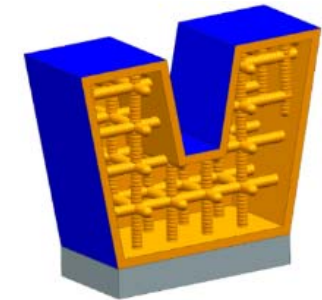
## Využití hybridní technologie: **navařování** + **obrábění** + polotovary



- ✓ Vytváření plných dílů včetně obrábění



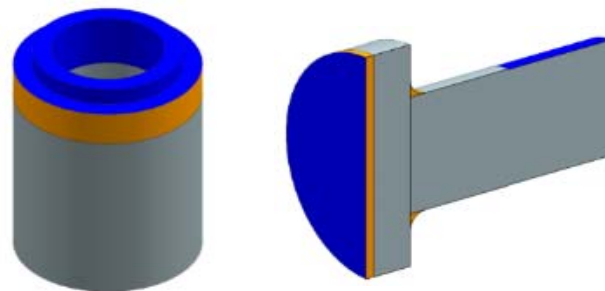
- ✓ Vytváření skořepinových dílů včetně obrábění



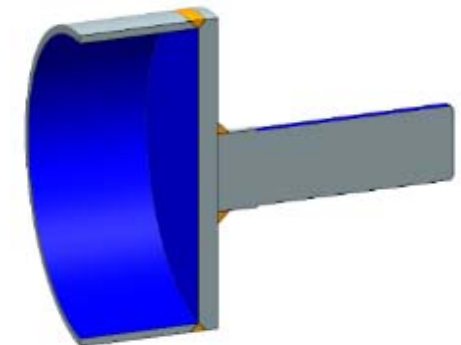
- ✓ Vytváření dutých dílů s vnitřní podpurnou strukturou + obrábění



- ✓ Vytváření plných dílů s vnitřními kanály



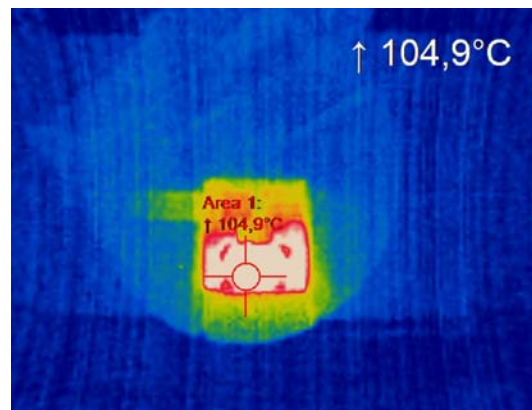
- ✓ Navařování funkčních povrchů, funkčních částí a detailů + obrábění
- ✓ Navařování tvrdokovových povrchů a kluzných povrchů + obrábění
- ✓ Opravy včetně obrábění



- ✓ Svařování, včetně svařování různých kombinací kovů + Obrábění

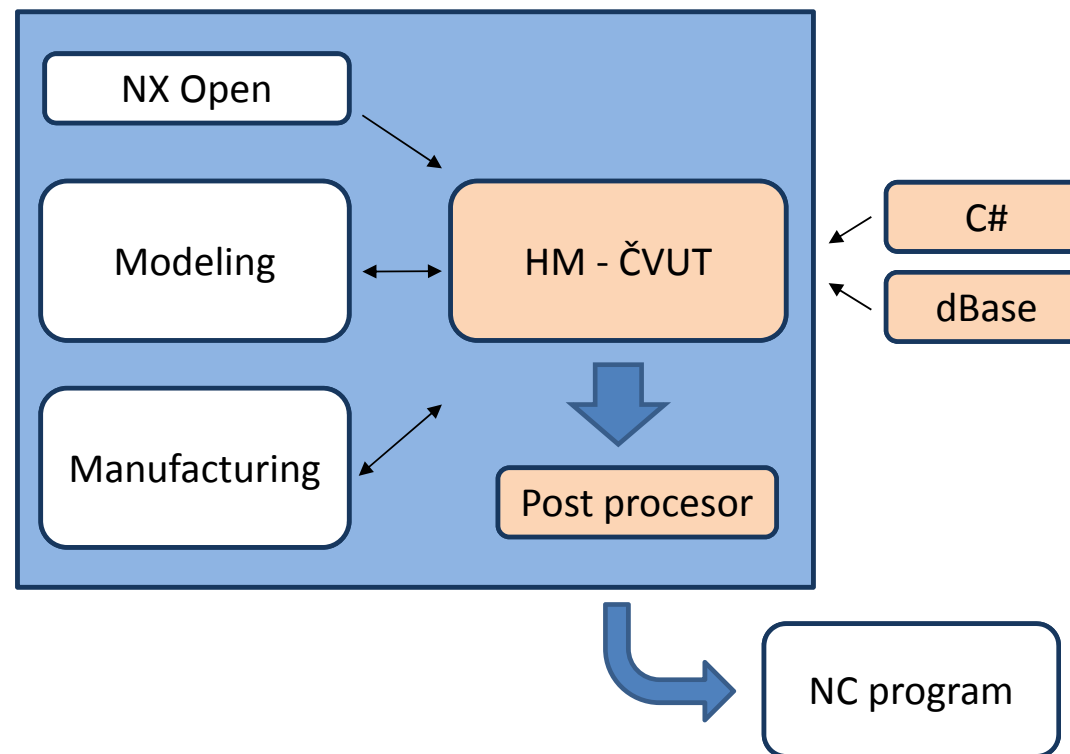
## ■ Prototyp WeldPrint MCV 5X

- Základ stroje MCV1000 5AX – 5osé frézovací centrum
- Aditivní technologie MIG/MAG - Fronius CMT
- Nový design a strojní panel
- Rozšíření aparátů chlazení a odsávání
- Monitorování pracovního prostoru
- Termokamera pro sledování procesu
- Sledování a záznam procesních parametrů real-time
- Čištění a sušení dílce
- Ofuk stlačeným vzduchem
- Ofuk dmychadlem



- Vlastní vyvíjený CAD/CAM HM modul v systému NX

NX Siemens PLM

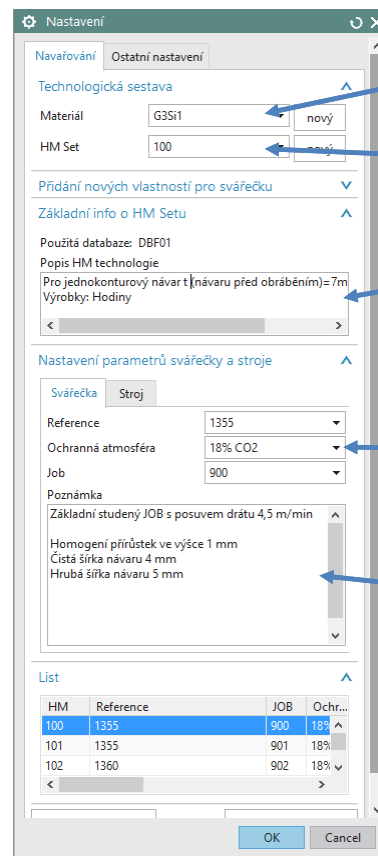
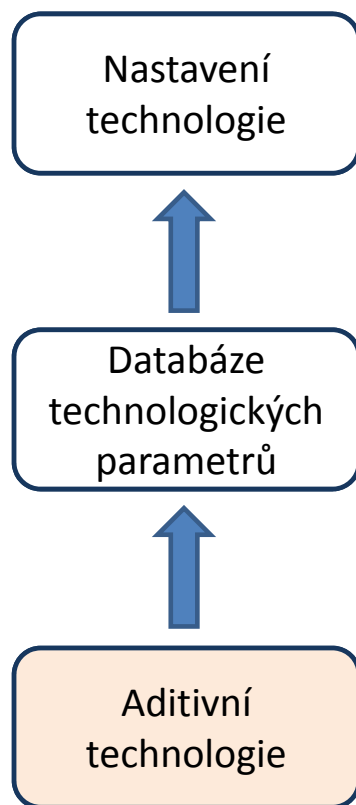








■ Vlastní vyvíjený CAD/CAM HM modul v systému NX



Volba materiálu

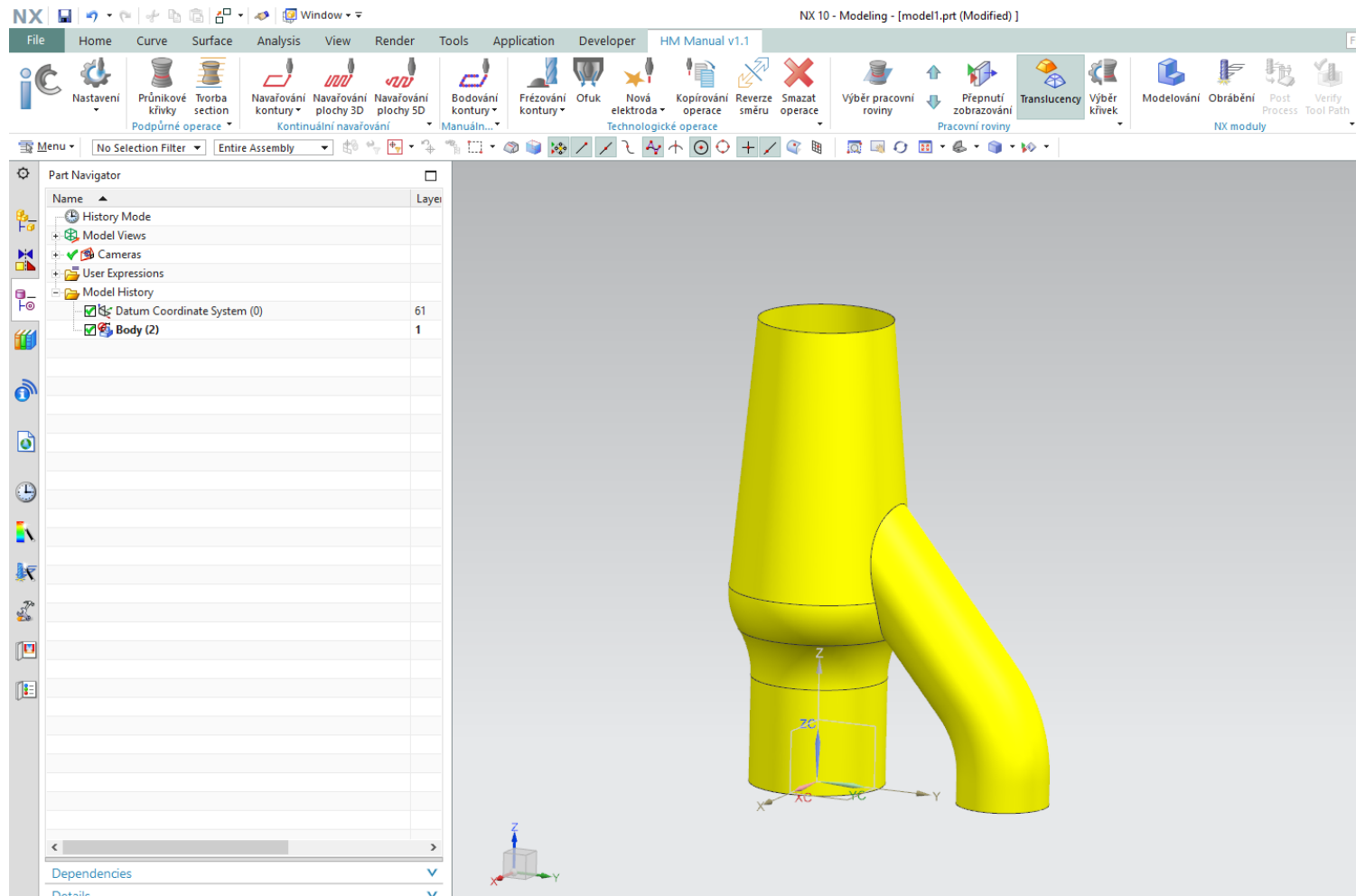
Volba HM setu

Popis technologie

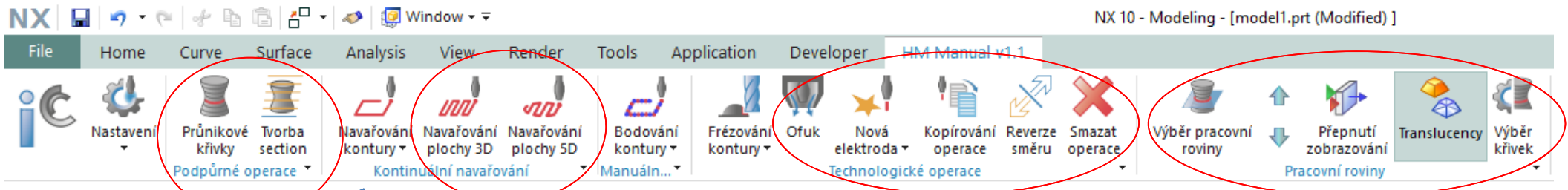
Nastavení navařovacího agregátu a stroje

Popis použité strategie

## ■ Vlastní vyvíjený CAD/CAM HM modul v systému NX



## Vlastní vyvíjený CAD/CAM HM modul v systému NX



Geometrické funkce

Plošné navařování

Frézování

Pomocné technologické funkce

Pomocné zobrazovací funkce

Kontinuální navařování

Bodování

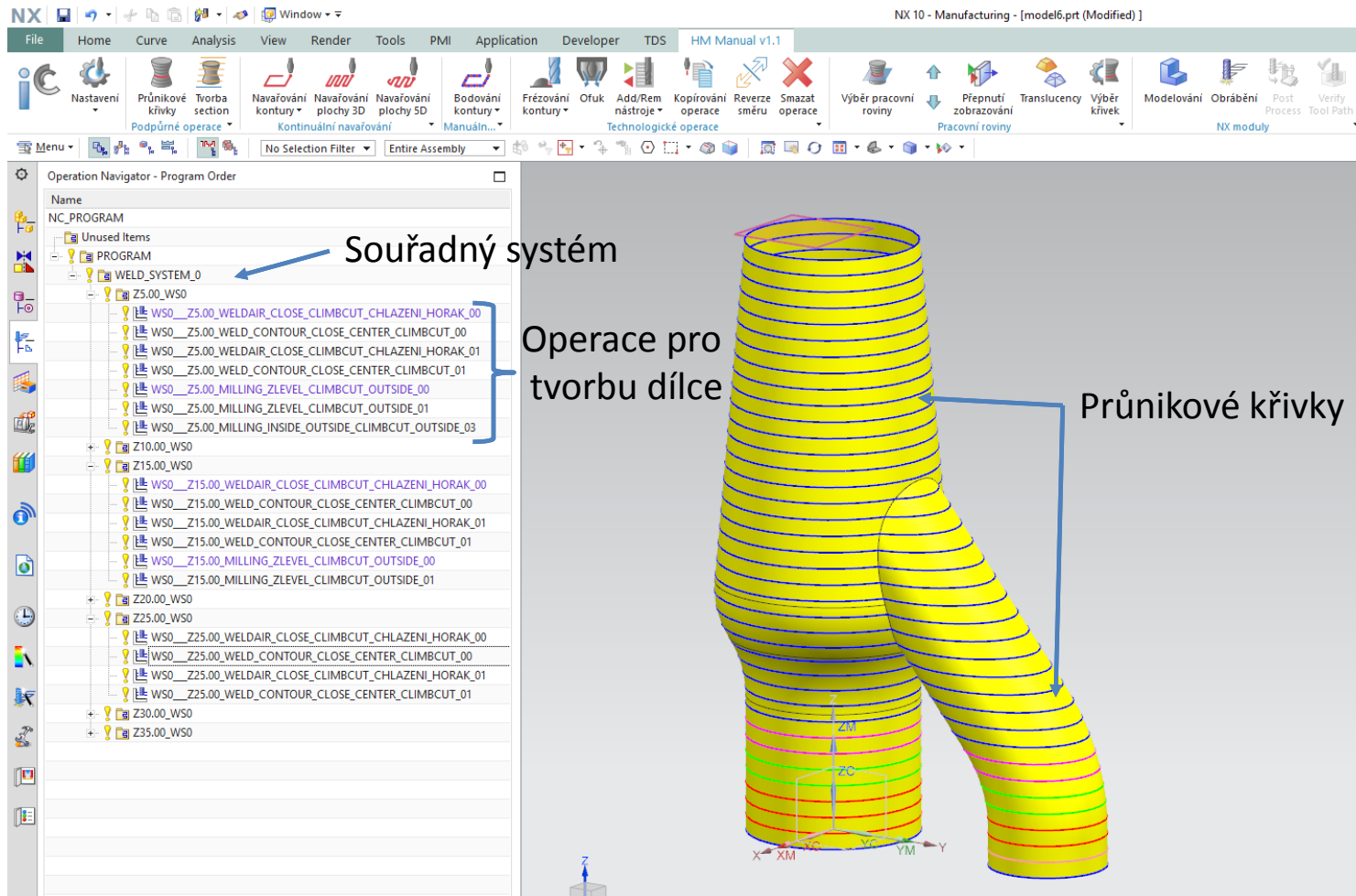
- Navařování kontury
- Reverze směru
- Definice Start Point
- Definice Start Point a Reverze směru
- Definice JOBů

- Bodování kontury
- Definice Start Point

- Frézování kontury
- Frézování Z

- Nová elektroda
- Nový nástroj
- Add/Rem nástroje
- Add/Rem Def Operace

- Vlastní vyvíjený CAD/CAM HM modul v systému NX



## ■ Vlastní vyvíjený CAD/CAM HM modul v systému NX

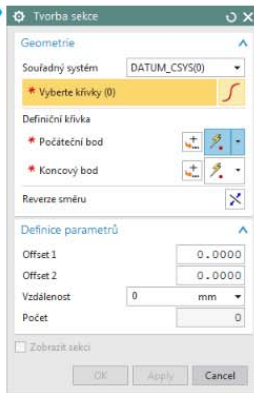
```
0 BEGIN PGM DIFUZOR MM
1 ;===== CONTI =====
2 ; NAZEV OPERACE: WSO___Z5.00_WELD_CONTOUR_CLOSE_CENTER_CLIMBCUT_00
3 ;=====
4 TOOL CALL 1.1 Z
5 PLANE RESET TURN FMAX
6 CYCL DEF 300 SVAROVACI REZIM ~ Q1500=+1 ;Pozice horaku ~ Q1501=+3 ;Rezim svarovani ~ Q1503=+10 ;Metoda svarovani
7 CYCL DEF 301 SVAROVANI NASTAVENI ~ Q1520=+908 ;JOB/PROGRAM cislo
8 M60
9 M80
10 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
11 CYCL DEF 32.1 TO.01
12 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:0 TA0.1
13 L X-26.749 Y.008 Z15. A+0.0 C+0.0 FMAX
14 L Z.5 FMAX
15 L Z+0.0 F500.
16 L X-26.637 Y-2.44 M900 ←
17 L X-26.301 Y-4.869
...
104 L X-26.749 Y.008
105 M901 ←
106 L Z15. FMAX
107 CYCL DEF 300 WELDING MODE Q1500=0. Q1501=0. Q1502=0. Q1503=0.
108 PLANE RESET TURN FMAX
109 M5
110 M9
111 END PGM DIFUZOR MM
```

Definice navařování

Zahájení navařování

Ukončení navařování

Manuál pro HM modul

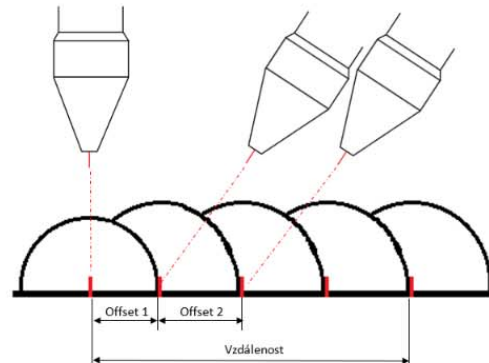


Tlačítko Tvorba section slouží k vytvoření křivek pro návar 5ti-osým způsobem.

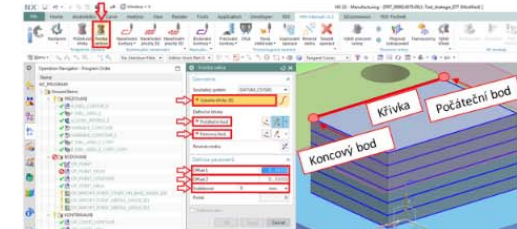
1. Uživatel vybere jednu z hraničních křivek, která definuje Z souřadnici pro určení roviny navařování
  2. Uživatel definuje počáteční a koncový bod
  3. Lze zvolit, kterým směrem od křivky bude sekce vytvořena
  4. Offset 1 je rozteč mezi prvním a druhým návarem, který je rozdílný od rozteče mezi dalšími návary a je označen Offset 2
- Po určení parametru Vzdálenost se automaticky doplní Počet (návarů)

2. Doplnující vysvětlení:
- 3.
- 4.

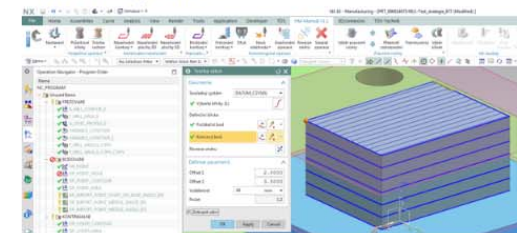
Pohled na navařené housenky 5ti-osým způsobem v řezu.



Vytvoření sekce.



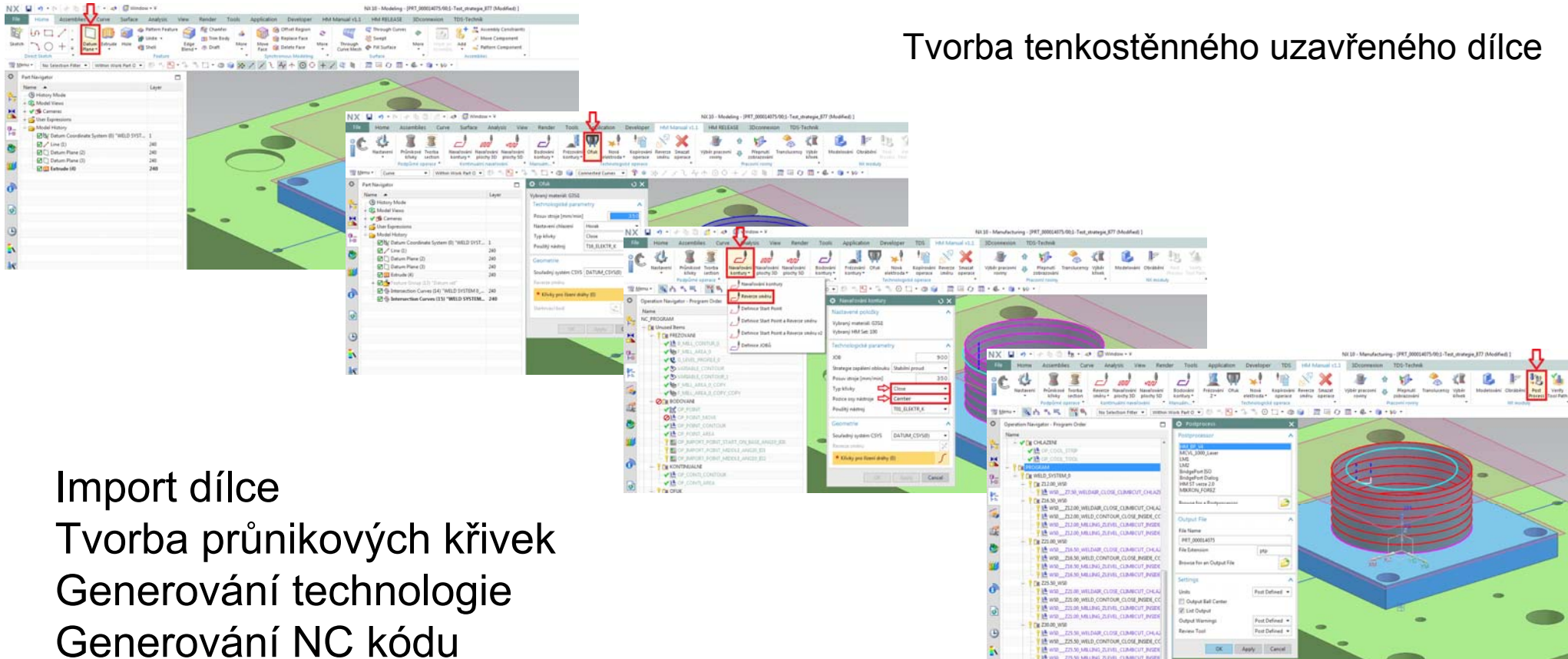
Vzniklá sekce může vypadat takto:





## Tutorial pro HM modul

### Tvorba tenkostěnného uzavřeného dílce





Nelaserová technologie pro aditivní a hybridní výrobu z kovů **FV20607**



## ■ Představení konkrétních ocelových dílců vyrobených na hybridním stroji s aditivní technologií WAAM.

Materiál: G3Si1  
Hmotnost: 19,5 Kg



✓ Vytváření plných dílů včetně obrábění

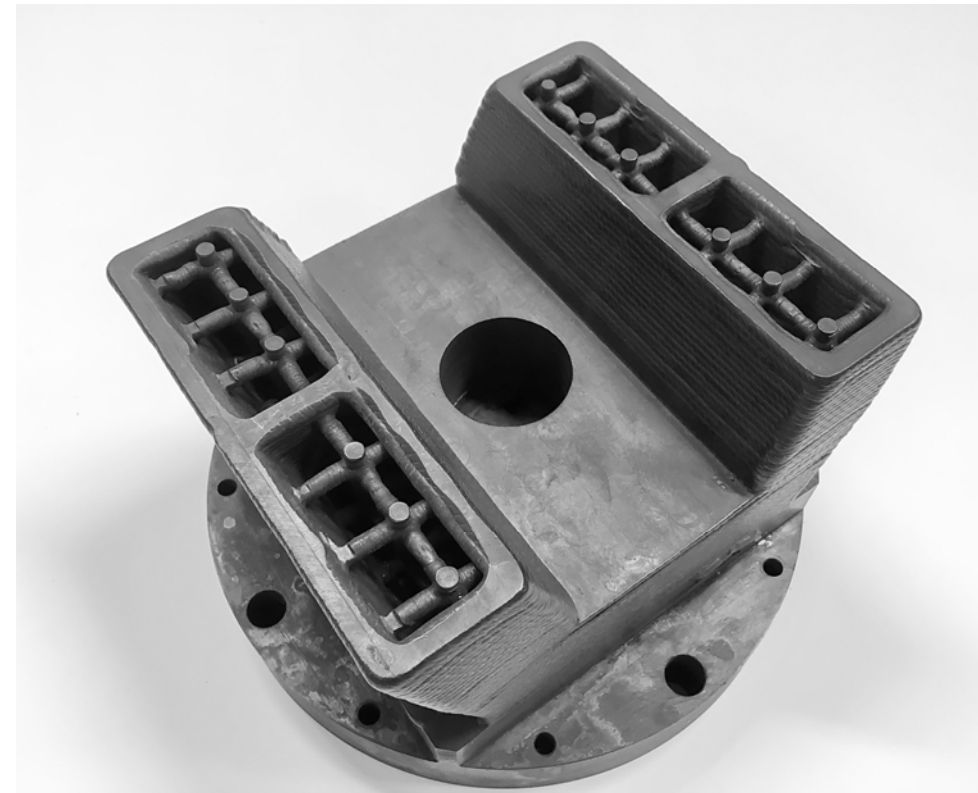
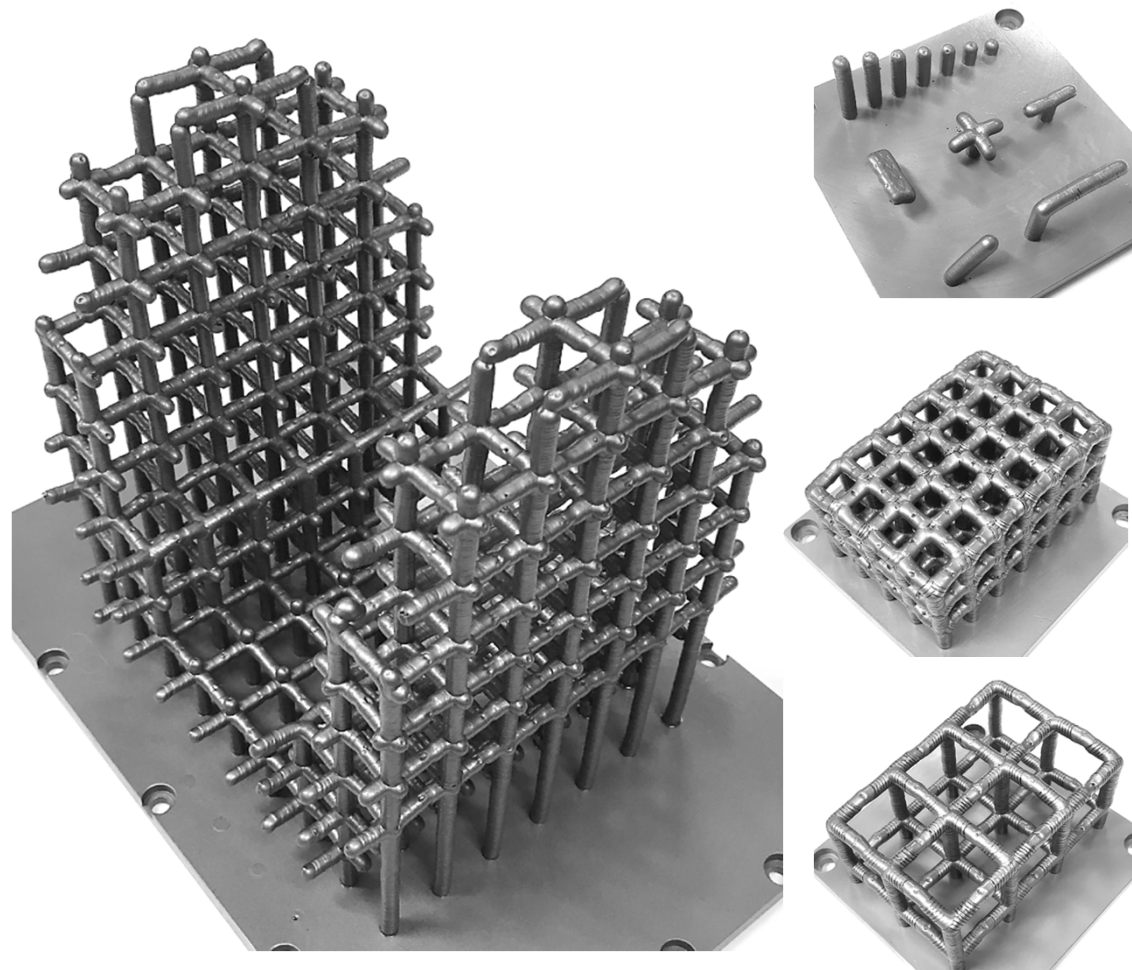


Materiál: G3Si1  
Hmotnost: 1,7 Kg



✓ Vytváření skořepinových dílů včetně obrábění

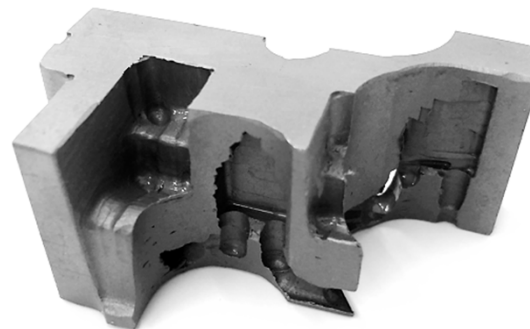
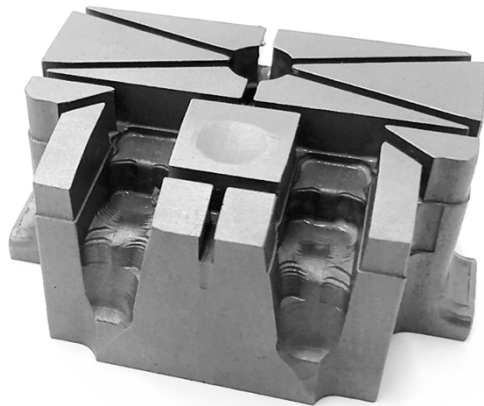
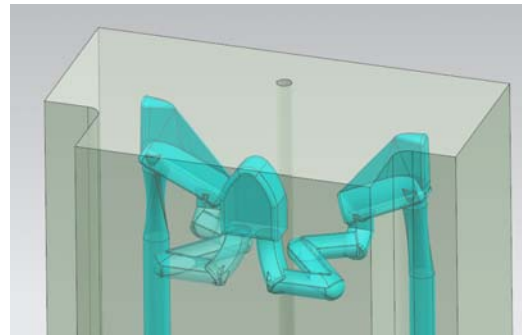
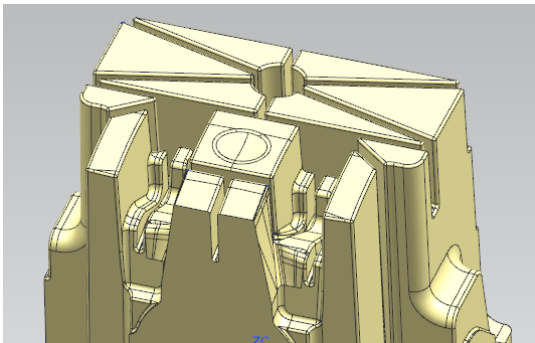
- Příklady podpůrných a vnitřních struktur a dutých dílců



✓ Unikátní možnost stavby dutých dílů s vnitřní podpůrnou strukturou

## ■ Části forem z nástrojové oceli

Nabízí se možnost využití **kombinace navaření dutých insertů do konvenčně obrobené formy** a tím vytvořit sofistikovanou formu s vnitřními chladícími kanály za účelem zvýšení taktu vstřikolisu.

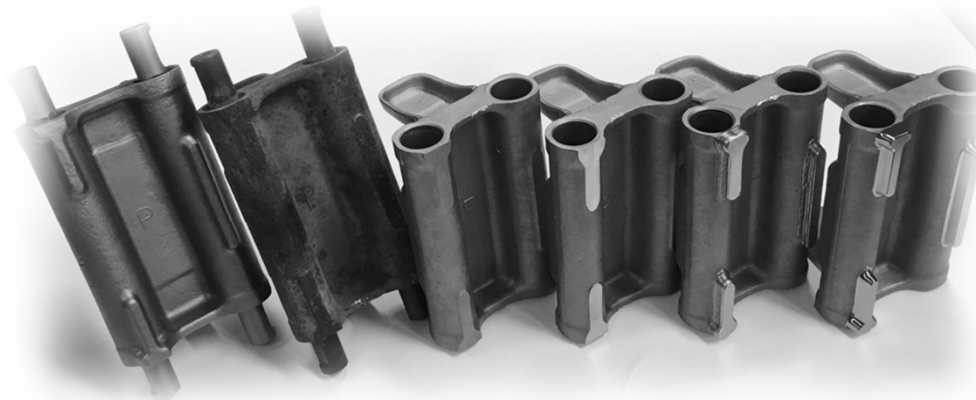




Nelaserová technologie pro aditivní a hybridní výrobu z kovů **FV20607**



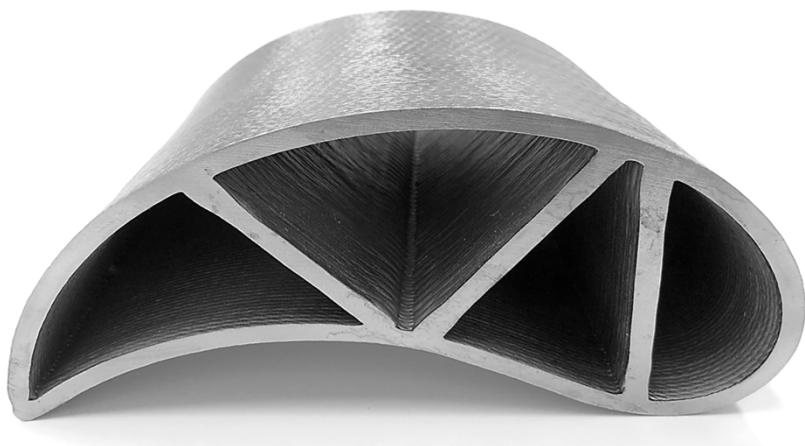
■ Repase článku pásu pásového vozidla – **otěruvzdorná ocel**



Čas celkového  
procesu: 30 min

Hmotnost: 320 g

■ Tenkostěnné nerezové dílce Cr 20% Ni 10%



ČVUT a KOVOSVIT MAS, a.s., hledá firmy se zájmem  
**spolupracovat na vývoji ověřené technologie.**

Jan Smolík 605 205 918, [j.smolik@rcmt.cvut.cz](mailto:j.smolik@rcmt.cvut.cz)

Ivan Diviš 608 153 531, [i.divis@rcmt.cvut.cz](mailto:i.divis@rcmt.cvut.cz)

Tomáš Fornůsek 605 205 907, [t.fornusek@rcmt.cvut.cz](mailto:t.fornusek@rcmt.cvut.cz)

Petr Heinrich 602 526 687, [heinrich@kovosvit.cz](mailto:heinrich@kovosvit.cz)

Projekt FV20607 je realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu ČR.