



FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE

# Roboty v obrábění a Výzkum výrobních strojů a technologií v oddělení IPA CIIRC

M. Sulitka, P. Kolář, J. Švéda

22.10.2020 | Setkání OŘ SST | TELCO meeting



ČESKÝ INSTITUT  
INFORMATIKY  
ROBOTIKY  
A KYBERNETIKY  
ČVUT V PRAZE

[www.rcmt.cvut.cz](http://www.rcmt.cvut.cz)

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE | FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení | RCMT

Horská 3 | 128 00 Praha 2 | Česká republika | tel.: +420 221 990 914 | email: info@rcmt.cvut.cz





## Představení CIIRC

- Nejmladší součást ČVUT: založena 2013, od roku 2017 sídlí v nové budově v Praze-Dejvicích
- Mezioborový výzkumný ústav zaměřený na tato výzkumná témata: Cyber-physical systems, intelligent systems, industrial informatics, robotics and machine perception, industrial production and automation, cognitive systems and neurosciences, biomedical engineering and assistive technology.
- Tři oblasti zájmu: průmyslová výroba, energetika, společnost





## Participace fakulty strojní ČVUT

- CIIRC představuje společnou laboratoř v rámci ČVUT, kde je možno vytvářet společné týmy řešení multidisciplinárních úloh na špičkové vědecké úrovni s přímou vazbou na průmyslové realizace.



FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE



děkan FS:  
prof. Valášek



zakladatel CIIRC:  
prof. Mařík



ČESKÝ INSTITUT  
INFORMATIKY  
ROBOTIKY  
A KYBERNETIKY  
ČVUT V PRAZE

Ústav mechaniky, biomechaniky  
a mechatroniky

Vedoucí: Prof. Milan Růžička

Ústav přístrojové a řídicí techniky

Vedoucí: Prof. Tomáš Vyhliďal

Ústav výrobních strojů a zařízení  
RCMT

Vedoucí: Dr. Matěj Sulitka

společná výzkumná témata,  
Testbed Průmyslu 4.0,  
společné projekty,  
personální synergie

Oddělení průmyslové výroby  
a automatizace | IPA

Vedoucí: prof. Michael Valášek  
Zástupce vedoucího: Doc. Petr Kolář

Další oddělení CIIRC...

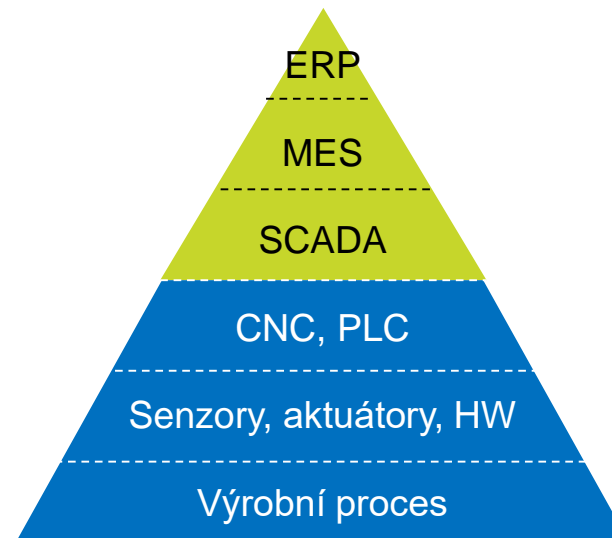
# Oddělení Průmyslové výroby a automatizace | IPA

- Tři oblasti zaměření výzkumu v oblasti výrobní techniky a technologie:



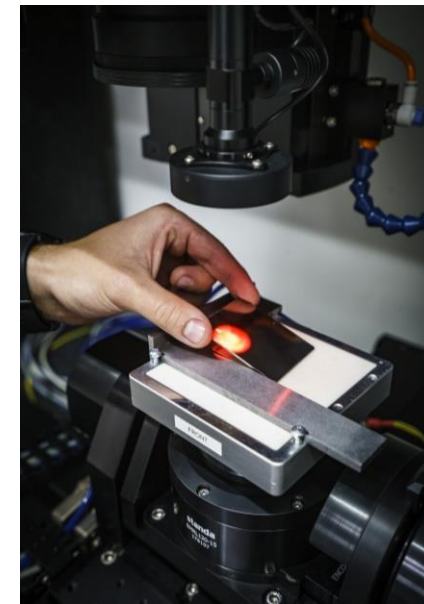
## Roboty a automatizace

- Průmyslové roboty
- Kolaborativní roboty
- Obrábění roboty
- Spolupráce robotů a OS



## Průmyslová komunikace a zpracování dat

- Vyčítání dat o strojích a procesech
- Komunikace výrobních zařízení v rámci nadřazených systémů
- Strategie zpracování a využití dat



## Výrobní technologie

- Laserové technologie
- Obráběcí technologie
- Technologická metrologie

## Testbed Průmyslu 4.0

- CIIRC ČVUT představil Testbed Průmyslu 4.0 jako nové **výzkumné a experimentální pracoviště pro testování inovativních řešení a procesů** pro inteligentní továrny.
- Testbed má dvě části zaměřené na **robotickou montáž** a **výrobní technologie**. Obě části mají společnou IT infrastrukturu pro sdílení dat ze strojů a procesů, pro propojení reálných strojů s jejich digitálními dvojčaty a se SmartGrid zdroji energie.
- Účelem Testbedu je poskytnout **platformu pro realizaci a ověření výstupů výzkumu týkajících se aspektů Průmyslu 4.0** a pro vytvoření scénářů, které by demonstrovaly výsledky v oblastech: Optimalizace a plánování výroby; Sémantický popis výrobních operací; Propojení konstrukce produktu se samoorganizující se výrobou; Komunikace v sítích se smíšenou kritičností založených na průmyslovém Ethernetu; Modelování a identifikace robotického provozu; Optimalizace energetické účinnosti výrobních (robotických) systémů; Diagnostika a údržba založená na modelu; Zpracování dat a analýza vzorů; Data mining v životním cyklu produktu.
- Laboratoř je současně využívána pro výukové a výcvikové aktivity v rámci činnosti Fakulty strojní.





## Horní část: robotická montáž

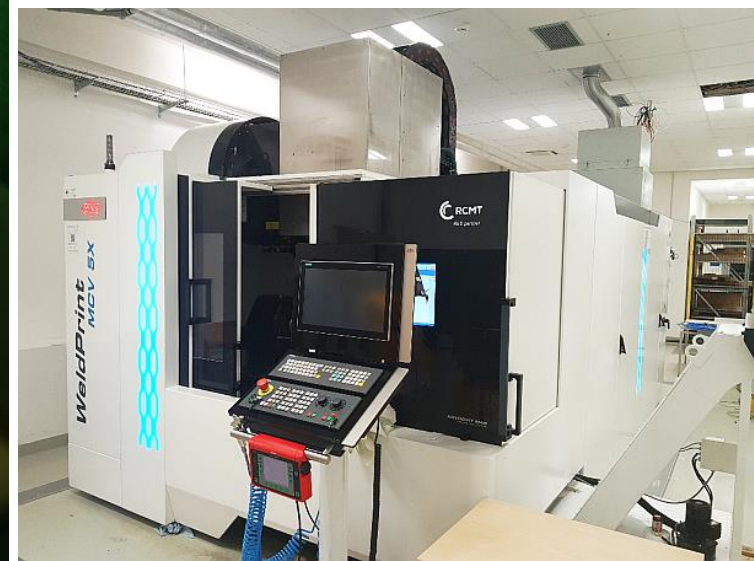
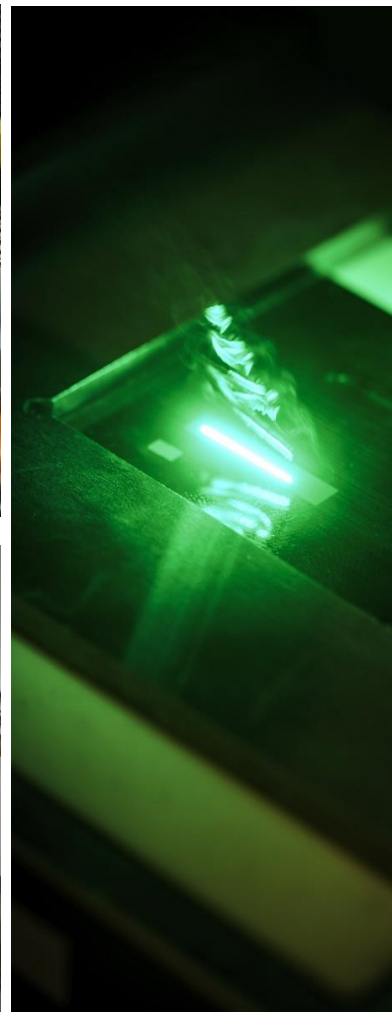
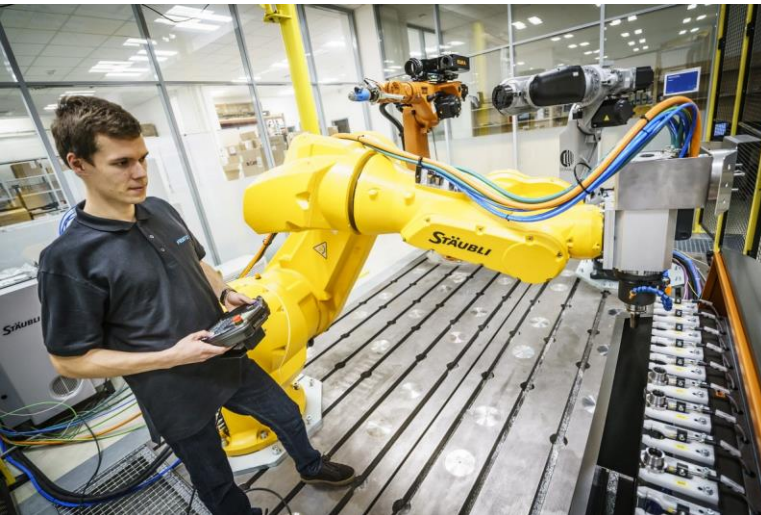
- Průmyslové a kolaborativní roboty propojené s automatickým dopravníkem pro plně automatizované a kolaborativní scénáře montáže.
- Klíčovou součástí Testbedu je softwarová vrstva. Funkce ERP / MES / SCADA / PDM se používá pro obě části Testbedu k demonstraci hlavních výhod propojené digitální produkce.





## Dolní část: výrobní stroje a technologie

- Část spravovaná oddělením IPA





# Příklad řešeného projektu: DMS Cluster 4

- Vývoj integrační platformy - Cluster 4.0 Integration Platform (C4IP)
  - Komplexní rozbor problematiky (výroba, optimalizace)
  - Interakce mezi výrobními stroji a nadřazenou řídicí platformou
- První výstupy: komunikace výrobních strojů s MES SIDAS (datové propojení a datový komunikační model)



Koordinátor:



Průmysloví partneři:



Podporovatelé:



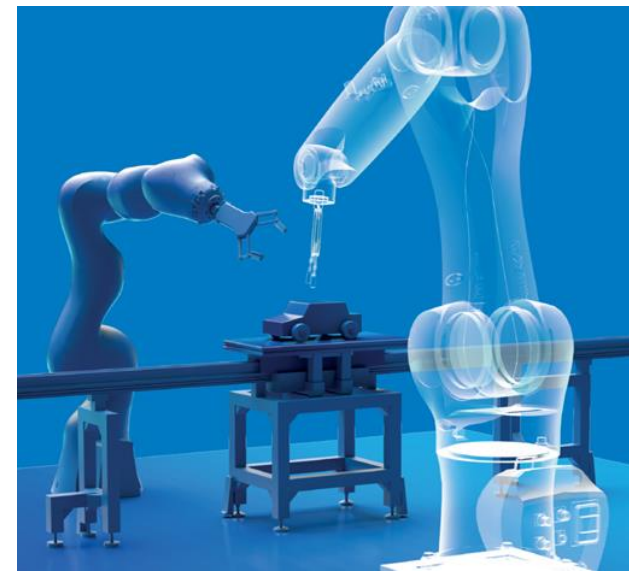
Partner:





## Projekt RICAIP

- RICAIP je aktuálně největší EU projekt v oblasti umělé inteligence (AI) pro aplikace v Průmyslu 4.0
- Centrum RICAIP **propojí testbedy v Praze, Brně a Saarbrückenu a pomocí virtuální a rozšířené reality** umožní vzdálené řízení průmyslové výroby nebo její rychlé přizpůsobení podle aktuálních potřeb zákazníka či dostupných výrobních prostředků.
- V rámci řešení projektu je **rozšiřováno investiční vybavení Testbedu Průmyslu 4.0**, které má umožnit další rozvoj spolupráce s firmami na řešeních blízkých aplikaci.

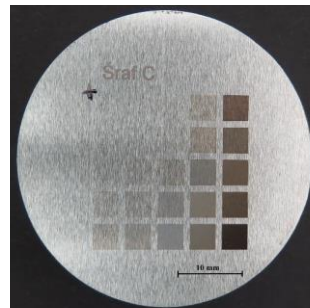


# Laserová mikroprocesní stanice

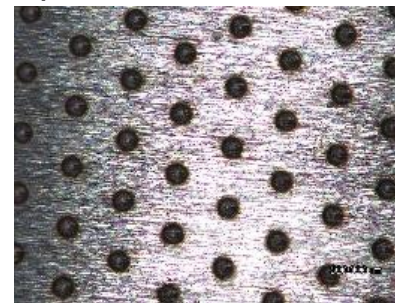
- Stanice disponuje unikátní kombinací **nanosekundového laseru** o průměrném výkonu 200 W a **femtosekundového laseru** o průměrném výkonu 40 W. Tato kombinace dovoluje unikátní spojení produktivního a přesného zpracování povrchu laserem.
- Stroj disponuje 5-osým polohováním, pro zpracování komplikovaných tvarů.



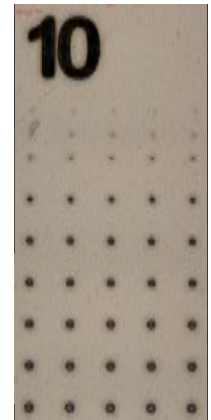
Modifikace, leštění  
a čištění povrchů



Strukturování  
povrchů

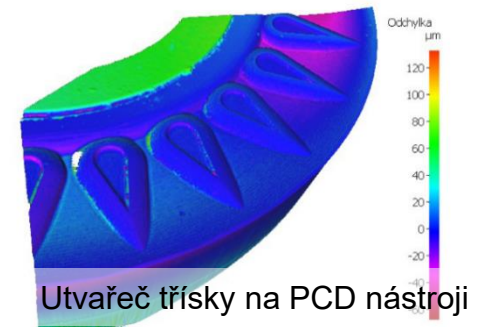
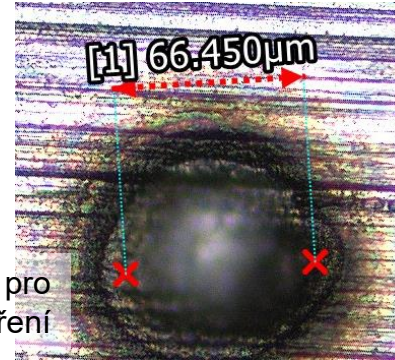


Obrábění  
supertvrdých  
materiálů



Testy ablace  
křemíku

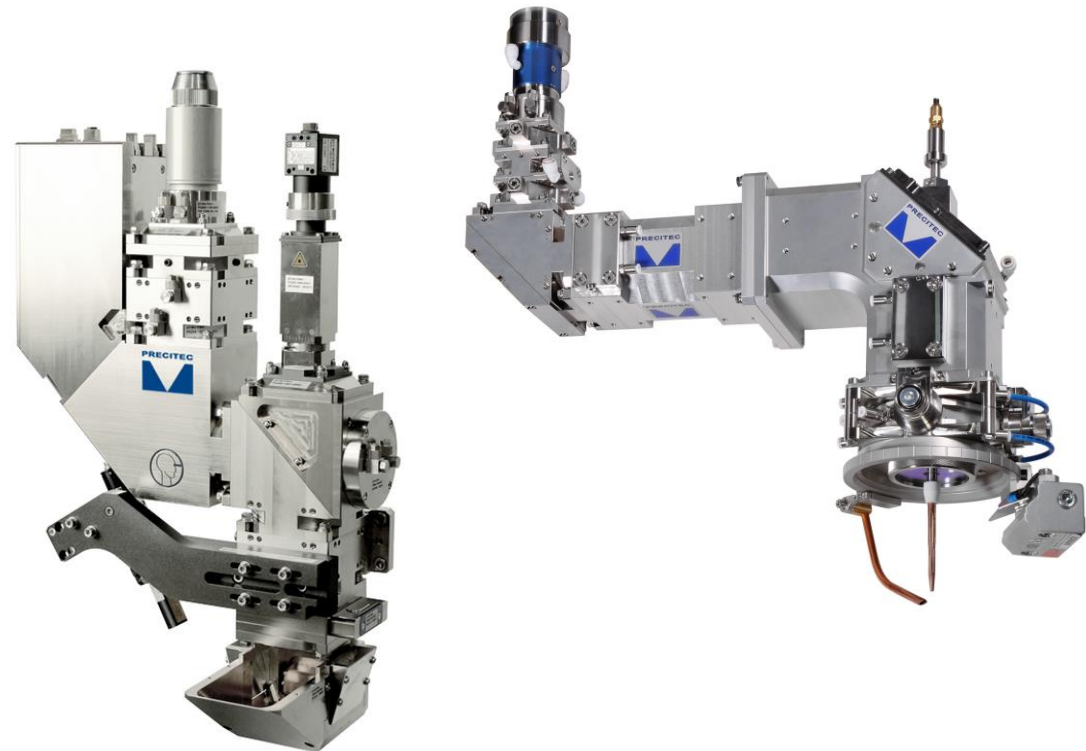
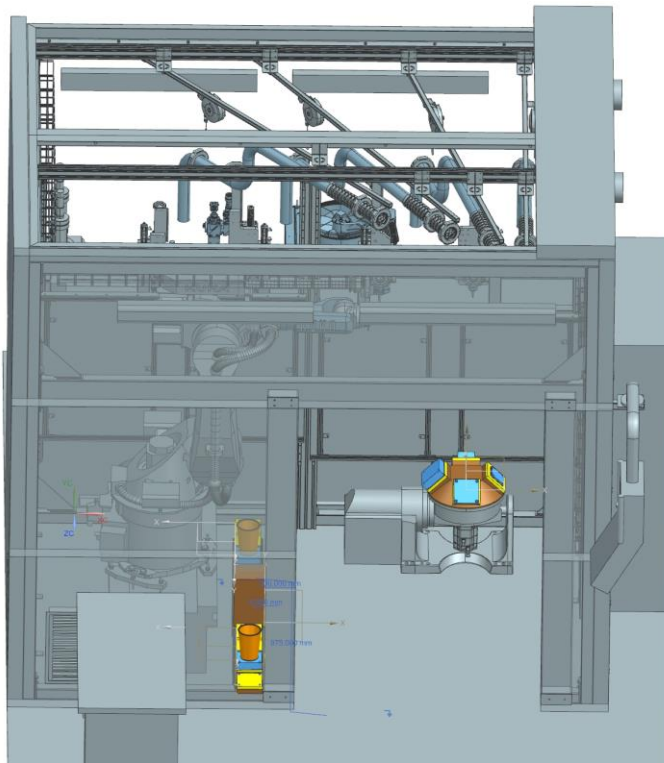
Modifikovaný povrch pro  
snižování kluzného tření



Utvařec třísky na PCD nástroji

## Multifunkční robotická buňka

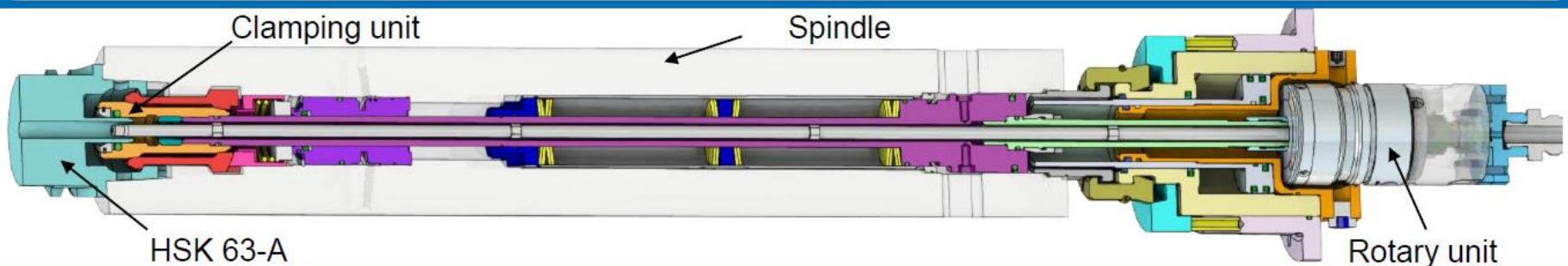
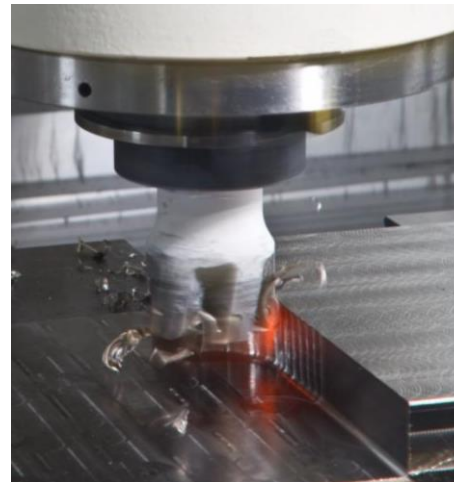
- Zařízení v realizaci dodávky, zahájení provozu 3/2021.
- Robotická buňka s automatickou výměnou laserových a WAAM procesních hlavic.
- Laserové hlavice pro povrchové kalení, svařování, řezání a aditivní výrobu z drátu i prášku. Výkon laserového zdroje 6 kW.





## Frézovací centrum s kryogenickým chlazením

- Rozšiřování vybavení pro výzkum těžkoobrobitelných materiálů.
- Probíhá výběrové řízení na horizontální frézovací centrum vybavené středovým přívodem LCO<sub>2</sub>+MQL. Dodání stroje 9/2021.
- Rozšíření spolupráce s výrobcí nástrojů i se zahraničními výzkumnými partnery



# Laboratoř technologické metrologie

- Součástí technologického vybavení je i metrologická laboratoř se souřadnicovým měřicím strojem a měřicími mikroskopy pro analýzu přesnosti dílců různých velikostí.



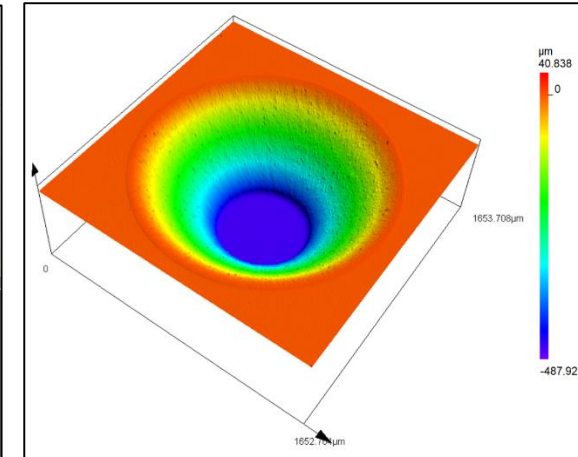
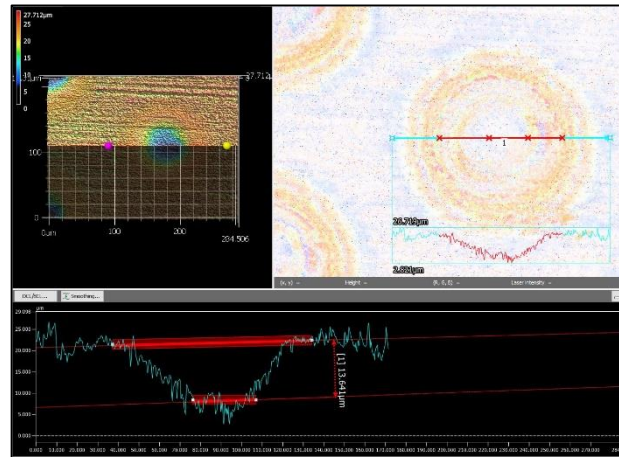
Alicona Infinite Focus G5  
(light optical microscope)

inspekce součástí (drsnost,  
tvarová a rozměrová přesnost)



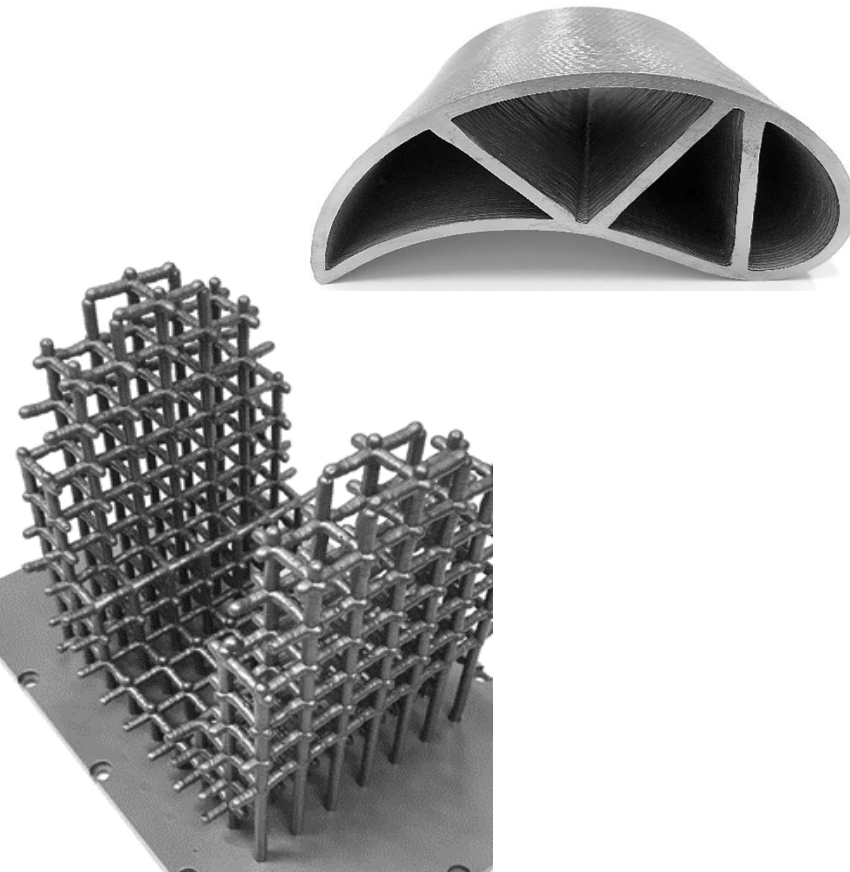
Keyence VK-X1000  
(laser confocal  
microscope)

velmi přesné měření  
rozměrů a tvaru  
reflexivních povrchů



## Stroj pro hybridní výrobu Weldprint

- Stroj pro hybridní výrobu kombinací WAAM a pětiosého obrábění v jednom pracovním prostoru.
- Výzkum výrobních strategií i řetězce technologické přípravy výroby.

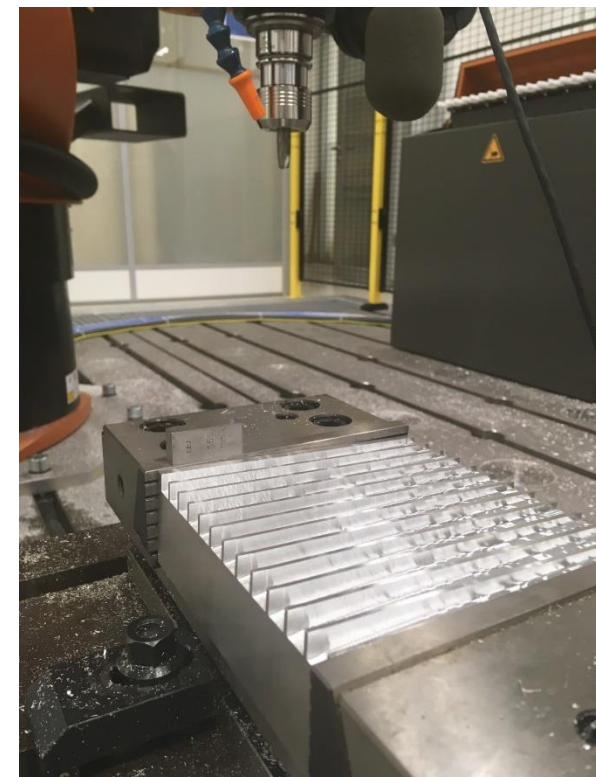
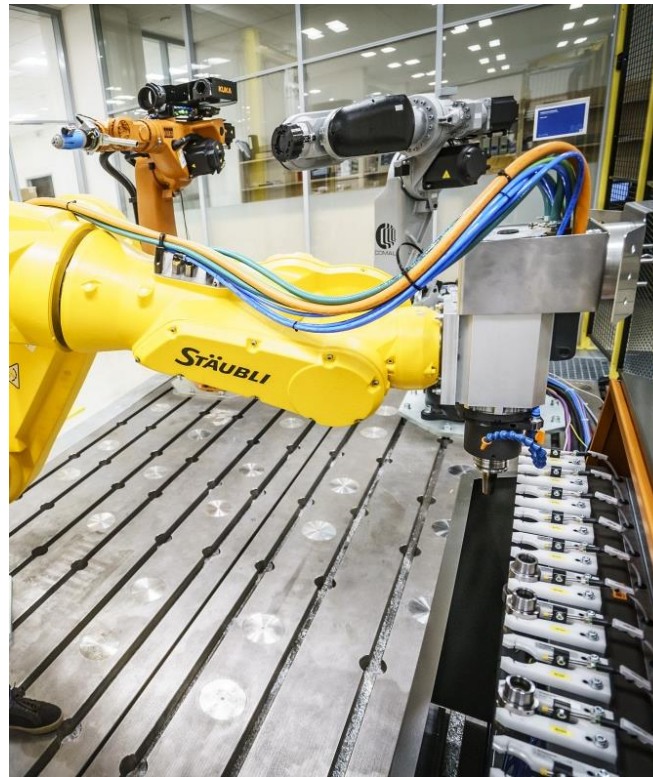
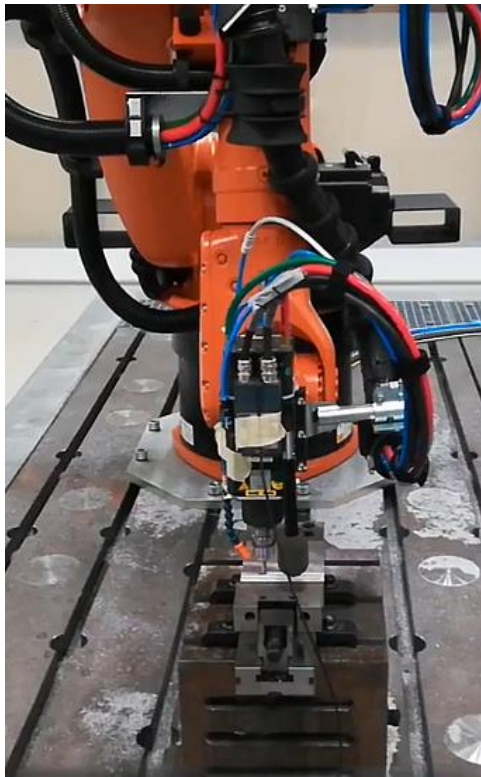






## Robotika a průmyslová automatizace

- Probíhají výběrová řízení pro nákup průmyslových a kolaborativních robotů a AGV
- Probíhá výzkum obrábění roboty – interakce robota s procesem
- Výzkum řízení robotů: interpolace robotu s dalšími zařízeními (spolupráce robotů a OS), integrace řízení Siemens Sinumerik

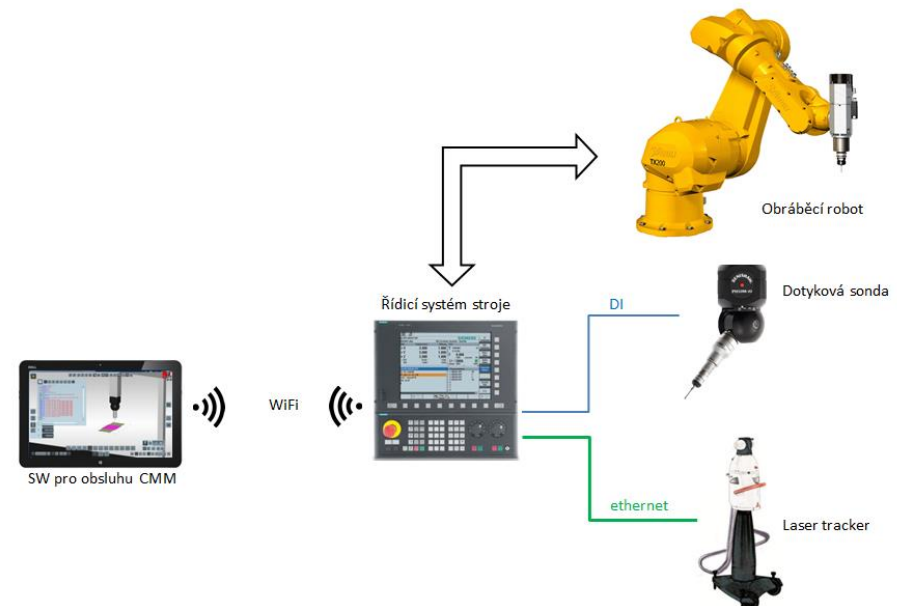


## Robot pro přídatné funkce

- Výměna nástrojů a obrobků
- Dokončovací a čisticí práce
  - Odjehlení, sražení hran
  - Čištění obrobku
  - ...
- Inspekce dílce
  - Dotyková sonda nebo skener
  - Přídatné odměřování polohy, např. laser tracker
  - Ovládání pomocí metrologického SW
- Nositel technologie, např. navařování

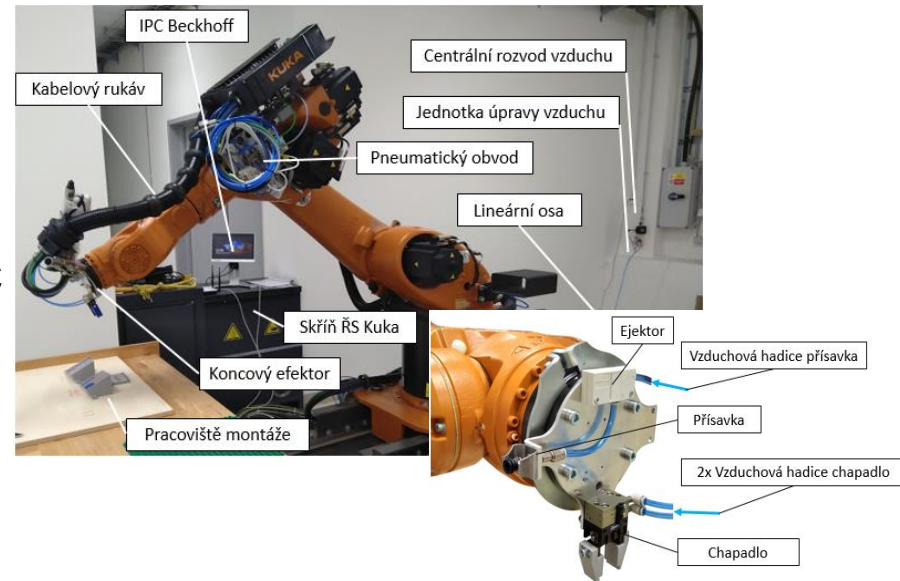


Source: TOS VARNSDORF a.s.



## Robot pro přídatné funkce

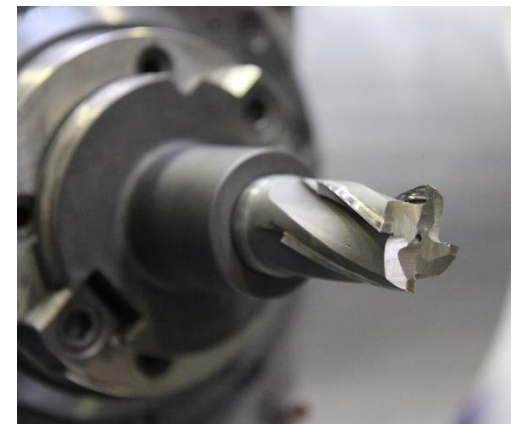
- Montážní operace – **USB paměť**
  - Kompletace sestav
  - Příklad montáže USB paměti v CIIRC
  - Obal (2ks) + USB paměť
  - Obal uživatelsky modifikovatelný
  - Řízení robotů nadřazeným systéme
  
- Montážní operace – **závitové spoje**
  - Montáž šroubu na pohybující se předmět – montážní linka
  - **Optické navádění** na kontakt x **silové sledování** předmětu
  - Ověření na dvojici robotů
    - Technologie
    - Simulace pohybu předmětu





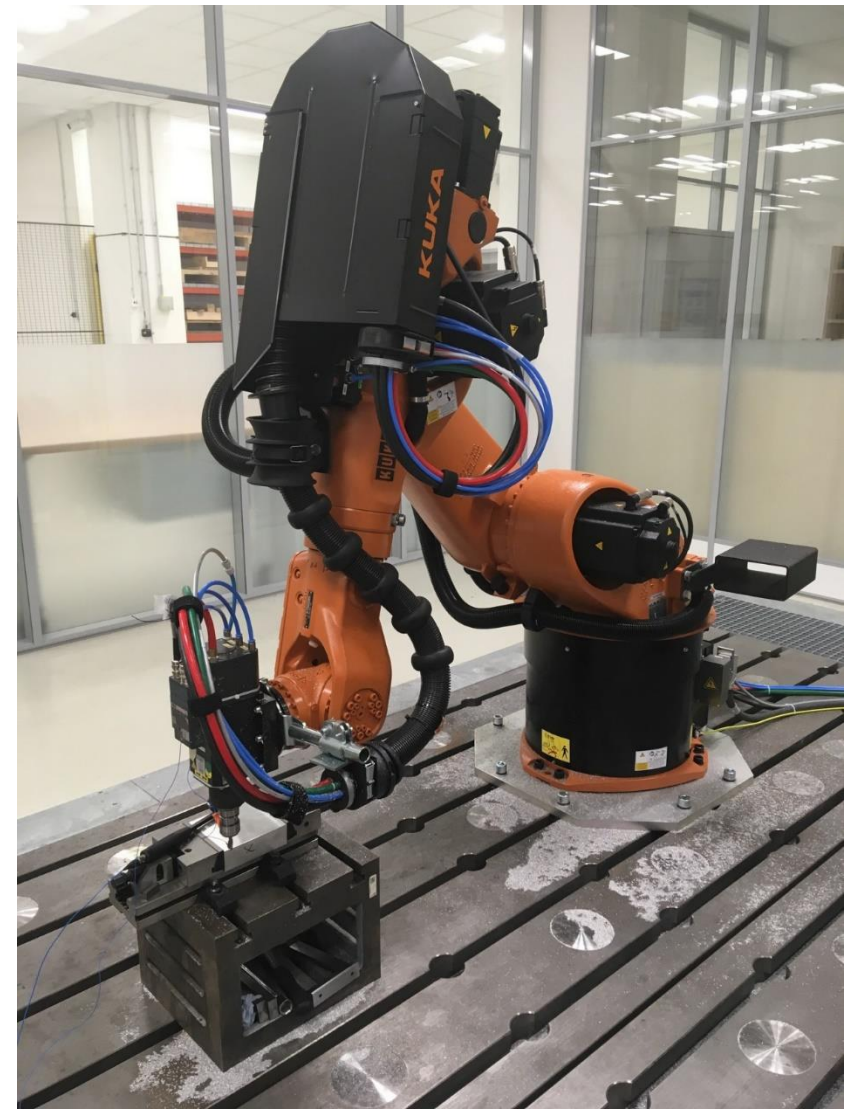
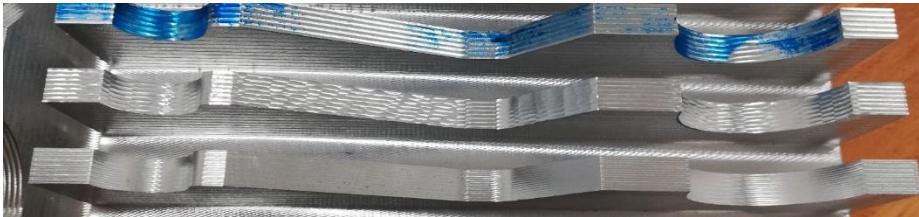
## Robot pro obrábění

- Obráběcí stroj
    - + Vysoká tuhost
    - + Přesnost
    - Cena
  - Průmyslový robot
    - + Velký pracovní prostor vzhledem k zástavbovému prostoru
    - + Přirozeně 5-osé obrábění
    - + Cena
- 
- Omezené hodnoty tuhosti a přesnosti
    - Méně robustní struktura
    - Tuhost výrazně ovlivněna kinematickou konfigurací i směrem zatěžování
    - Rotační čidla
    - Rozměry robotu – nutno kalibrovat
  - Uplatnění pro obrábění materiálů s malým řezným odporem
    - Slitiny hliníku, plasty, dřevo
  - Programování robotů – typicky je jiné, než u obráběcího stroje!
    - Využití stávající infrastruktury (CAD, CAM, technologie)
    - Obsluha strojů/robotů
    - Řízení pomocí standardních CNC



## Robot pro obrábění

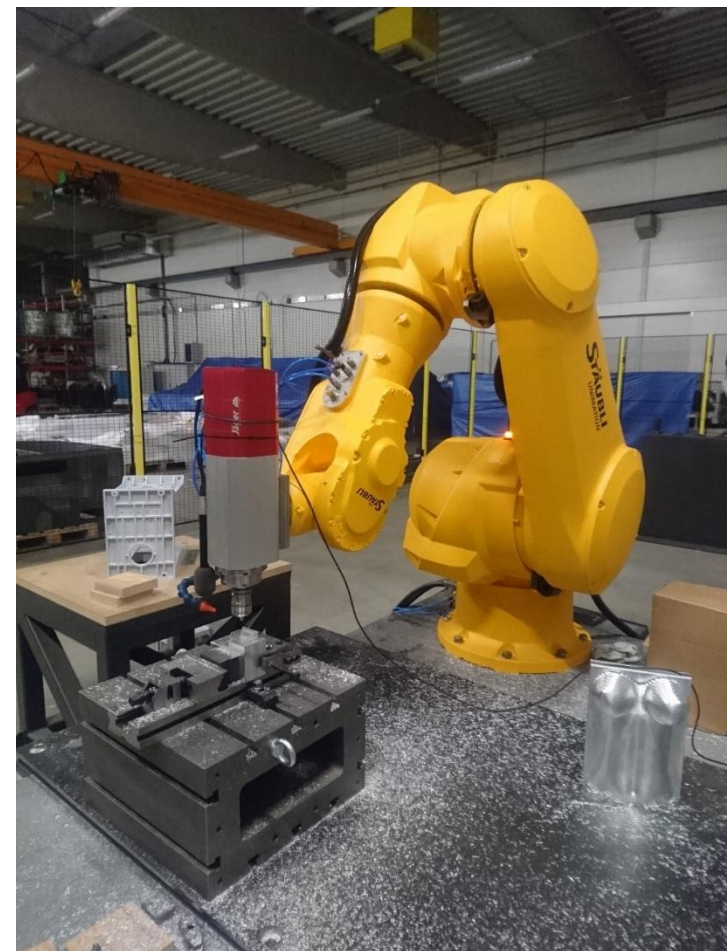
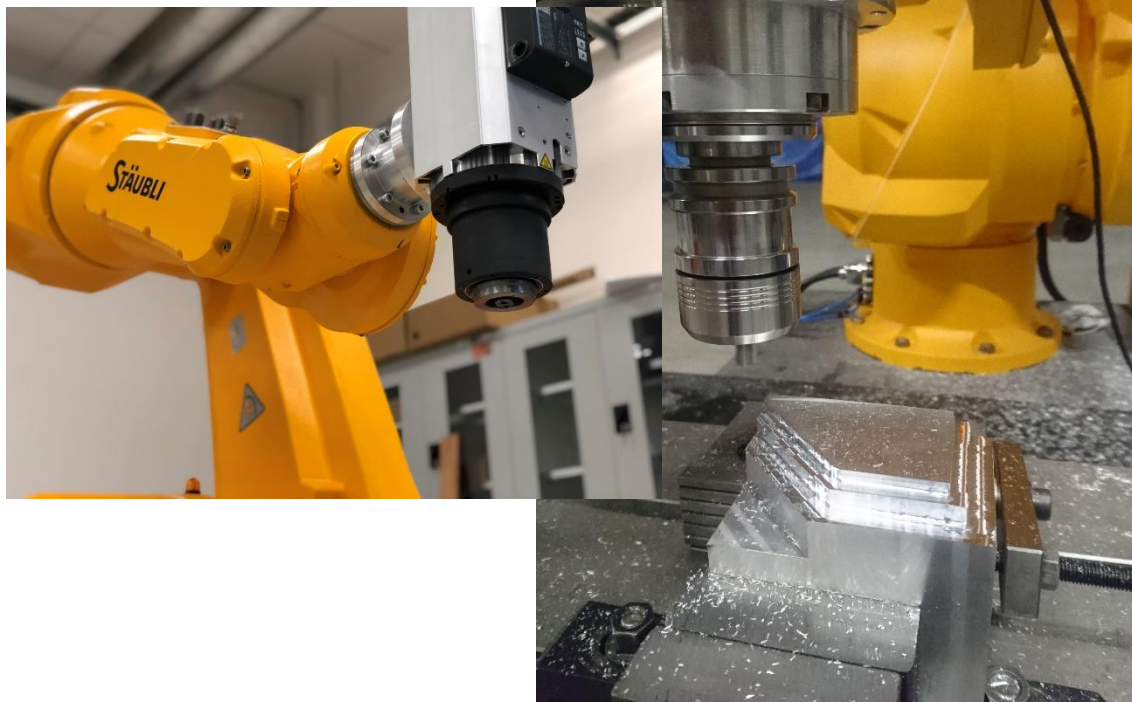
- KUKA KR60 HA + KR C4
- Vřeteno HSD 8kW, 36 000 RPM
- Sinumerik 840D sl – RMR machining
- Profinet komunikace
- NX CAM pro přípravu technologie
- Obráběcí testy
  - Přesnost dráhového řízení
  - Stabilita obrábění





## Robot pro obrábění

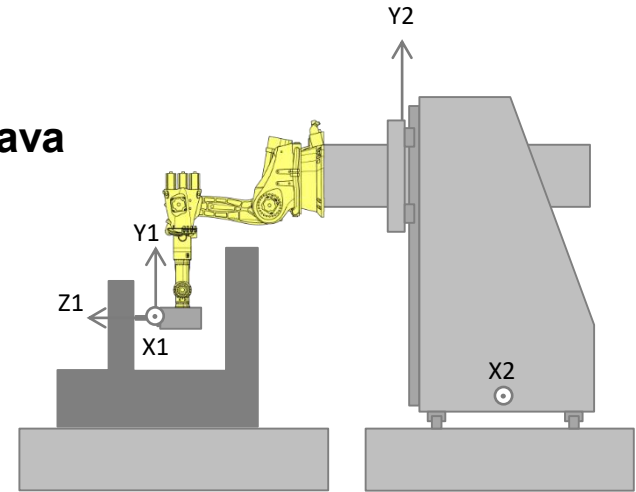
- Staubli TX200 + CS8
- Vřeteno Jaeger, 6,5kW, 24 000 RPM
- Vřeteno HSD, 16kW, 24 000 RPM
- Sinumerik 840D sl – RMR machining





## Robot pro obrábění

- Speciální použití robotu – **robotická obráběcí hlava**
  - Náhrada standardní frézovací hlavy
  - Robot umístěn na smykadle horizontálního frézovacího stroje
  - Robot vybaven frézovacím vřetenem
  - **Určeno pro obrábění v těžko přístupných prostorech**
  - Po odložení hlavy/robotu lze využít pro standardní operace – výměna nástrojů, odjehlování, čištění, inspekce atd.
  - Robot je možné řídit
    - V jednom kanále se strojem – interpolovaný pohyb
    - V samostatném kanále – synchronizace přes kontrolní body



## Shrnutí

- Laboratoř Testbedu Průmyslu 4.0 na CIIRC ČVUT je spoluvytvářena odborným týmem RCMT. Jde o naši snahu etablovat se jako silný partner v tématech Průmyslu 4.0, robotiky, automatizace a výrobních technologií.
- Laboratoř je příležitostní pro rozšíření kompetencí týmu RCMT, které jsou slouží k podpoře českých výrobních firem.
- Laboratoř umožňuje testovat koncepty SW řešení v prostředí blízkém reálné výrobě.
- V laboratoři je též prezentační prostor pro 20-25 osob, který je využíván pro výuku a firemní školení a prezentace. Akce se tak mohou konat „přímo mezi stroji“.





**Děkuji za pozornost**





## Kontakt

**Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.**

vedoucí RCMT FS

E: [m.sulitka@rcmt.cvut.cz](mailto:m.sulitka@rcmt.cvut.cz)

T: +420 605 205 927



Projekt [CZ.02.1.01/0.0/0.0/17\\_043/0010085](#) „Výzkumné a inovační centrum pro pokročilou průmyslovou výrobu“ je podporován z Evropských strukturálních a investičních fondů a Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání prostřednictvím MŠMT ČR.



Tento projekt získal finanční prostředky z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizont 2020 na základě grantové dohody č. [857306](#).



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání