



VÝROČNÍ KONFERENCE 2022

Systémová podpora implementace a řízení Národní RIS3
Reg. č. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_024/0016934

Představení projektů výzkumného centra a testbedů v CIIRC

Jan Smolík, ČVUT

30. 11. 2022, MPO, Na Františku 32



Představení výzkumného centra **RCMT** a testbedu v **CIIRC**

Jan Smolík, Petr Kolář

30. 11. 2022 | Výroční konferenci projektu Systémová podpora implementace a řízení Národní RIS3.

© 2022

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





Čemu se v oboru **strojírenské výrobní techniky**
věnujeme

Produkty, zařízení, vybavení, přístroje, stroje, zboží... ...Co mají společného?



Produkty, zařízení, vybavení, přístroje, stroje, zboží...
...Co mají společného?

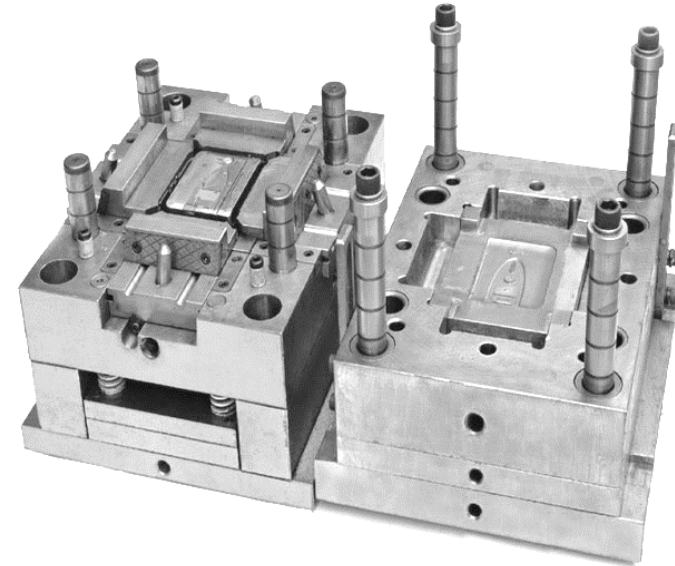
Polotovary



Dílce



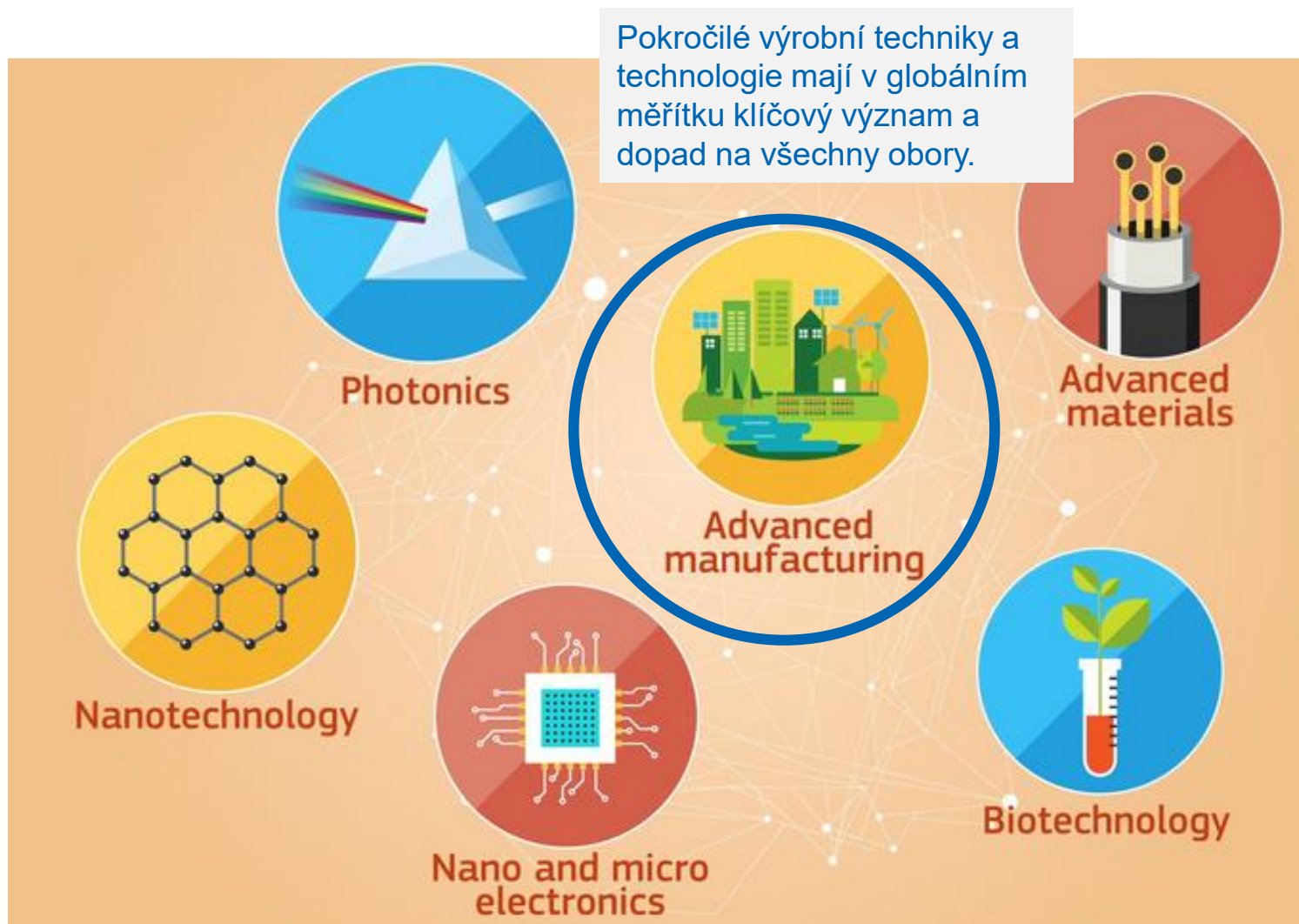
Nástroje



...strojírenská výrobní technika... Machine Tools...

... jedná se o rodinu **mateřských výrobních stojů a technologií**

... výrobní technologie ...TECHNOLOGY



Strategie oboru strojírenská výrobní technika

Ministerstvo financí
České republiky

Co je to pro náš obor Strategie?

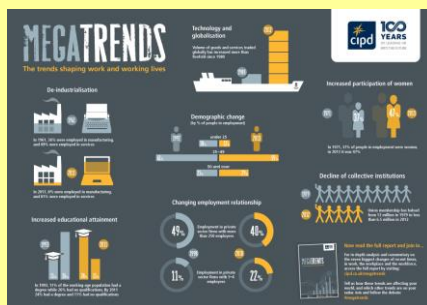
tj.

čemu má smysl věnovat budoucí kapacity výzkumu, vývoje a inovací



Jak se rodí naše oborová strategie? Kdo jí tvoří?

Megatrendy, politické, legislativní
obchodní, sociální, společenské síly



Co chtějí a co potřebují zákazníci –
uživatelé strojírenské výrobní techniky



Co dělají firmy v oboru – konkurenti,
nekonkurenti, výrobci CNC, pohonů,
komponentů, vřeten, atp.



1.

Hybné síly pro
náš obor SVT

2.

4.

3.

Strategická témata
pro inovace v oboru

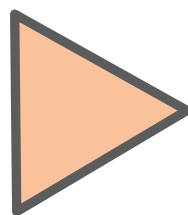
Čemu se věnovat ve
VaVal?



Aktuální strategie oboru Strojírenská výrobní technika 2022 – 2028

Hybné síly pro náš obor SVT

- Legislativně-regulatorní prostředí, koncept Průmysl 4.0 a digitalizace
- Ochrana klimatu a životní prostředí
- Konkurenceschopnost
- Zvyšování užitečných vlastností strojů a technologického využití
- Individualizace zákaznických požadavků
- Kratší doba uvedení výrobku na trh
- Nedostatek kvalifikovaných pracovníků
- Profesní znalosti a dovednosti
- Principy oběhového hospodářství, nové obchodní modely



Strategická témata v oboru

- 1) Snižování **spotřeby energie** a uhlíkové stopy
- 2) Zvyšování **efektivity** výroby
- 3) Zkracování **průběžné doby výroby**
- 4) **Digitalizace** pro výrobu
- 5) Chytré výrobní systémy, **využití dat**
- 6) **Flexibilní automatizace**
- 7) Využití principů **cirkulární ekonomiky**
- 8) Zvyšování dosažitelné **přesnosti, výkonnosti jakosti obrábění ve vazbě na náklady**
- 9) **Vzdělávání a zvyšování profesních kompetencí**

STRATEGICKÁ VÝZKUMNÁ AGENDA oboru STROJÍRENSKÁ VÝROBNÍ TECHNIKA pro období 2022 – 2028



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Podnikání
a inovace pro konkurenceschopnost

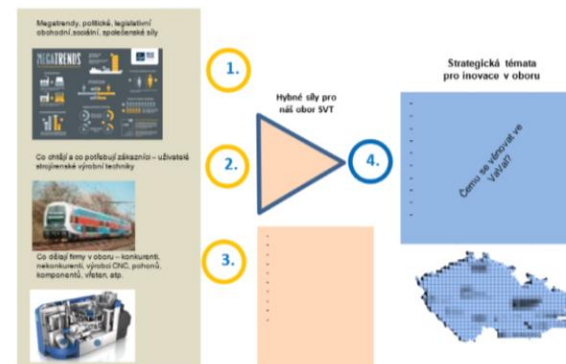
Dokument zpracovaný v rámci projektu
Technologická platforma strojírenská výrobní technika IV
Registrační číslo projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_105/0018877

1 Struktura strategie

Strategická výzkumná agenda oboru strojírenská výrobní technika, formulovaná Technologickou platformou strojírenská výrobní technika (dále také jako SVA TPSVT) je dokument který vychází z dlouhodobé činnosti platformy v oblasti tvorby a aktualizace strategických oborových materiálů. Předkládaná SVA TPSVT je výrazně přepracovaná oproti předchozí verzi SVA TPSVT 2019-2025 z 5/2018. Nejedná se v této SVA pouze o aktualizaci předchozí oborové SVA, ale o SVA s novou vnitřní strukturou.

Tato nová SVA TPSVT má těžiště ve formulaci menšího počtu strategických výzkumných témat vhodných pro inovace v oboru v období 2022-2027, která jsou detailněji popsána. Tato strategická témata se vztahují k určujícím hybným silám, které jsou významné pro stávající i budoucí transformaci průmyslu a společnosti. První vrstvou SVA je formulace Hybných sil, které obor strojírenské výrobní techniky reflektuje jako významné a relevantní z hlediska tržního i společenského. Druhou hlavní vrstvou strategie je podrobná formulace menšího počtu strategických témat, která vždy ani nejsou explicitně témata výzkumná, ale témata blízká výzkumu a prostředí ve kterém se rodí inovace a produkce v oboru. Třetí vrstvou strategie je stručná vizualizace vazeb oborové SVA TPSVT, resp. strategických témat na Národní strategii inteligentní specializace RIS3. Doufáme že takto upravená struktura odpovídá potřebám oboru, je srozumitelná jak v kontextu strojírenské výrobní techniky, tak v kontextu Národní RIS3 strategie.

Následující schéma zobrazuje východiska pro formulaci hybných sil a vazbu hybných sil a strategických témat pro inovace v oboru. Jde o stručné schéma, které zachycuje první dvě vrstvy strategie SVA TPSVT: a) Hybné síly a b) Strategická témata.



Co se strategií, resp. strategickými tématy dělat? Koho to zajímá?

Majitelé a vedení

- Rozumíme těm tématům moji lidé v marketingu, obchodu, technickém úseku?
- Neměl bych ta témata nechat posoudit s ohledem na naši nabídku a rozhodnout čemu věnovat kapacity a peníze?
- Umím si představit vliv hybných sil a strategických témat na moji firmu a konkurenceschopnost?
- Jak promítnout do strategie naší firmy, aby to dávalo smysl?

Marketing

- Bude to někdo chtít?
- Jak budou vypadat budoucí poptávky?
- Co v tom dělá a bude nabízet konkurence?
- Co by mohlo být naším „+“, naší přidanou hodnotou pro zákazníka?
- Rozumíme těm tématům? Nemusíme se dovzdělat?
- Umíme formulovat zadání pro vývoj?

Obchod

- Ptáme se už teď, co kdo bude chtít příště?
- Rozumíme těm tématům a umíme je nabízet?
- Co z těch témat má pro naši nabídku strojů, technologií a služeb do budoucna smysl a co nás posílí?
- Umíme vývoji vracet reflexi z trhu a výběrových řízení s pohledem do budoucích let?

Vývojáři produktů i subdodavatelé

- Dokážeme si představit, co ta témata po stránce technické a odborné dnes znamenají?
- Máme v těch tématech znalosti, nebo aspoň lidi, kteří se na ně můžou zaměřit, vzdělat se?
- Víme jaké subdodávky na trhu existují, abychom témata mohli na našich produktech uvádět v život a vše nevyvíjeli?
- Jak to souvisí s našimi produkty a co už umíme a co ne?
- Otevíráme ta témata odspodu směrem k vedení, obchodu a marketingu? Říkáme jim co by šlo snadno a co je složité implementovat?
- Sledujeme v tématech konkurenci?

Strategická témata v oboru

- 1) Snižování **spotřeby energie** a uhlíkové stopy
- 2) Zvyšování **efektivity** výroby
- 3) Zkracování **průběžné doby výroby**
- 4) **Digitalizace** pro výrobu
- 5) Chytré výrobní systémy, **využití dat**
- 6) **Flexibilní automatizace**
- 7) Využití principů **cirkulární ekonomiky**
- 8) Zvyšování dosažitelné **přesnosti, výkonnosti jakosti obrábění ve vazbě na náklady**
- 9) **Vzdělávání a zvyšování profesních kompetencí**

Výzkumníci

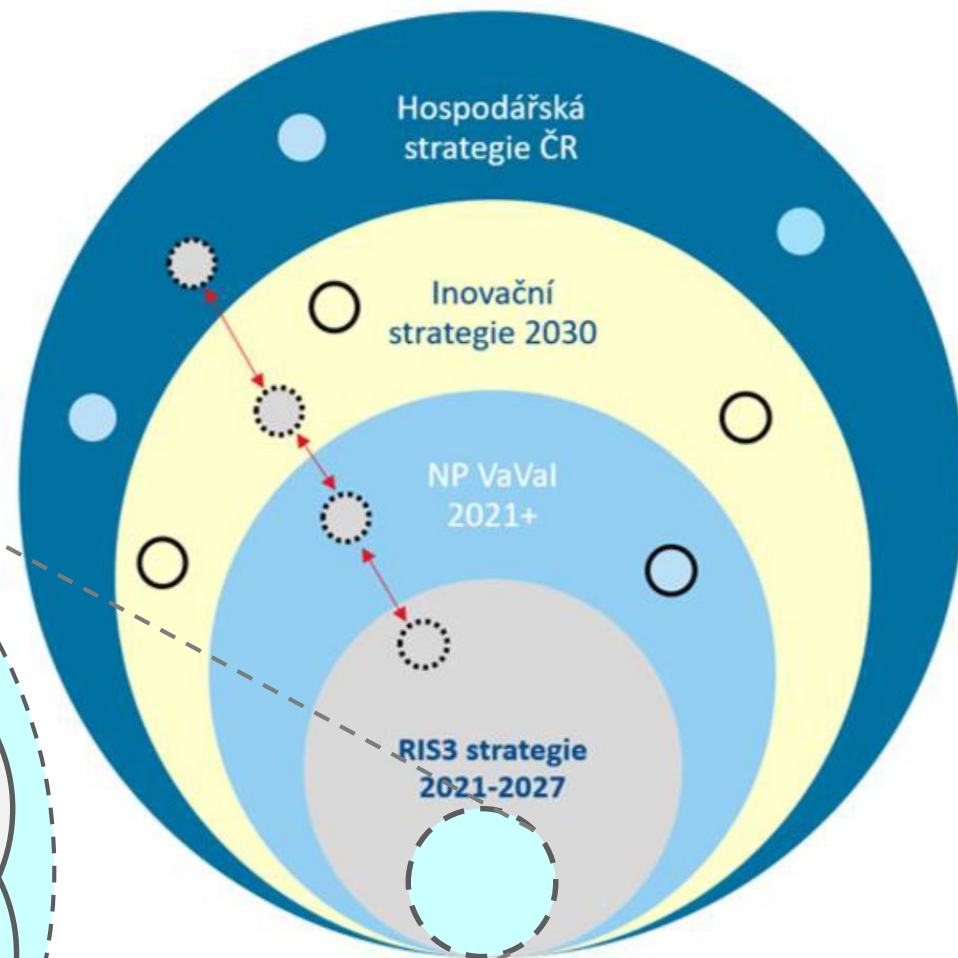
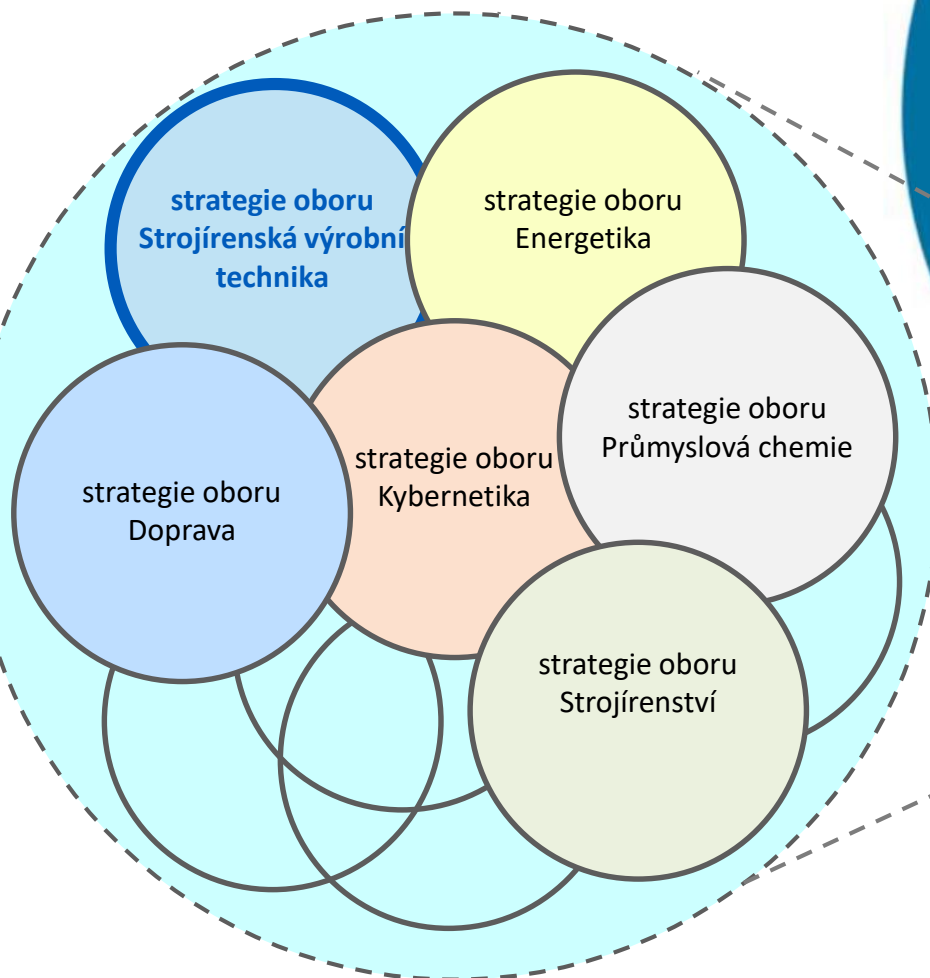
- Máme v těchto tématech potřebné znalosti, abychom mohli být firmám partnery pro aplikovaný výzkum a inovace?
- Známe řešení konkurence a výsledky existující vědy a výzkumu, které se dají využít?
- Máme lidi s vhodným profesním profilem, kteří můžou témata řešit v dlouhodobém výzkumném programu a rozvíjet je, abychom „nazbrojovali“ v teoretických znalostech?
- Co můžeme nabízet pro spolupráci s firmami hned a na co se musíme připravit?



Využití strategie a vazba oborové strategie na RIS3

Váže strategie oboru strojírenské výrobní techniky na RIS3?

Oborové strategie
průmyslových oborů a odvětví



Váže strategie oboru strojírenské výrobní techniky na RIS3?

4 VAZBA STRATEGIE OBORU SVT NA NÁRODNÍ RIS3 STRATEGII 58

4.1 VAZBA OBOROVÉ STRATEGIE NA STRATEGICKÁ VÝZKUMNÁ TÉMATA RIS3 58

4.2 VAZBA OBOROVÉ STRATEGIE NA VÝZKUMNÁ TÉMATA KET'S DLE RIS3 61

Strategická témata oboru
Strojírenská výrobní technika

	SNÍŽOVÁNÍ SPOTŘEBY ENERGIE A UHLÍKOVÉ STOPY	ZVYŠOVÁNÍ EFEKTIVITY VÝROBY	ZKRACOVÁNÍ PRŮBĚŽNÉ DOBY VÝROBY	DIGITALIZACE PRO VÝROBU	CHYTRÉ VÝROBNÍ SYSTÉMY	FLEXIBILNÍ AUTOMATIZACE	VYUŽITÍ PRINCIPŮ CÍRKULÁRNÍ EKONOMIKY	ZVYŠOVÁNÍ DOSAŽITELNÉ PŘESNOSTI, JAKOSTI A VÝKONNOSTI VÝROBNÍCH PROCESŮ VE VÁZBĚ NA NÁKLADY VZDĚLÁVÁNÍ A ZVYŠOVÁNÍ PROFESNÍCH KOMPETENCÍ
Strategické téma Měření, diagnostika, řízení, software a zpracování dat pro zdokonalené a nové funkce strojírenských produktů	X		X	X			X	X
- VaVal senzorů, měřicích systémů, měřicích technik, technologií vyhodnocení signálů, diagnostiky, prediktivní diagnostiky, analýzy zátěže, zdokonalení spolehlivosti a životnosti, sběr a analýza dat.								
- Nové a inovované systémy pro inprocesní a postprocesní měření výsledků výroby s využitím dat pro další optimalizaci.								
- Datové infrastruktury využitelné ve strojírenství.								
- Pokročilý řídicí systém všech úrovní, vývoj softwarového vybavení pro strojírenskou výrobu a strojírenské produkty.								

Strategická témata oboru
Strojírenská výrobní technika

Výzkumná témata KET'S dle RIS3 z oblasti aplikačních odvětví Strojírenství a mechatronika, Energetika, Hutnictví a Průmyslová chemie.

	SNÍŽOVÁNÍ SPOTŘEBY ENERGIE A UHLÍKOVÉ STOPY	ZVYŠOVÁNÍ EFEKTIVITY VÝROBY	ZKRACOVÁNÍ PRŮBĚŽNÉ DOBY VÝROBY	DIGITALIZACE PRO VÝROBU	CHYTRÉ VÝROBNÍ SYSTÉMY	FLEXIBILNÍ AUTOMATIZACE	VYUŽITÍ PRINCIPŮ CÍRKULÁRNÍ EKONOMIKY	ZVYŠOVÁNÍ DOSAŽITELNÉ PŘESNOSTI, JAKOSTI A VÝKONNOSTI VÝROBNÍCH PROCESŮ VE VÁZBĚ NA NÁKLADY VZDĚLÁVÁNÍ A ZVYŠOVÁNÍ PROFESNÍCH KOMPETENCÍ
Pokročilé materiály a nanotechnologie	X	X	X				X	X
- Pokročilé materiály pro akumulaci energie – pro dosažení uložení zásadně větší hustoty energie, než jsou dnešní typy akumulátorů a pro dosažení delší životnosti systémů (více cyklů, atd.)								
- Pokročilé materiály pro využití ve stavebnictví s cílem efektivnějšího dosahování energetických úspor								
- Materiály a technologie pro povlakování a ošetření povrchů (žárové nástřiky, nanonátěry atd.) pro dosažení vyšší spolehlivosti a životnosti komponent a systémů								

Využíváme strategii oboru pro orientaci VaVal?



Budování testbedu
pro Průmyslu 4.0

(2000-2011)
Projekty **VCSVTT**, založení **RCMT**

2008 založení **TPSVT**, 2010 první oborová **SVA**

(2012-2019)
Projekty **Centrum kompetence SVT**

(2019-2022)
Projekt Strojírenská výrobní
technika a přesné strojírenství –
DMS SVTPS
Základní orientovaný výzkum

(2019-2022)
Národní centrum kompetence
STROJÍRENSTVÍ – **NCKS**
Aplikovaný výzkum



strategie oboru strojírenské výrobní techniky

Sledujeme vazbu společných oborových projektů VaVal na RIS3?

NÁRODNÍ CENTRUM KOMPETENCE
STROJÍRENSTVÍ

Reflexe plnění SVA – vazba na národní strategii RIS3

Nejvýznamněji podporovaná a rozvíjená témata RIS3 v projektu NCKS	Pořadí na konci roku 2021	Pořadí na konci roku 2020	Pořadí na konci roku 2019
VaV průmyslově využitelných metod, technik (zvláště konstrukčních, výpočtových a optimalizačních), postupů a zejména software pro návrh optimálních strojů , zařízení, přístrojů, komponent, systémů, výrobků, výrobních buněk, výrobních systémů a průmyslových investičních celků (produktů) a pro optimalizaci jejich užívání.	1	2	2
VaV nových koncepčních, strukturálních, konstrukčních a realizačních podob strojů , zařízení, přístrojů, komponent, systémů, software a výrobků (produktů), které odstraňují nedostatky a posouvají hranice v dosahované přesnosti, jakosti, výkonu, spolehlivosti a hospodárnosti a zákazníkovi nabízí vyšší parametry hlavních užitečných vlastností.	2	1	1
VaV nových nebo inovovaných kovových i nekovových (zejména plastových a kompozitních) materiálů a materiálůvých struktur (hybridních materiálů) se zvýšenou odolností proti opotřebení, s minimalizovaným třením v kombinaci s běžnými materiály, sníženou hmotností, zvýšeným poměrem specifické tuhosti, specifické pevnosti a dalších specifických a měrných veličin s vazbou na nákladovost a cenovou dostupnost pro klíčové strojírenské aplikace (obrábění, tváření, vstřikování, nanášení, 3D tisk).	3	9	5
VaV nových materiálů pro specifické a nové oblasti užití (letectví, energetika, lékařství, elektronika, extrémní odolnosti proti teplotám a kyselinám, atd.).	4	3	3
VaV zdokonalených a nových technologických postupů, principů a procesních parametrů aditivní výroby , včetně hybridní výroby (hybrid manufacturing), které umožní zpracování dosud nezpracovávaných materiálů, které umožní zvyšovat spolehlivost materiálůvých vlastností takto vytvářených dílců a umožní zvyšovat výrobní výkon, přesnost a jakost povrchů. Řešení zvyšování produktivity a snižování nákladů na technologie AM a HM.	5	6	10

RCMT a CIIRC

Jaká je vazba FS RCMT a CIIRC odborně?



Strojírenská výrobní technika

CIIRC



Informatika, robotika a kybernetika

- Společné zájmy:
- ✓ Automatizace, robotika
 - ✓ Digitalizace, senzorika, zpracování signálu
 - ✓ Uplatňování konceptů Průmyslu 4.0
 - ✓ Pokročilé výrobní technologie
 - ✓ Zpětnovazební řízení
 - ✓ Matematické modelování procesů a systémů
 - ✓ Implementace umělé inteligence a strojového učení
 - ✓ Optimalizace procesů
 - ✓ Budování a využívání testbedu pro Průmyslu 4.0
 - ✓ Spolupráce s průmyslem
 - ✓ Výchova studentů a doktorandů
 - ✓ Výzkum, vývoj a inovace
 - ✓ Společný tým



Jaká je vazba FS RCMT a CIIRC odborně?

10 nejvýznamnějších témat VaVal v rámci strategických témat RIS3

VaV senzorů, měřicích systémů měřicích technik, technologií vyhodnocení signálů, diagnostiky, analýzy zátěže, zdokonalení spolehlivosti, sběr a analýza dat (2. pozice)

VaV zaměřená na robotiku, automatizaci, digitalizaci výroby pro sledování, řízení, optimalizaci (5. pozice)

VaV technologií a zařízení v oblasti Machine Tools s ohledem na zvyšující se nároky na výrobu a výrobky v parametrech jakosti (přesnosti, materiálových vlastností, vlastností povrchů, ergonomie apod.), výrobního výkonu, produktivity, energetické a ekonomie

VaV senzorů, měřicích systémů, měřicích technik, technologií vyhodnocení signálů, diagnostiky, prediktivní diagnostiky, analýzy zátěže, zdokonalení spolehlivosti a životnosti, sběr a analýza dat.

VaV strojírenských technologií a souvisejících zařízení s ohledem na zvyšující se nároky na výrobu a výrobky v parametrech jakosti (přesnosti, materiálových vlastností, vlastností povrchů, ergonomie apod.), výrobního výkonu, produktivity, energetické a eko

VaV nových a inovovaných koncepcí a zdokonalených řešení a produktů: obráběcích strojů, tvářecích strojů, strojů pro dělení materiálu, strojů pro aditivní technologie a souvisejících užžitných technologií obrábění, tváření, dělení a přidávání materiálu.

VaV zaměřený na pokročilou robotiku, automatizaci pro sérovou i kusovou výrobu, digitalizaci výroby pro sledování, řízení, optimalizaci, individualizaci výroby a širší propojení

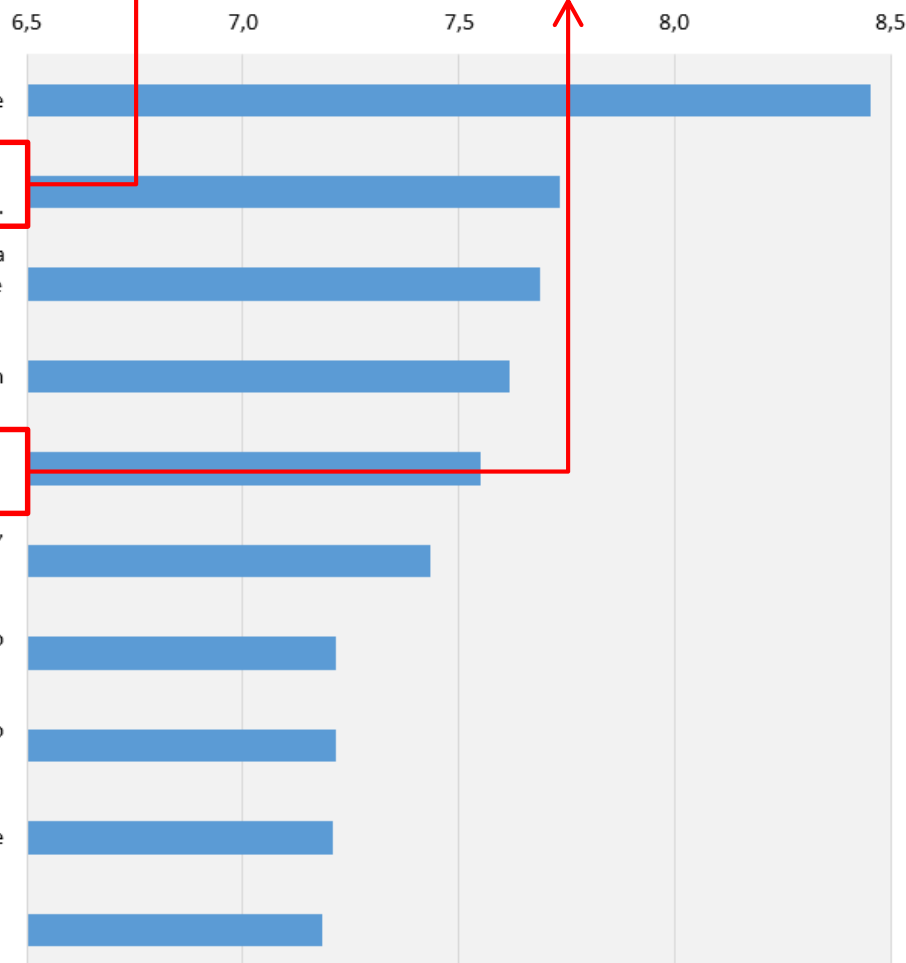
VaV recyklačních technologií a jejich využití. Recyklace materiálů a komponent, recyklace baterií, zlepšování energetické bilance při recyklaci kovů, recyklace polymerů, biologicky odbouratelné materiály, automatické třídící systémy, pokročilé obalové mate

Nové a inovované systémy pro inprocesní a postprocesní měření výsledků výroby s využitím dat pro další optimalizaci.

VaV nových a progresivních technologií a výrobních postupů včetně souvisejícího softwaru pro přípravu výroby.

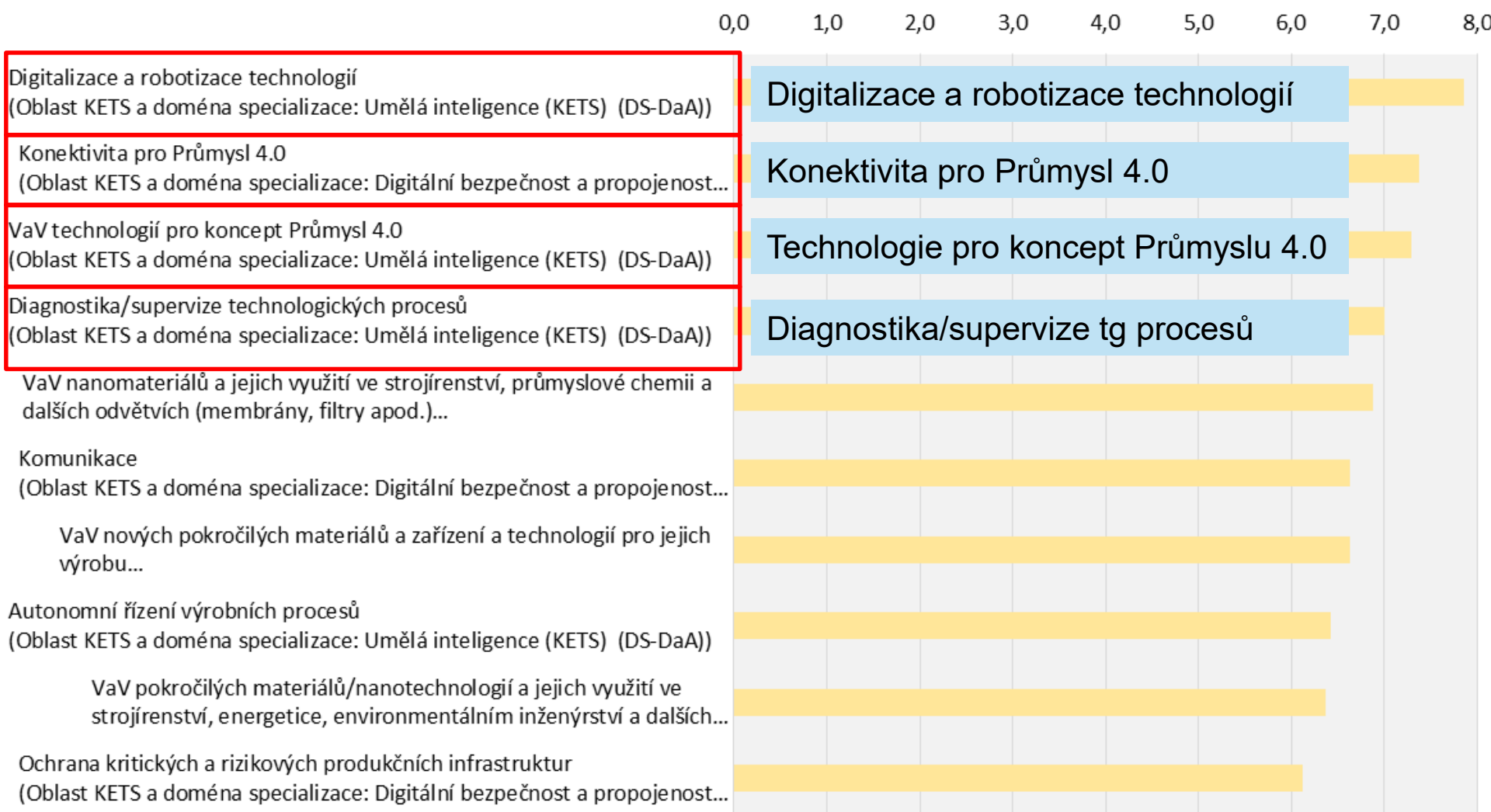
VaV virtualizace produktů i celých systémů výroby pro fázi vývoje i pro fázi užívání produktů (matematické modely strojů, nástrojů a technologií včetně řízení a procesu, Process Machine Interactions, kyberfyzické podoby produktů tvořené od začátku, digitá

Pokročilé řídicí systém všech úrovní, vývoj softwarového vybavení pro strojírenskou výrobu a strojírenské produkty.



Jaká je vazba FS RCMT a CIIRC odborně?

10 nejvýznamnějších témat VaVal na úrovni **KETs v rámci RIS3**



Jaká je vazba FS RCMT a CIIRC organizačně?

ČVUT v Praze

8 fakult:

- F. stavební
- F. elektrotechnická
- F. jaderná a fyzikálně inženýrská
- **F. strojní**
- F. dopravní
- F. biomedicínského inženýrství
- F. informačních technologií
- F. architektury

Fakulty zajišťují výuku, výzkum a spolupráci s firmami.

6 tzv. vysokoškolských ústavů:

- Kloknerův ústav (KÚ)
- Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)
- Ústav tělesné výchovy a sportu (ÚTVS)
- Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (UCEEB)
- **Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC)**
- Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT (ÚTEF)

Vysokoškolské ústavy se orientují zejména na výzkum a podporu firem, nemají vlastní výukové aktivity.

Představení RCMT

České vysoké učení technické v Praze

Fakulty:

- Stavební
- Elektrotechnická
- Jaderná a fyzikálně inženýrská
- **Strojní** (17 ústavů)
 - Ústav výrobních strojů a zařízení **Ú12135**
 - Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii **RCMT**
- Architektury
- Dopravní
- Biomedicínského inženýrství
- Informačních technologií



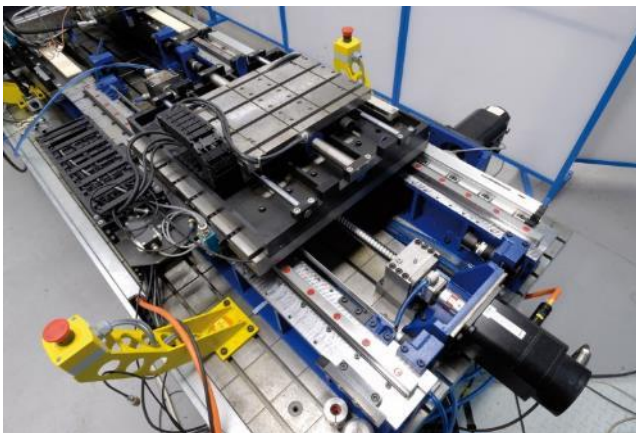
doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
děkan Fakulty strojní



Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.
vedoucí RCMT

Představení RCMT (Research Center of Manufacturing Technology)

- Historie **Ústavu výrobních strojů a zařízení** sahá do 20. let 20. století, kdy se výuka konstrukce výrobních strojů oddělila od Katedry mechanické technologie.
- Ústav v průběhu času měnil název i velikost. Primární zaměření bylo vždy na vzdělávání a výchovu mladých inženýrů pro obor výrobní techniky.
- V roce 2000 bylo založeno na úrovni ústavu FS s podporou SST a MŠMT **Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii.**
- Primární zaměření bylo na výzkum, podporu firem a výchovu mladých odborníků (doktorů) pro obor.



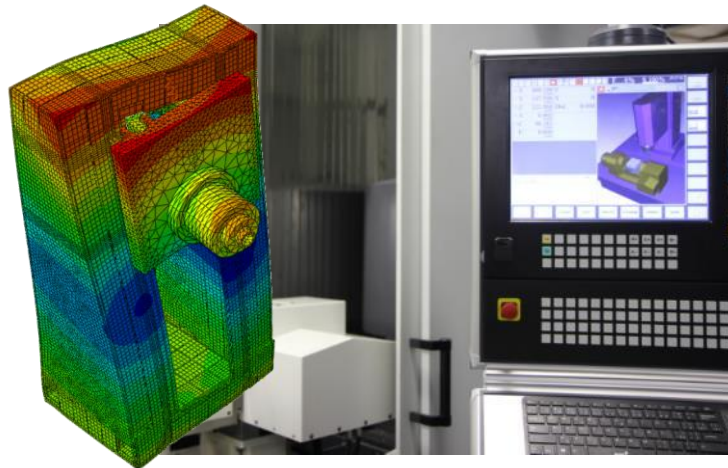
Představení RCMT (Research Center of Manufacturing Technology)

- Od ledna 2012 se oba ústavy spojily a vystupují pod jednotnou značkou RCMT. Došlo k synergickému propojení výukových a výzkumných aktivit a spolupráce s firmami.
- **Strategické úkoly RCMT:**



Vzdělávání odborníků
v oboru

do 10 % aktivit



Výzkum s podniky v oboru
výrobních strojů a technologií

cca 75 % aktivit



Podpora firem ve výzkumu
a vývoji – komerční
spolupráce

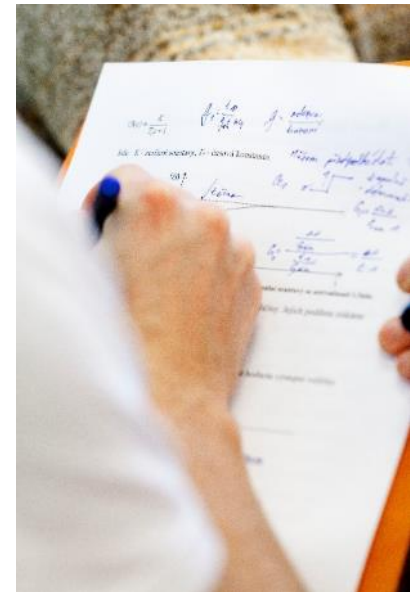
cca 15 % aktivit

Strategický úkol 1: VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávání mladých odborníků v bakalářském, inženýrském a doktorském studijním programu.



Zvyšování kvalifikace zaměstnanců – školení a kurzy připravené na míru pro technology, konstruktéry, techniky, mistry a další zaměstnance zvyšují jejich kvalifikaci a prestiž a tím i konkurenceschopnost firmy.



Podpora spolupráce firem se studenty pro získávání nových zaměstnanců z řad absolventů technických oborů prostřednictvím společných projektů, řešení bakalářských a diplomových prací a zveřejněním nabídky volných pracovních míst v prostorách fakulty.



Strategický úkol 2: VÝZKUM

- Základní oborový výzkum a aplikovaný výzkum ve výrobní technice a technologii
- Od roku 2000 definujeme klíčová témata výzkumu **společně s firmami**.

Výzkum produktivních, spolehlivých, přesných obráběcích strojů

- nosné struktury strojů
- pohony a řídicí systémy
- virtuální prototypování a simulace
- digitální dvojčata strojů a procesů
- simulace a měření vlastností strojů, provozní diagnostika
- výrobní výkonnost a interakce stroje s procesem
- teplotní stabilita strojů



Výzkum automatizace a robotických aplikací ve výrobních procesech

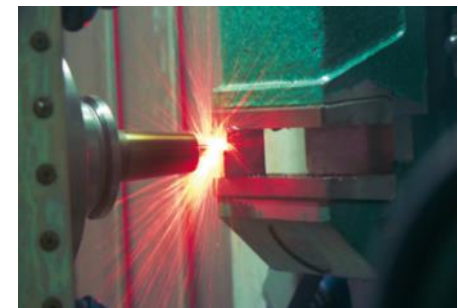
- automatizační řešení
- obrábění roboty
- spolupráce robotů a strojů
- inteligentní komponenty výrobních strojů
- komunikace strojů
- integrace do MES a ERP



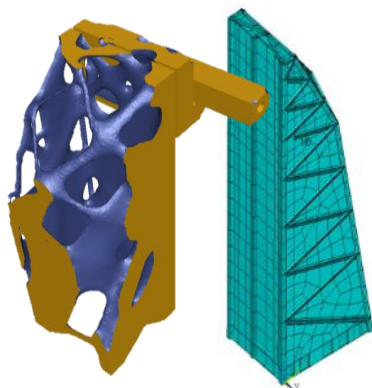
Výzkum produktivních a ekologických technologií

- CAD/CAM
- tvrdé obrábění
- ekologické obrábění
- vysokorychlostní obrábění
- obrábění kompozitů
- mikrofrezování
- laserové technologie
- snižování výrobních nákladů
- aditivní a hybridní procesy

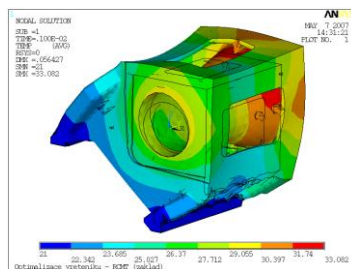




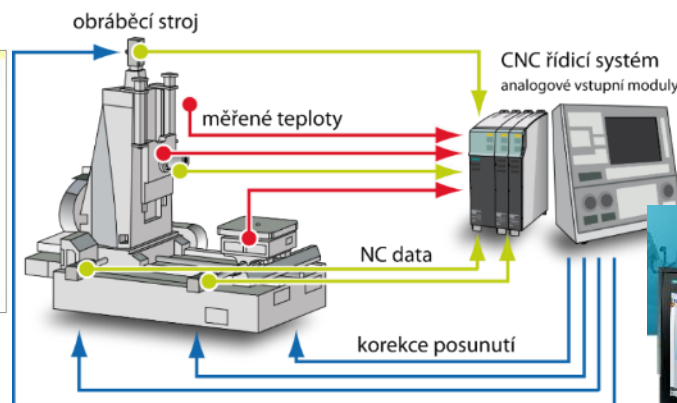
Ukázky témat spolupráce v oblasti vývoje strojů



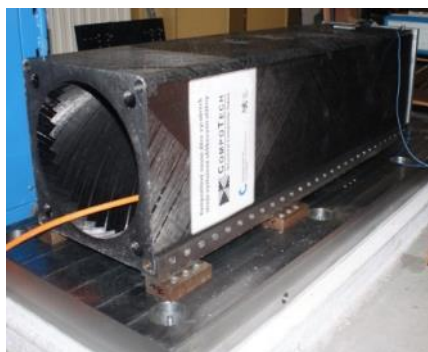
Strukturální optimalizace



Simulace a kompenzace teplotního chování strojů



Pohony a řídicí systémy



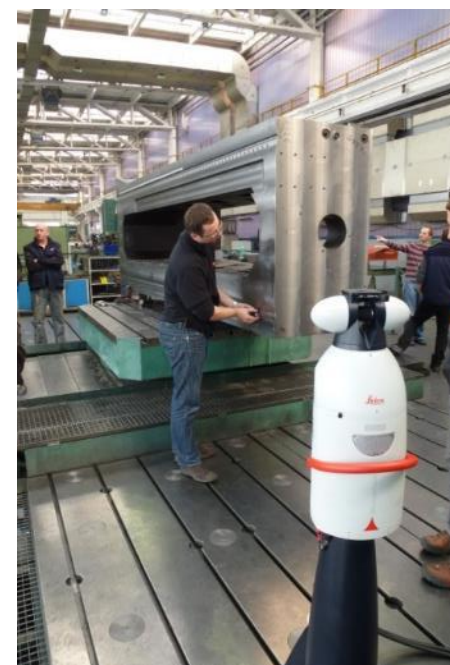
Aplikace nekonvenčních materiálů



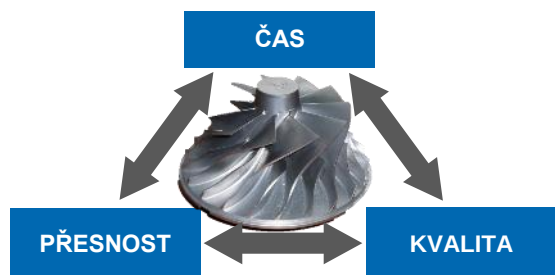
Design strojů



Zkoušení a diagnostika strojů



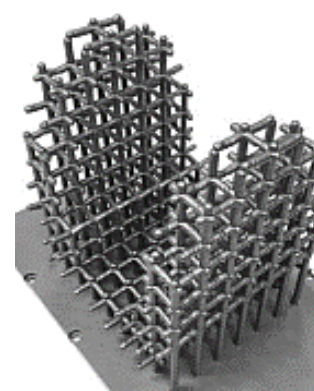
Ukázky témat spolupráce v oblasti vývoje technologií



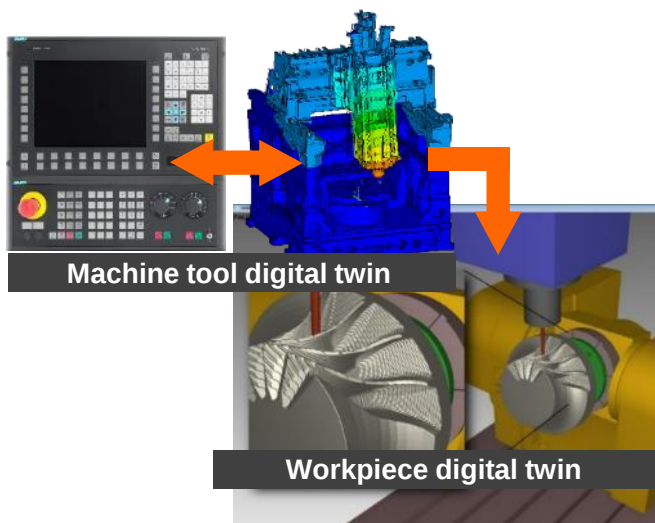
Kompletní příprava, optimalizace
a realizace obráběcích operací



Laserové
technologie



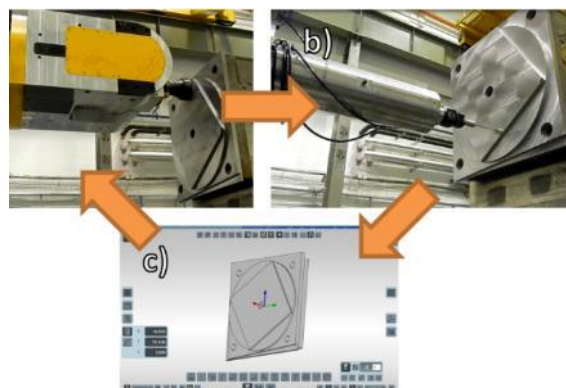
Aditivní
výroba



Virtuální obrábění pro
kontrolu strojů a technologií



Ladění parametrů pohonů
a řídicích systémů



Inprocesní kontrola
a měření na stroji



Reference

Výrobci strojů



Výrobci komponent



Výrobci nástrojů



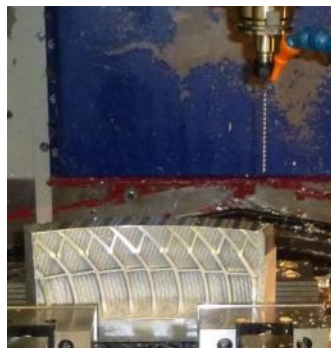
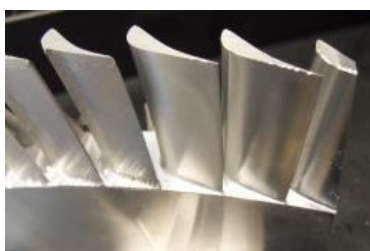
Uživatelé strojů a poskytovatelé služeb



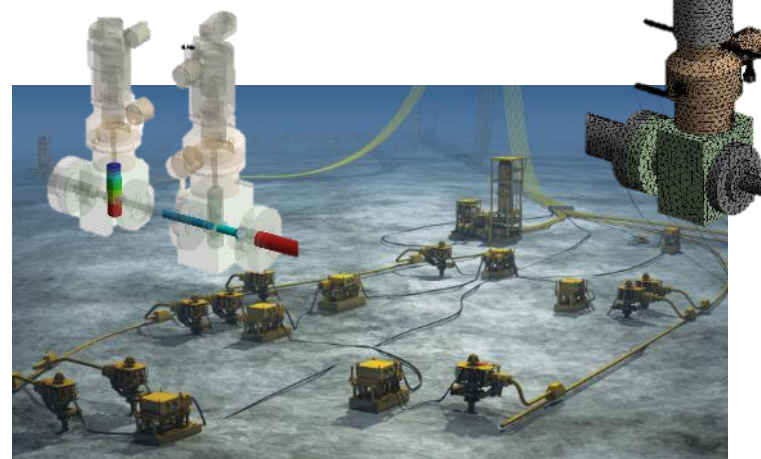
Reference: univerzity, výzkumné instituce, odborná sdružení a asociace



Reference – spolupráce mimo výrobní techniku



Vývoj technologií
a prototypová výroba



Pokročilé teplotní simulace pro ropný průmysl



Vývoj flexotiskových strojů



Vývoj uzlů pro balicí stroje

Kontakt

www.rcmt.cvut.cz

Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.

Vedoucí pracoviště

T: + 420 605 205 927

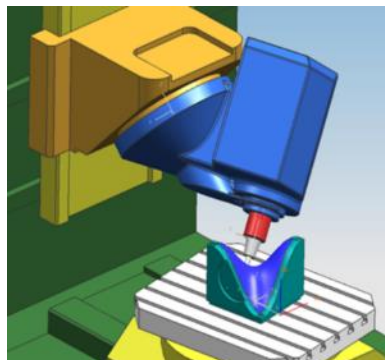
E: m.sulitka@rcmt.cvut.cz

doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D.

Projekty spolupráce

T: + 420 605 205 926

E: p.kolar@rcmt.cvut.cz



Představení IPA CIIRC



**CZECH INSTITUTE
OF INFORMATICS
ROBOTICS AND
CYBERNETICS
CTU IN PRAGUE**

Department of Industrial Production and Automation

Department Introduction, Testbed Involvement and Research Topics

Prof. Michael Valášek, Dr. Petr Kolar

www.ciirc.cvut.cz

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE | CZECH INSTITUTE OF INFORMATICS, ROBOTICS AND CYBERNETICS

Department of Industrial Production and Automation | IPA

Jugoslávských partyzánů 1580/3 | 160 00 Prague 6, Dejvice | Czech Republic

CIIRC introduction

- The youngest part of the Czech Technical University in Prague:
founded 2013, new headquarter since 2017 in Prague-Dejvice
- Interdisciplinary research institute focus on:
Cyber-physical systems, intelligent systems, industrial informatics, robotics
and machine perception, industrial production and automation, cognitive systems
and neurosciences, biomedical engineering and assistive technology.
- The three pillars: Industry, Energy, Society



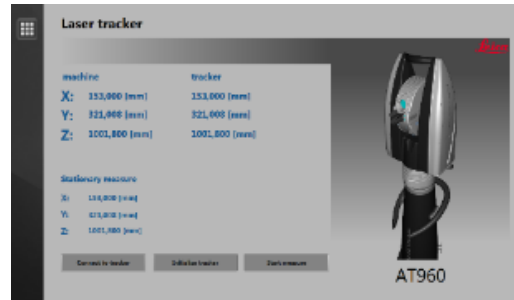
Department of Industrial Production and Automation

- Joint personal team with Faculty of Mechanical Engineering (FME CTU)
- Main research areas and topic leaders:



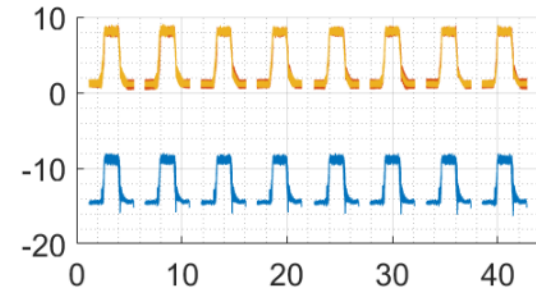
Advanced robotics

Prof. Michael Valášek



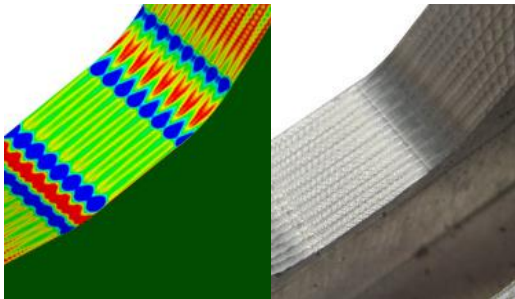
Industrial automation

Dr. Jiri Švéda



Smart machine tools

Dr. Petr Kolar



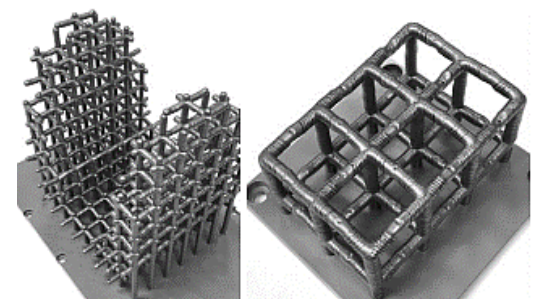
Digital twin and production
process virtualization

Dr. Matej Sulitka



Machining and laser
technologies

Dr. Pavel Zeman



Hybrid manufacturing
technology

Dr. Jan Smolík

Department laboratories

- The IPA department operates two laboratories:
 - Laboratory of robotics and manufacturing technology (LRMT)
 - Laboratory of advanced robotics (LAdR)
- Both labs are part of CIIRC Testbed for Industry 4.0



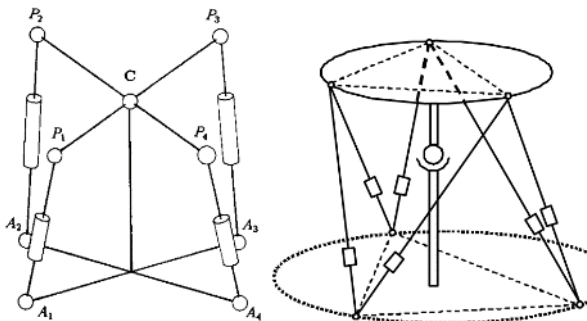
Laboratory of robotics and manufacturing technology



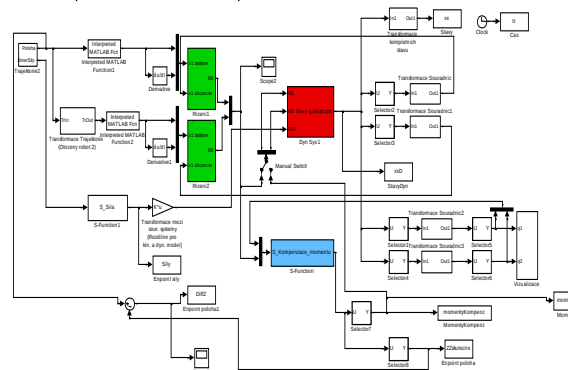
Laboratory of Advanced Robotics

Advanced robotics

- The focus is on research of non-traditional structures and control methods of robots. Combination of both approaches has potential to significantly improve properties of the traditional robotic systems. The research results can be implemented in wide task spectra of industrial production.
- Non-traditional robotic structures: e.g. parallel kinematic structures, inflated structures, rope structures, structures with redundant drives.
- Non-traditional control approaches: general problems of are controllability and observability, model identification and control robustness, special control approaches (sliding-mode control, state observer control)



Non-traditional
robotic structures



Non-traditional
control approaches

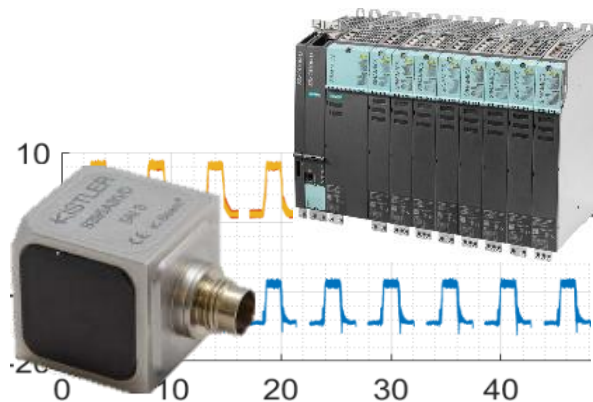


Innovative robotic
applications

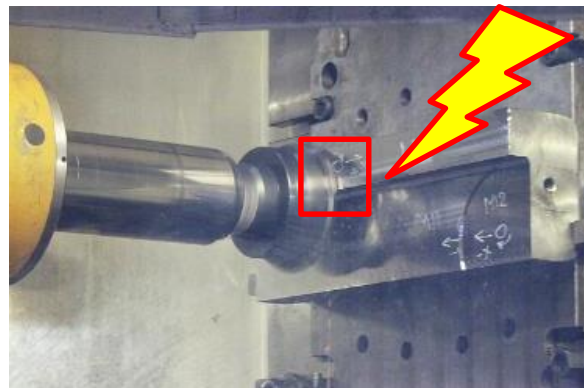
Data-driven production system control

Smart machine tools

- Our research goal is enhancing and maturing the concept of the smart machine tool.
- The smart machine tool is equipped by additional sources of inputs for feedback. The intelligence of the machine tool is based on predefined algorithms and current process data. Autonomous reaction to unexpected situations is a current research goal.
- Research areas involves:
 - Physical and also virtual sensorics integrated in the machine tools and production, development of auxiliary measurement systems.
 - Process characterization using machine and process signals.
 - In-process collaboration of real machine tools with their digital twins.



Sensorics and signal
processing



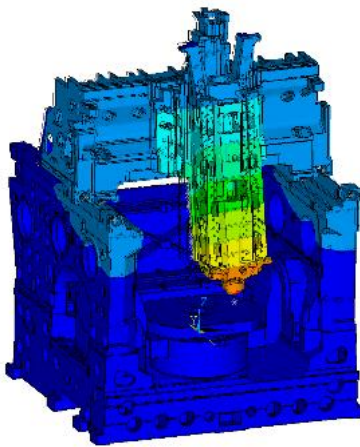
Data fusion
Edge computing



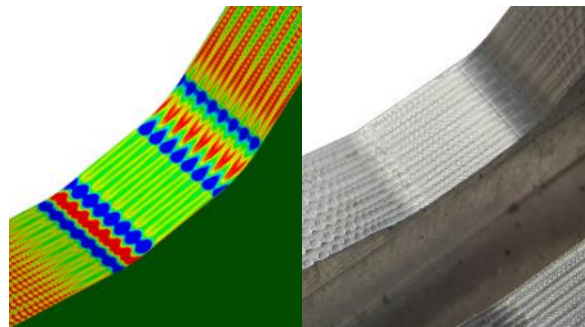
Data analyze
Cloud computing

Digital twin and production process virtualization

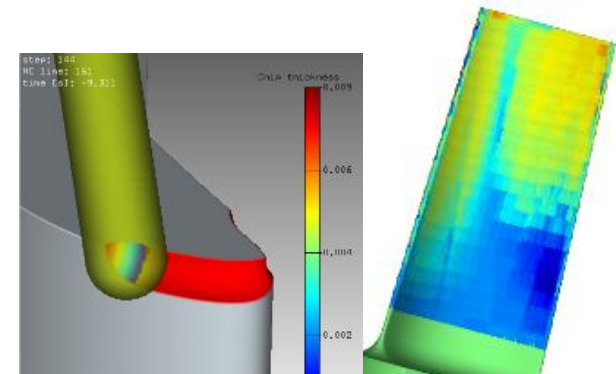
- Machine tool Digital Twin is an effective instrument for predicting and optimizing the results of machining process. Workpiece Digital Twin is a result of the complex simulation of the machine tool – process interaction, including the dynamic behavior of the machine tool and the workpiece and detailed visualization of the manufactured part.
- Digital Twin eliminates the uncertainties of NC machining processes, serves as a tool to identify and to eliminate machining errors.
- Our research goal is enhancing and mastering this concept for every-day practical implementation in the industrial production.



Physic-based
machine tool digital twin



Virtual machining
(workpiece digital twin)



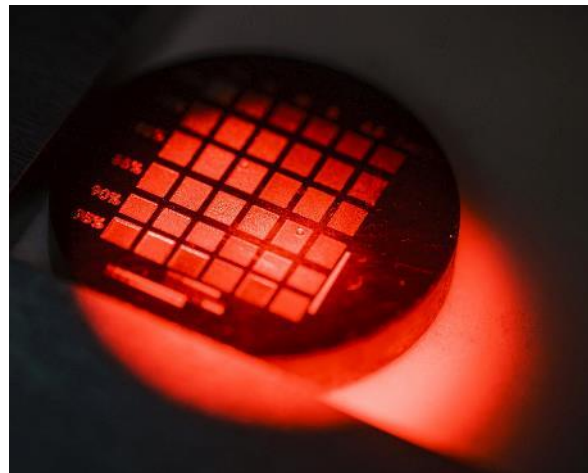
SW tool development
for process optimization

Machining and laser technologies

- The research scope is on fundamentals of the machining and laser processes used for additive or subtractive manufacturing processes. The key goal is to understand tool/laser beam interaction with the workpiece material and ability to characterize it using measurable parameters. This is a cornerstone for further process optimization and process-machine interaction control.
- High-power laser processes: heat treatment, laser cutting, LMD-wire, LMD-powder.
- Laser micro processing using nano-, pico- and femtosecond laser.
- Machining of difficult-to-cut materials with using cryogenic and MQL cooling.



High-power
laser processes



Short and ultrashort pulse
laser processes



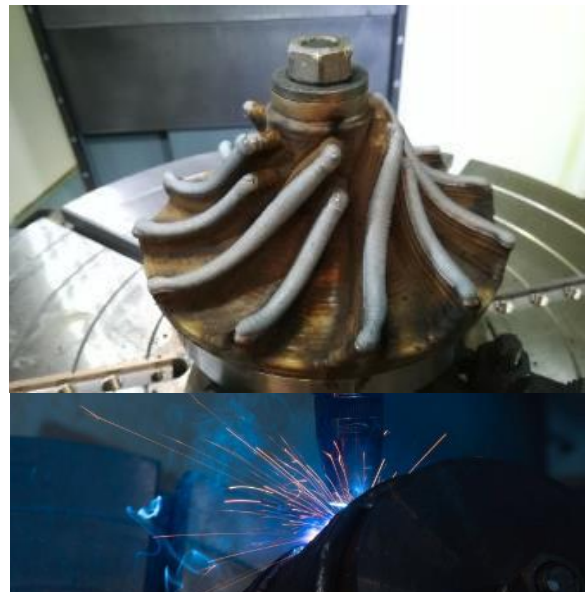
Machining
of difficult-to-cut materials

Hybrid manufacturing technology

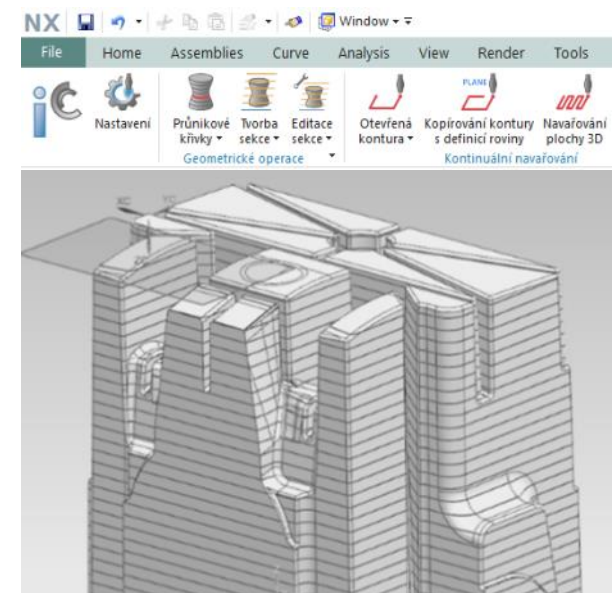
- Hybrid manufacturing means combination of additive and subtractive production processes in one working space of the production machine. The research is focused on effective implementation of hybrid manufacturing.
- Applications include solution for production of new parts, partial material addition on the part and workpiece repair applications.



Design of machine tools
for hybrid production



WAAM process monitoring
and simulation



Strategies and tools for
automatic tool path planning

References



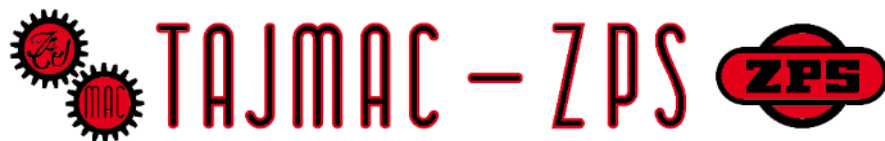
ŠKODA



SIDAT
AUTOMATION-INFORMATICS



KOVOSVIT MAS

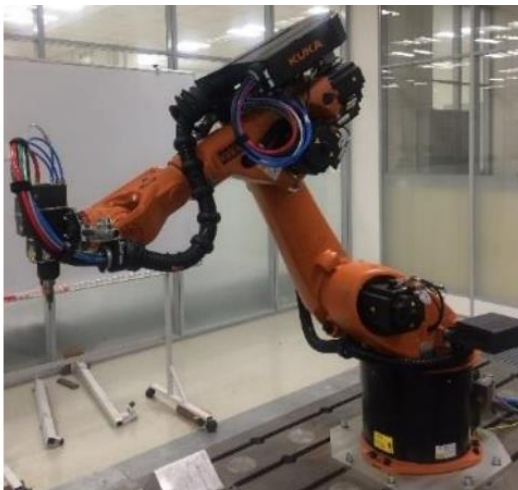




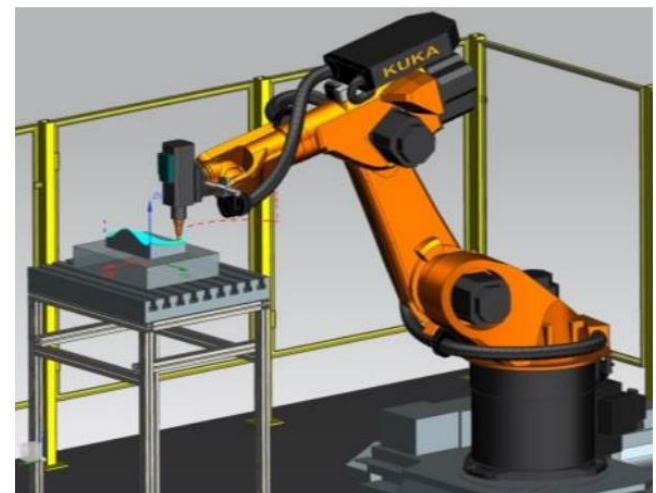
Příklad využití testbedu v CIIRC pro řešení výzkumných úkolů z oblasti robotiky

Virtuální zprovoznění

- Motivace
 - Rychlý návrh robotických pracovišť (programování ještě před dokončením reálného pracoviště)
 - Výuka předmětu PRM
- Typy virtuálního zprovoznění
 - Řešení daného výrobce robotů (např. KUKA SimPro + OfficeLite, Staulbi Robotic Suite, Fanuc Roboguide V9)
 - Multi-značkové řešení (např. Visual Components)



Real robotic cell



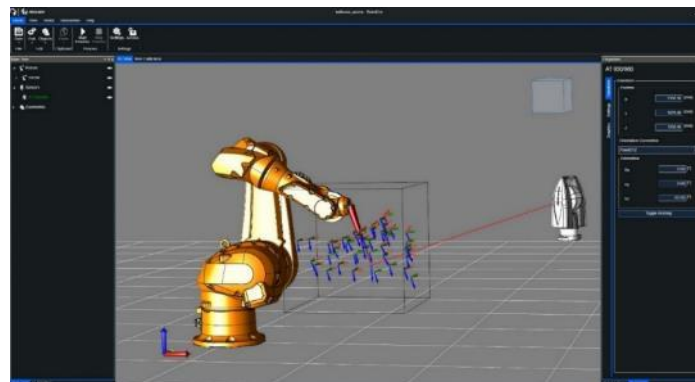
Virtual robotic cell

Přesnost robotů - kalibrace

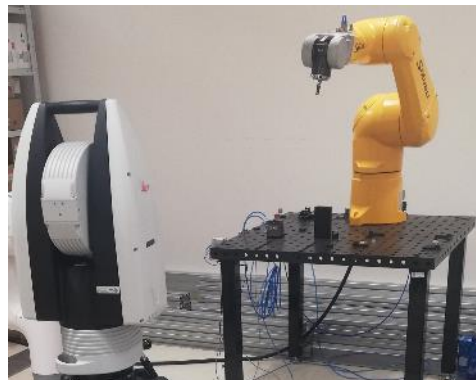
- Komerční řešení (sw Robodyn, Robodk)
- Vlastní řešení
 - Rotace jednotlivými klouby, výpočet středu a poloměru opisované kružnice



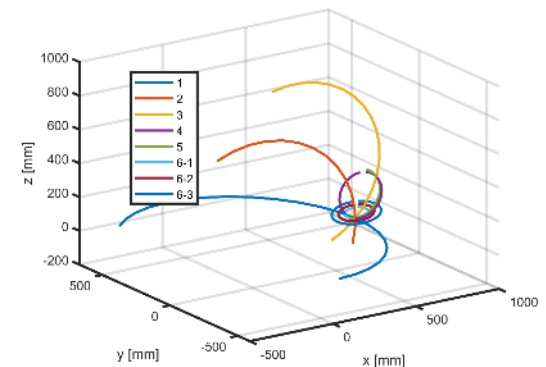
Kalibrace robotu Staubli TX200



software Robodyn

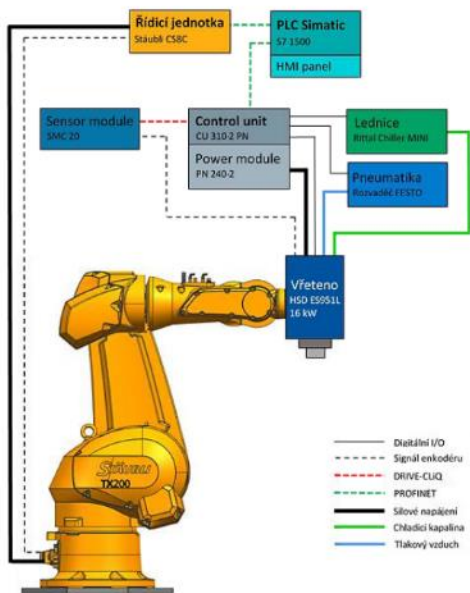
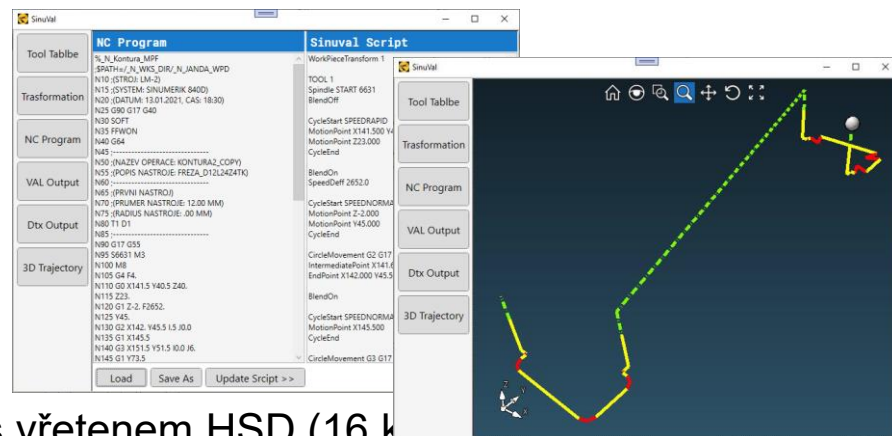


Kalibrace robotu Staubli TX2-90 tzv. metodou kružnic



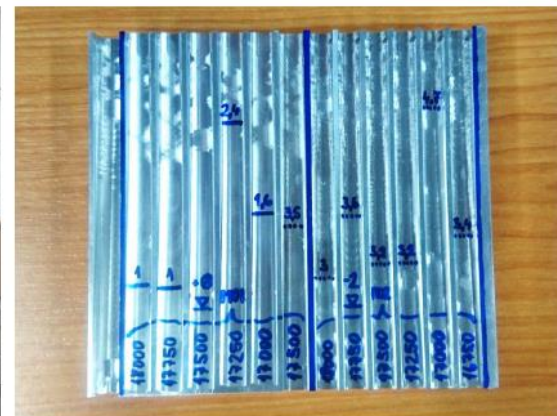
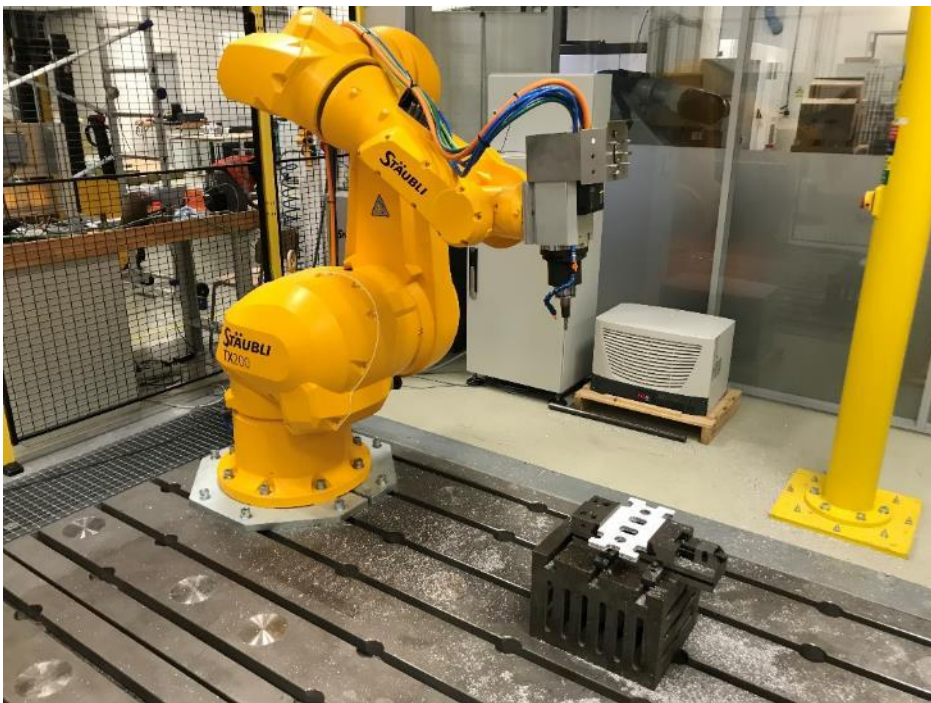
Roboty pro obrábění – řízení robotů

- Nativní řídicí jednotka
 - Generování NC programu v CAM
 - Vytvořeny postprocesory pro tvorbu programu (projektu) pro robot
 - Připraveno pro robot Staubli TX200 s vřetenem HSD (16 kW)



Roboty pro obrábění

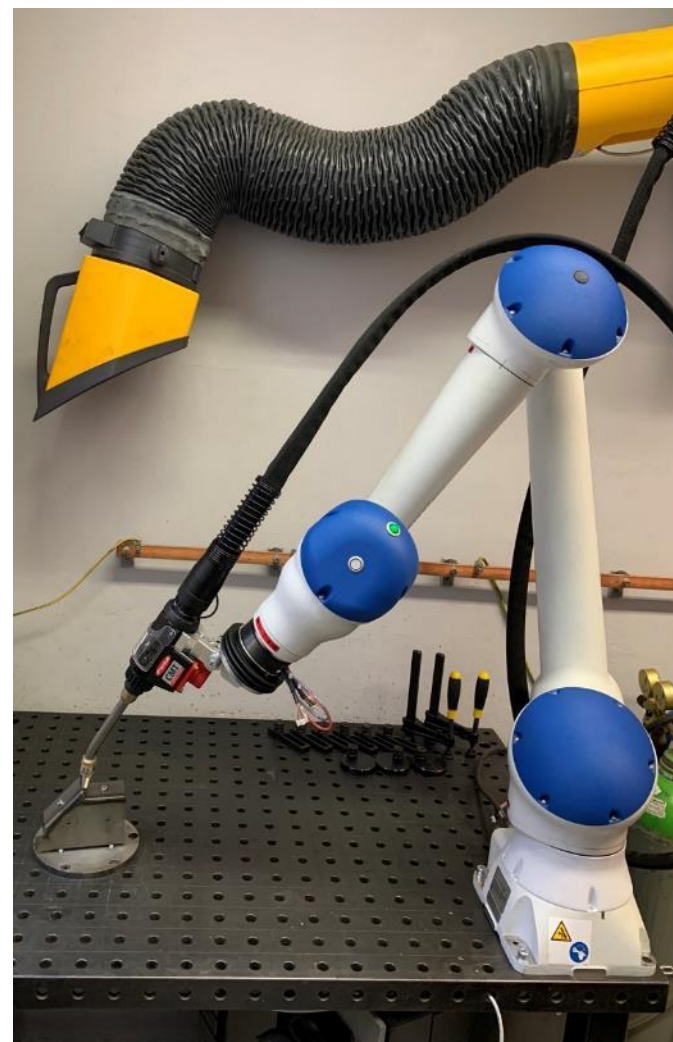
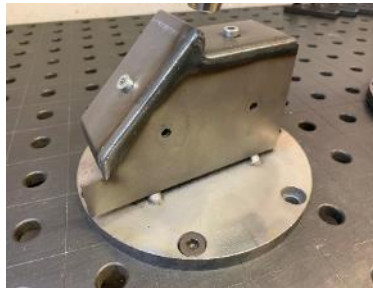
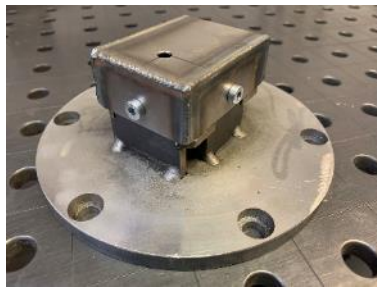
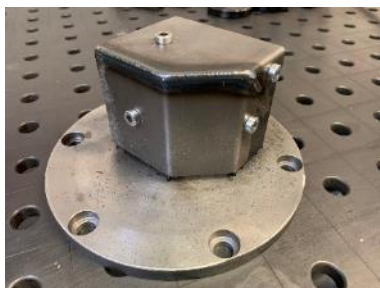
- Téma: Přesnost dráhového řízení, testy stability
- Motivace: Nastavení správné strategie obrábění, testy robotického ramene



Roboty pro svařování

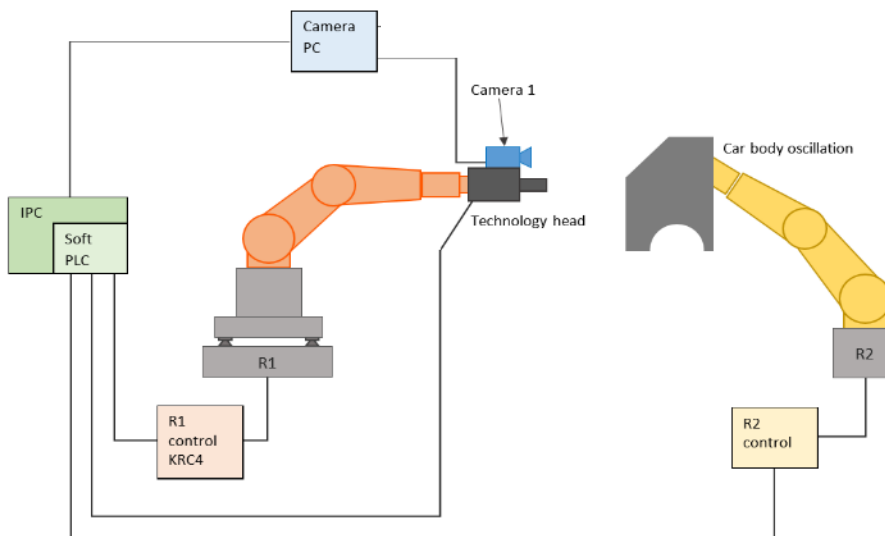
Robotické svařovací pracoviště na RCMT

- Kolaborativní robot Yaskawa HC10
- Sdílený svařovací agregát Fronius s 5AX standem
- Využití v oblasti návrhu robotických buněk, ověření navrhovaných principů a technologických postupů a WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing)



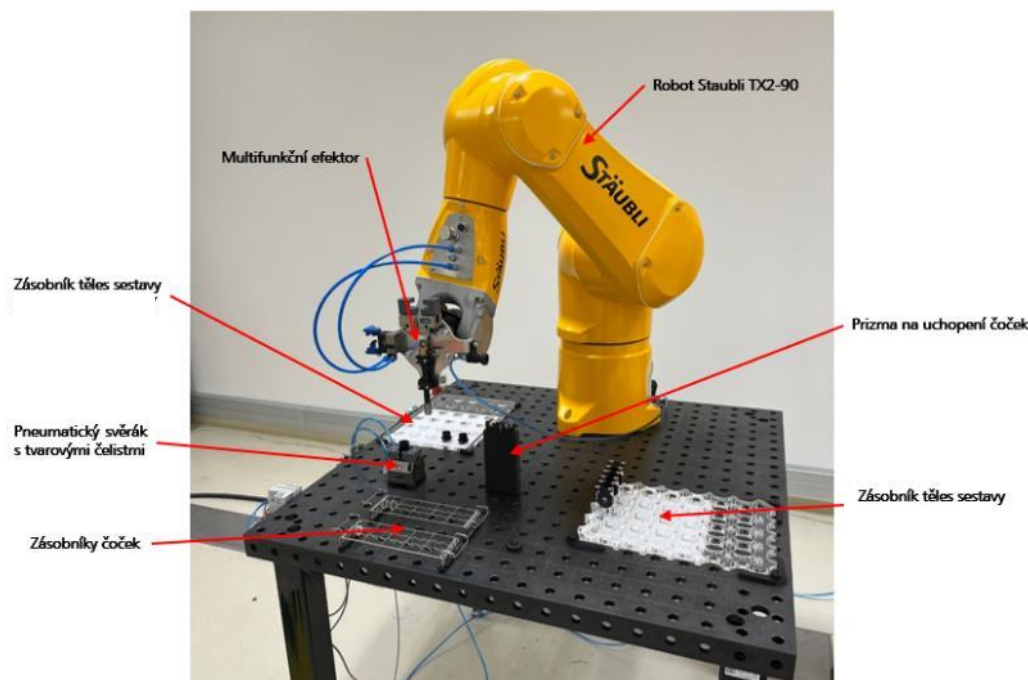
Roboty pro manipulaci – Závítové spoje

- Vývoj automatické montáže závítových spojů pomocí robotu
- Charakteristika řešení
 - Pohyblivý předmět
 - Optické a silové navádění robotu
 - Montáž šroubu
 - Sledování procesu šroubení



Roboty pro manipulaci – Přesná montáž

- Vzniklo testovací pracoviště v laboratoři CIIRC
- Na pracovišti bylo otestováno zakládání a zpřesnění založení pomocí vision systému (Keyence)
- Bylo provedeno propojení všech komponent pracoviště ŘS robotu a určeny strojní časy



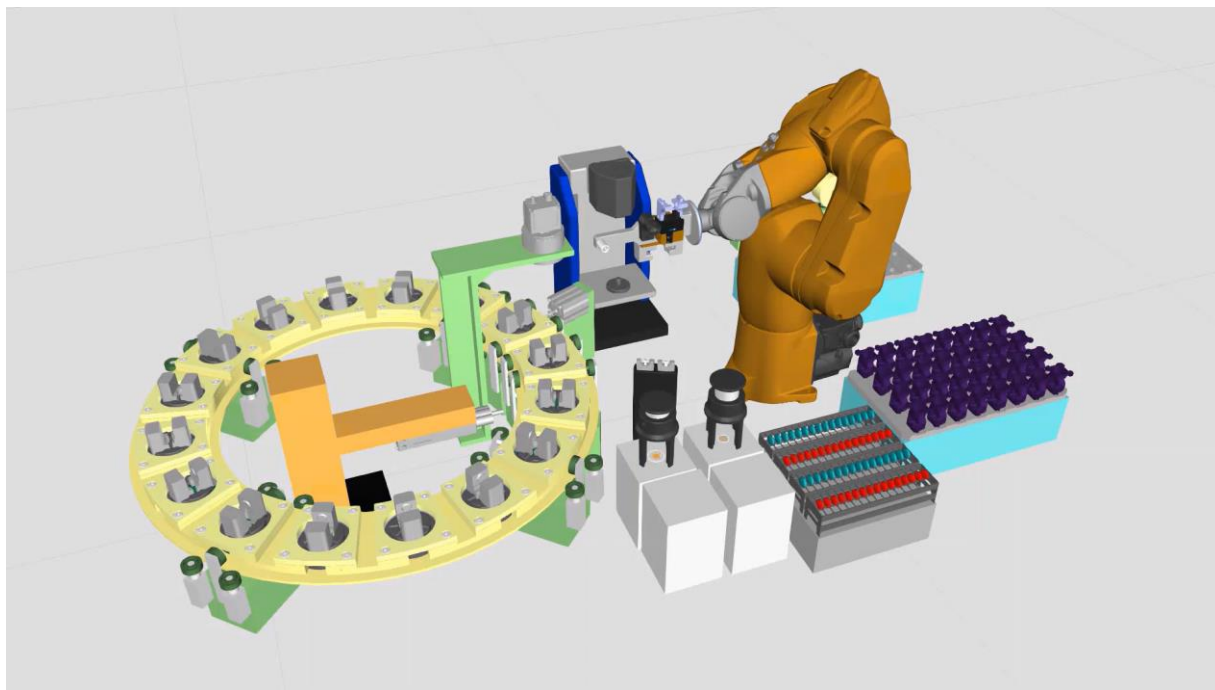
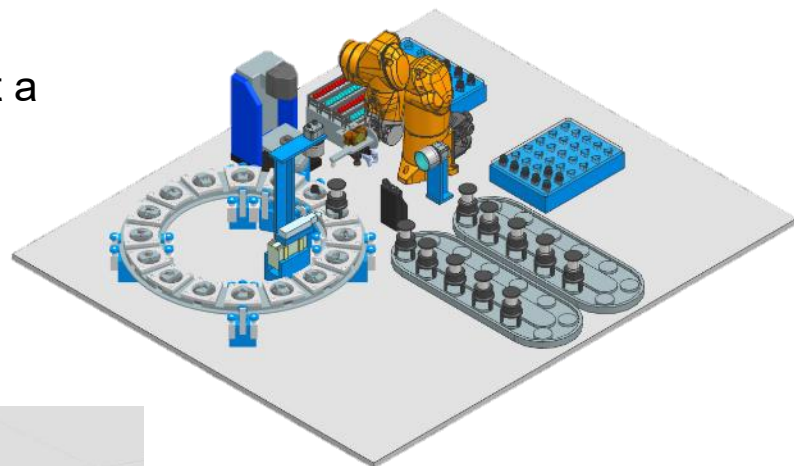
Testovací pracoviště



Vision systém Keyence

Roboty pro manipulaci – Přesná montáž

- Z otestovaných komponent byl vytvořen koncept a 3D model pracoviště
- Byla provedena simulace zakládání a časová studie v SW Visual Components



Roboty pro manipulaci – Kolaborativní montáž

- Spolupráce se ZeMA (Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik, Saarbrücken)
- Asistovaná montáž Raspberry Pi do pouzdra



Identifikace
scénáře



Plánování



Identifikace
objektu



Kolaborativní montáž



Příklad využití testbedu v CIIRC pro řešení výzkumných
úkolů z oblasti pokročilých výrobních technologií

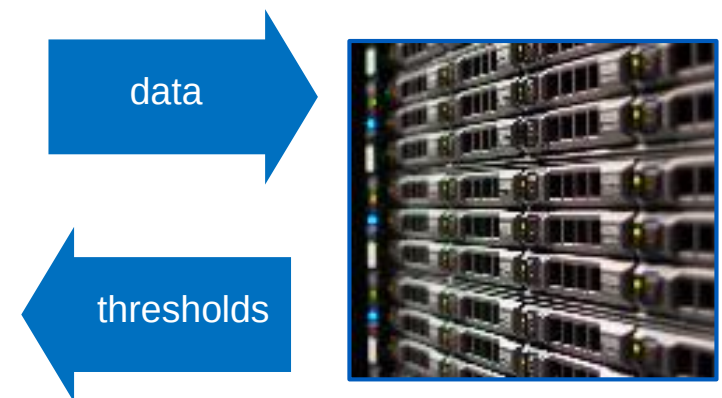
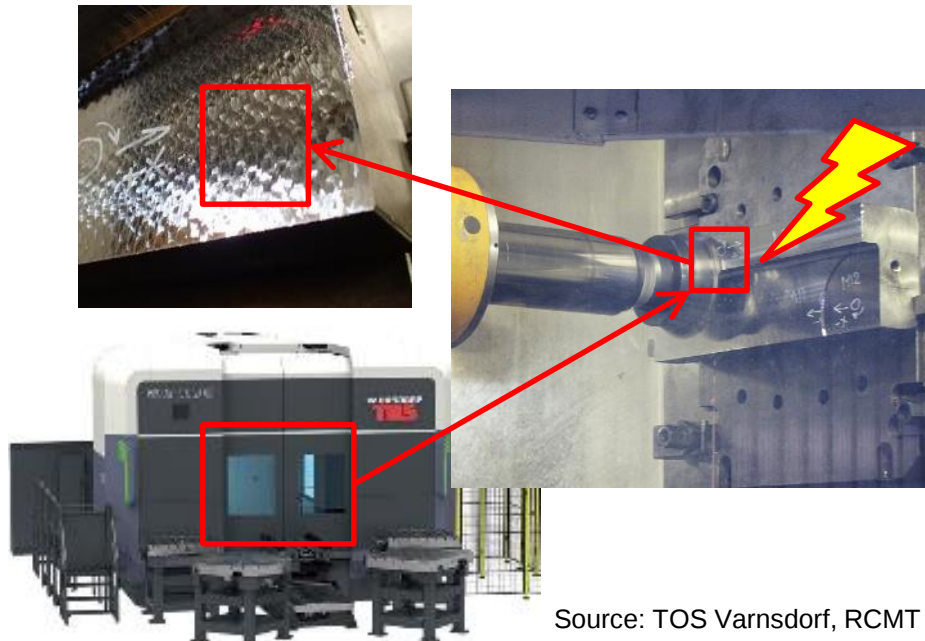
Smart machine tools: Data-driven Process Control

High frequency control (< 2 msec)

- Monitoring of immediate process and machine tool state (e.g. chatter detection)
- **Edge Computing** for local data processing

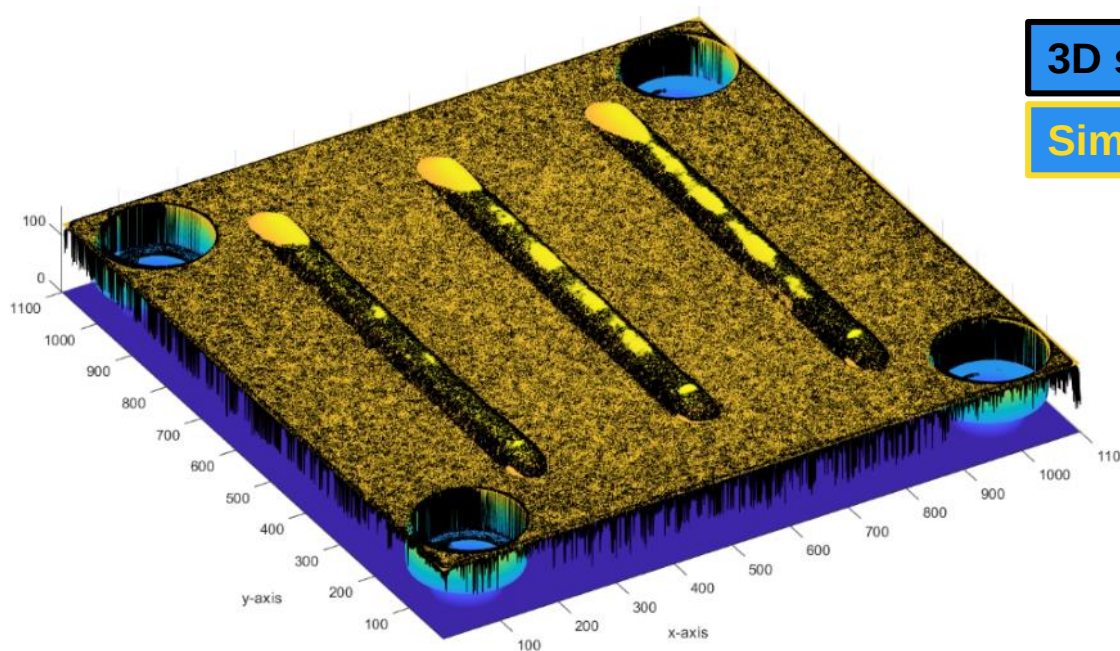
Low frequency control (> 1 sec)

- Off-line data processing, analysis of various data relation
- Estimation of the critical thresholds for high frequency control



Hybrid production: recent research focus

- Research of new arc control strategies
- WAAM process simulation



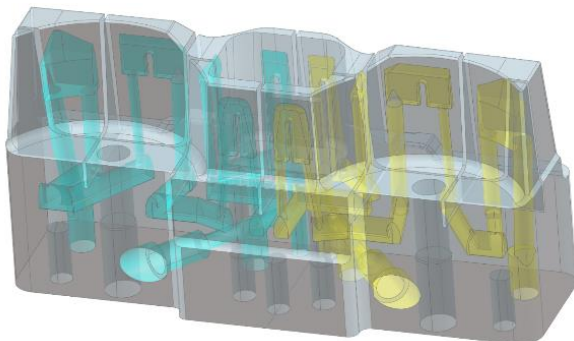
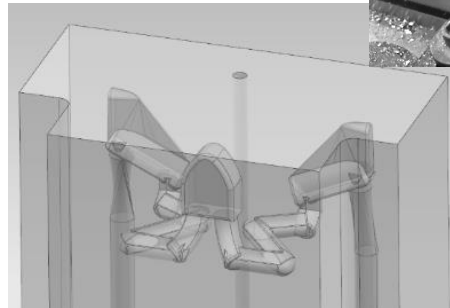
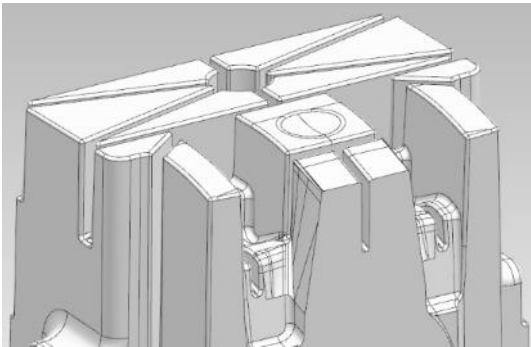
3D scan

Simulation result

Hybrid manufacturing technology

- Hybrid manufacturing means combination of additive and subtractive production processes in one working space of the production machine. The research is focused on effective implementation of hybrid manufacturing.
- Applications include solution for production of new parts, partial material addition on the part and workpiece repair applications.

Insert into the injection mold – tool steel (Welco ST130)



Hybrid manufacturing technology - possibility of the technology

- A) Arc welding of metal from wire - WAAM (wire arc additive manufacturing)
- B) 5-axis machining using standard procedures and tools



5-axis milling machine with
the possibility of welding



Working space with
torch and cutter

Test piece: Impellers with 6
blades and 6 intermediate blades
Material: 1.4301 - food grade
stainless steel
Wheel diameter: 160 mm
Height of blades 40 mm
Weight of welded blades - gross
volume: 1.3 kg
Time required for welding blades:
approx. 4 hours, intermediate
milling: 3 hours



Weld base laser on the
turned stock



Milling bases for laying
blades



The first layer of the blade
base



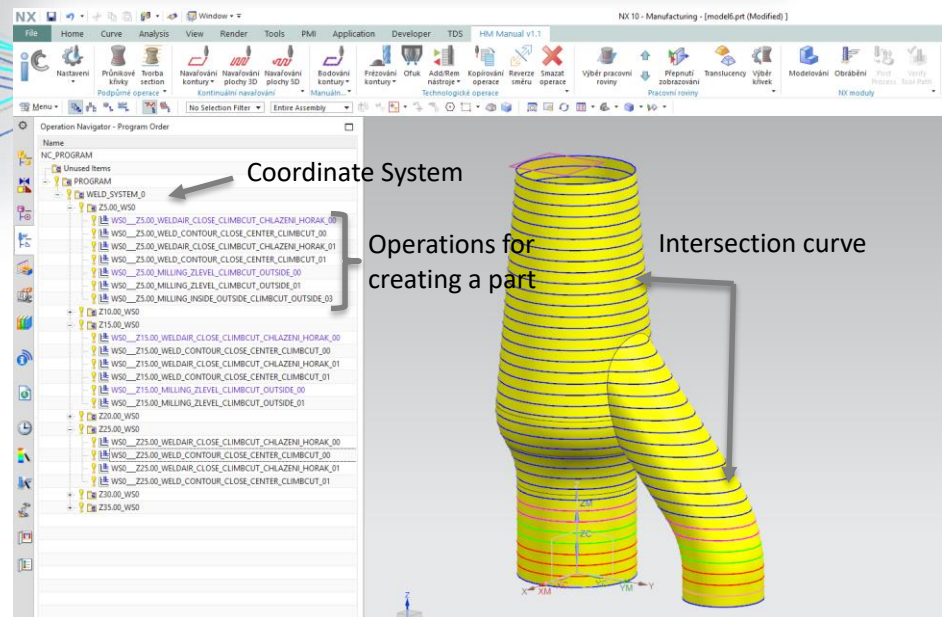
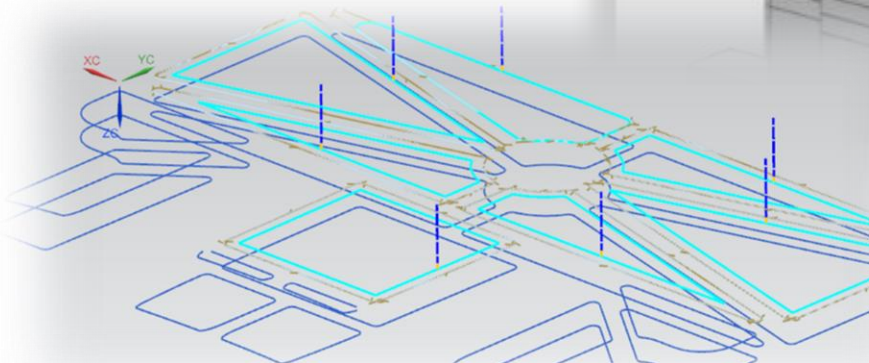
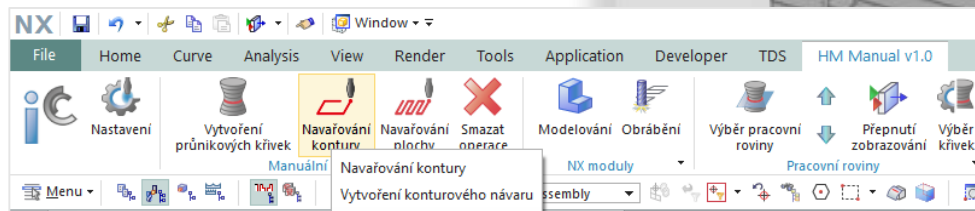
Blades during growth



Test machining of blades

Hybrid manufactu

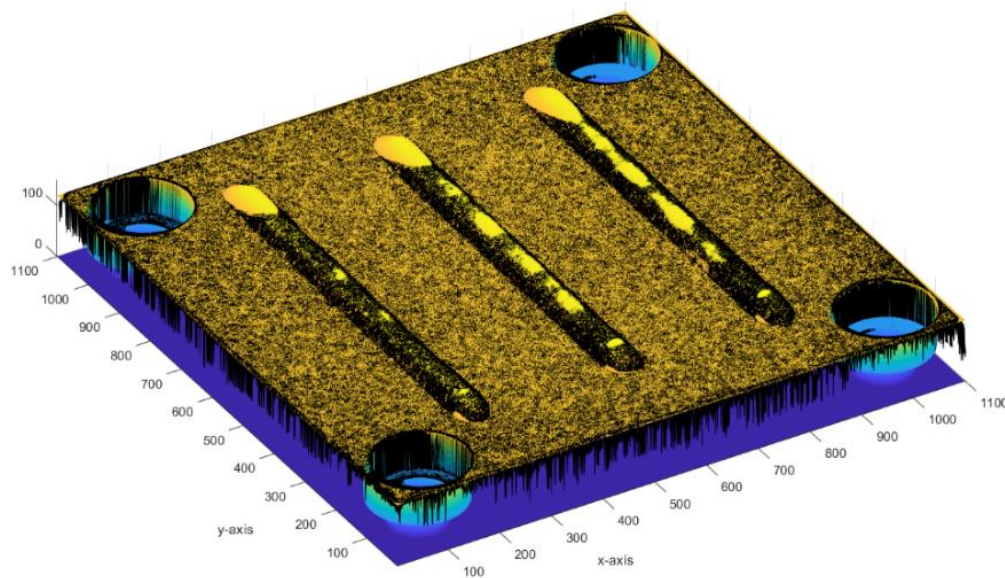
WAAM additive module with postprocessing CAD/CAM NX PLM Siemens



- ✓ Setting Process Parameters
- ✓ Create the curves needed to create path
- ✓ Create contoured – thin wall surfaces
- ✓ Creating volume bodies
- ✓ Auxiliary features for editing programs

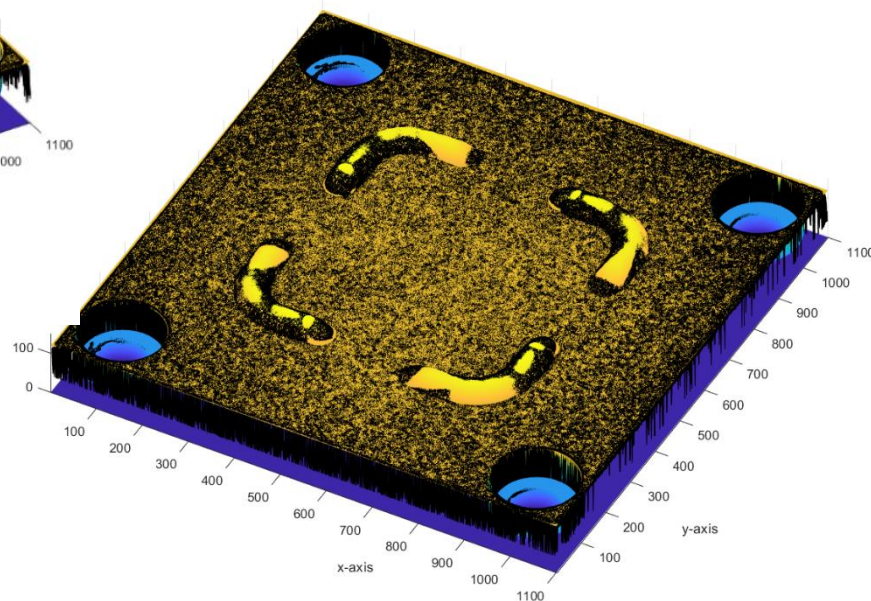
Hybrid production: recent research focus

- Research of new arc control strategies
- WAAM process simulation



3D scan

Simulation result



Machining technologies: recent research focus

- Efficient machining of hard and difficult-to-cut materials (e.g. Ti and Ni alloys)
- Approaches:
 - intensive cooling – cryoCO₂ MQL
 - lasered geometry in PCD and PCBN insert
 - structured surfaces of cutting tools



Shark skin texture produced at microlaser cell



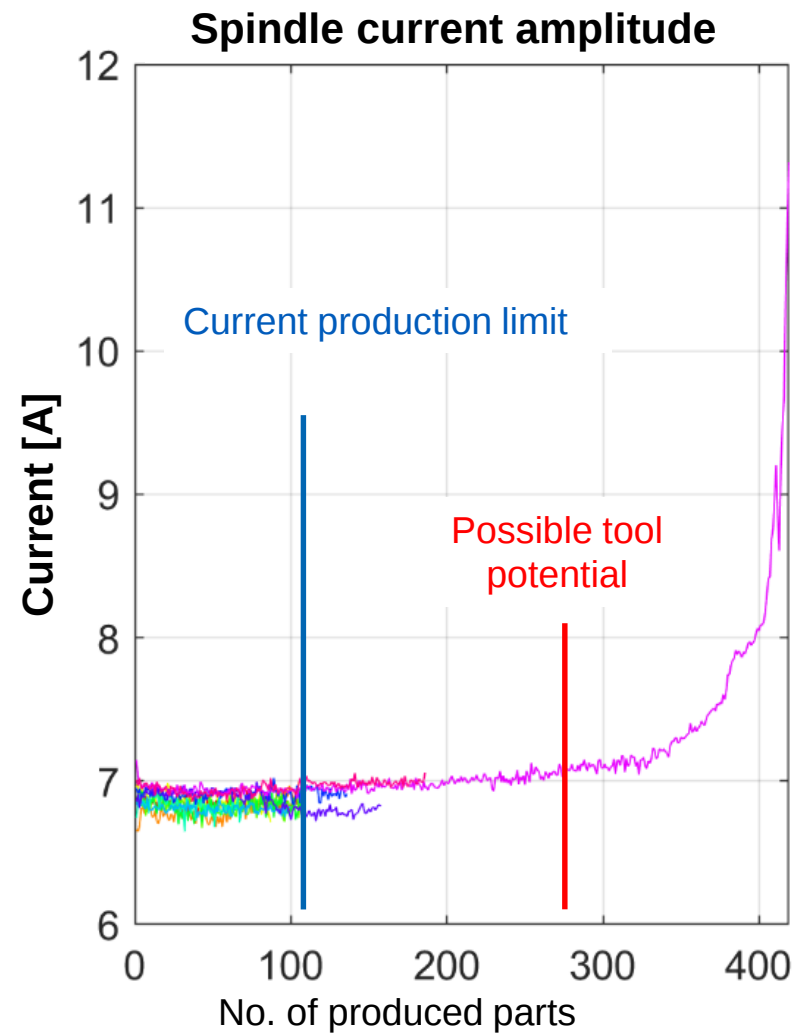
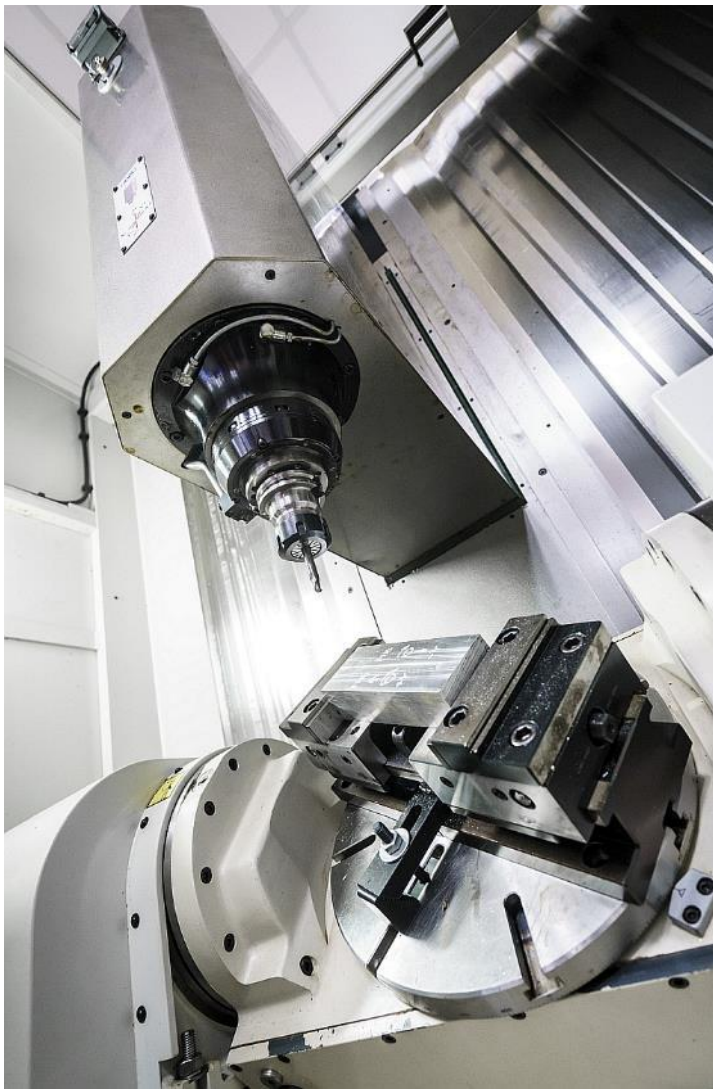
A chipbreaker in PCD tool created by laser



CryoMQL

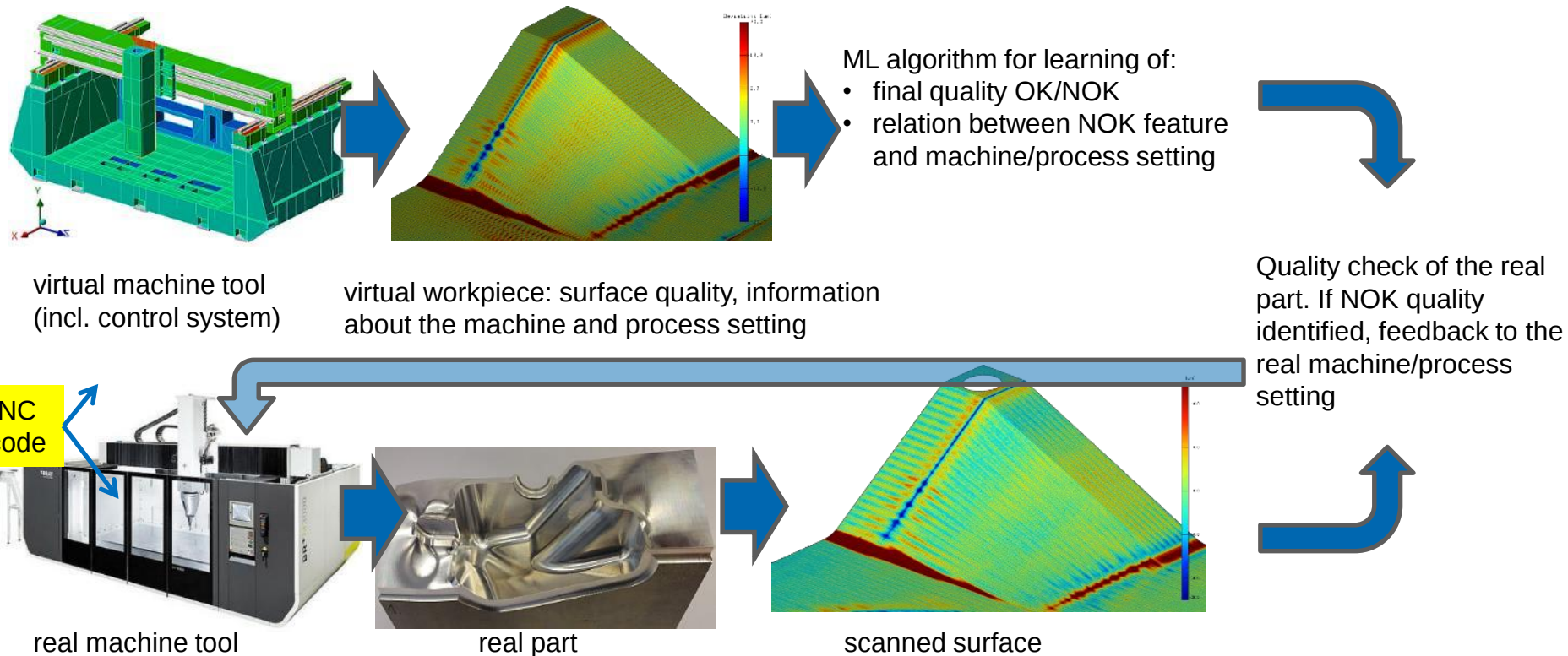
Smart machine tools: recent research focus

- Process monitoring through direct and indirect signal measurement



RICAIP use case: Virtual machining for ML inspection

- Complex shaped parts have complex surface errors after machining. These errors can be checked using ML methods. The virtual machining models can produce group of learning data for ML. Main advantage: source of surface errors is known from the virtual model. I.e. ML algorithm can recommend the improvement.



Contact



prof. Michael Valášek

Head of IPA

E: michael.valasek@fs.cvut.cz

T: +420 723 461 600



Dr. Petr Kolar

Deputy head of IPA

Deputy head of RCMT

E: p.kolar@rcmt.cvut.cz

T: +420 605 205 926