

## Digitální dvojče / 3D tisk

### Úvodník

**Vážení partneři, členové a příznivci Národního centra Průmyslu 4.0,**

dle žebříčku Světového ekonomického fóra je Česká republika v konkurenceschopnosti na 29. příčce ze 140 zemí, což jí zajišťuje stejnou pozici jako v minulém roce. Co je však ještě o něco horší zpráva, než že se nám vyspělé státy EU stále vzdalují (a prvenství v rámci Visegrádské čtyřky je jen malou útěchou), je fakt, že nejvíce zaostáváme v oblasti inovací. Číslo hovoří jasně, oproti EU 15 zaostáváme o celých dvacet procent. A to rozhodně není málo. Nízký sklon firem k investicím do high-tech, nízká produktivita práce a reálně velmi malá podpora firem v oblasti inovací se strany státu naznačují, že je třeba se touto oblastí začít systémově zabývat.

O to více mě těší, že Centrum sdružuje právě vysoce inovativní firmy - ať už jsou to lídři na trhu, menší hráči nebo start-upy. Tématem listopadového Bulletinu jsou digitální dvojčata, tedy jakási alfa omega Průmyslu 4.0, a 3D tisk. Je přímo radost číst, jakými zajímavými projekty se naši partneři a členové zabývají.

A za firmami v této oblasti nezaostává ani akademické prostředí. Že český 3D tisk patří ve světě ke špičce, dokazuje třeba úspěšný příběh společnosti Fillamentum z Hulína, která produkuje unikátní filament na bázi dřeva a mezi jejíž odběratele patří třeba americká armáda. Aditivně obráběné titanové komponenty, které desetkrát snížily počet potřebných dílů a snížily hmotnost součástky na polovinu, využívá sportovní vůz Bugatti Chiron s využitím technologie Siemens. Do třetice vám představíme unikátní frézovací stroj Kraken, připomínající bájnou chobotnici, patentovaný Západočeskou univerzitou.

Do detailu vám také v tomto čísle představíme, jak funguje digitální dvojče, a to na příkladu našeho experimentálního Testbedu, pro který je digitální dvojče jedním ze zásadních elementů, ale také na příkladu obráběcího stroje i obrobku v článku Fakulty strojní ČVUT. Digitálním dvojčetem stroje se zabývají i příspěvky společností Siemens a Factorio Solutions. Jako vždy představíme i novinky z Centra, ohlédnutí se za úspěšnými akcemi a důležité personální novinky.

Přeji vám úspěšný inovativní podzim a příjemné čtení.

Alena Nováková

Senior Project & Account Manager

### Digitální dvojčata v Testbedu pro Průmysl 4.0 CIIRC

Autor: Pavel Burget, vedoucí Testbedu pro Průmysl 4.0, CIIRC ČVUT

Digitální dvojče je jedním ze základních principů Průmyslu 4.0, který se v Testbedu na CIIRC ČVUT využívá na několika úrovních. Jedná se jednak o matematický model stroje a výrobního procesu (viz článek „*Digitální dvojče obráběcího stroje a obrobku*“ nebo „*Rychlejší vývoj a výroba díky digitálnímu dvojčeti*“), jednak o model výrobní buňky či celé výrobní haly (viz článek „*Digitální dvojčata*“). Testbed, který se zaměřuje na výrobní stroje i na koordinaci strojů do větších celků, pokrývá všechny výše uvedené úrovně. V tomto článku se zaměříme především na digitální dvojče výrobní buňky, virtuální zprovoznění a napojení na rozšířenou či virtuální realitu.

Software **Siemens Tecnomatix Process Simulate** je nástrojem, které modelování a simulaci výrobních buněk umožňuje a současně nabízí široké možnosti napojení řídicích systémů, tj. PLC, a tím i provedení virtuálního zprovoznění. Pokud je k řízení využito reálné PLC, lze propojit existující výrobní stroje se simulovanou částí a tím například zkoumat možnosti zvýšení kapacity výroby. Process Simulate umožňuje rozšíření výroby o další nástroje bez nutnosti přerušit výrobu, dokud nebudou ověřeny možné scénáře a vybráno nejvhodnější řešení. Díky otevřeným softwarovým rozhraním je možné virtuální výrobu plně nebo částečně propojit s dalšími systémy a simulovat celý hodnotový řetězec.



**CIIRC spolu s partnery NCP 4.0 (Factorio Solutions, ABRA, We RefactorIT, SIDAT, DEL a Siemens) v minulosti implementoval případovou studii, která pokrývala celý hodnotový řetězec** od výběru požadované varianty výrobku zákazníkem (v našem případě modelového autíčka), přes posouzení dostupnosti výrobních zdrojů a odhadu času dokončení až po možnost informovat zákazníka o tom, že jeho výrobek je připraven.

Uživatelské rozhraní bylo vytvořeno v systému ABRA a napojeno na **PLM Software Teamcenter**, který obsahoval data o výrobě, dílech, výrobních prostředcích a možných variantách. Toto rozhraní, které umožňuje konfigurovat výrobek, bylo potom napojeno na další moduly systému ABRA, které zprostředkovávají komunikaci s dalšími simulačními, automatizačními a výrobními systémy.

Jak již bylo zmíněno dříve, simulační model linky byl vytvořen v Process Simulate, řízení linky zajišťoval **PLC Siemens Simatic**. Část linky, tj. dopravník a jeden robot, byly fyzicky instalovány, další stacionární robot a robot na lineární sedmé ose byly simulovány. Návštěvník Testbedu představující zákazníka si tedy mohl objednat virtuální výrobu autíčka, které se na „reálně-virtuální“ lince ihned vyrobilo. Celkový dojem z výroby umocnilo propojení na rozšířenou realitu v brýlích Microsoft HoloLens, které byly napojeny na Process Simulate, kde získávaly data o aktuální činnosti strojů a poloze dílů. Zároveň zobrazovaly 3D modely chybějících robotů přímo do prostoru k fyzickým strojům včetně jejich pohybů synchronizovaných s pohyby skutečně existujících zařízení. Výrobu tedy bylo možné vidět pouze v brýlích HoloLens, které ukazovaly například virtuálního robota umísťujícího virtuální díl na přepravní paletku pohybující se na reálném dopravníku.

Popsaný scénář představuje digitální dvojče výroby a možnosti, které simulace, virtuální zprovoznění a zobrazení v rozšířené realitě přináší. **Stávající linku lze rozšířit o virtuální část, pomocí brýlí HoloLens virtuální část umístit do prostoru předpokládané instalace, ověřit logistické procesy, přepravní cesty navázané na další reálné systémy, které nutné nemusí být součástí simulačního modelu, zkoumat detailně pohyby virtuálního robota ve spolupráci s reálnými zařízeními apod.**

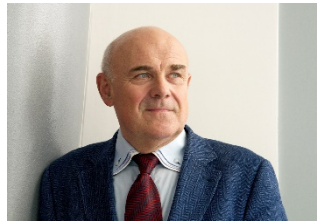
V nedávné době prošel Testbed přestavbou dopravníkového systému, který nyní umožňuje přeplánovat trasy pohybu přepravovaných dílů a díky tomu měnit pořadí výrobních operací a využití strojů, což je významný krok k flexibilní výrobě. Existence digitálního dvojčete podobně jako ve výše popsaném scénáři umožňuje ověřit výrobní postupy ještě předtím, než jsou fyzicky realizovány. To v případě flexibilních výrobních sekvencí přináší úplně nový rozměr. Za normálních okolností by byl výrobní postup znám až v okamžiku jeho skutečného provedení. V případě virtuálního (simulovaného) prostředí lze postup ověřit ještě předtím, než dojde k jakémukoli zásahu do chodu skutečných strojů. Využití digitálních dvojčat tak výrazně zvyšuje bezpečnost systému a snižuje množství chyb, které s sebou flexibilita výroby nese.



## Personálie

**Prof. Vladimír Mařík** jmenován vědeckým ředitelem CIIRC ČVUT, tajemník **Ondřej Velek** ustanoven pověřeným ředitelem CIIRC ČVUT

S účinností od 1. 11. byl prof. Ing. **Vladimír Mařík**, DrSc., dr.h.c. ustanoven vědeckým ředitelem CIIRC ČVUT a dosavadní tajemník ústavu, Ing. **Ondřej Velek**, Ph.D. byl pověřen vedením CIIRC ČVUT. Nový ředitel institutu by měl vzejít z mezinárodního výběrového řízení, jehož uzavření se předpokládá v lednu příštího roku. Tento kompromis, který pomohli dojednat představitelé vlády, a svým hlasováním potvrdil Akademický senát ČVUT, ukončil pětiměsíční období nejistoty ohledně dalšího fungování a směřování institutu.



**Prof. Vladimír Mařík** je jedním ze zakladatelů CIIRC ČVUT, který vedl od roku 2013 do června 2018. Profesor Mařík absolvoval ČVUT FEL, v roce 1990 byl jmenován profesorem v oboru Technická kybernetika. V roce 1997 se stal vedoucím katedry řídicí techniky, v roce

1999 pak zformoval a až do roku 2013 vedl katedru kybernetiky ČVUT FEL, která v roce 2000 získala prestižní titul „Centrum excellence EU“, v roce 2006 pak European IST Prize Evropské komise. V letech 1992 - 2009 vedl **Rockwell Automation Research Center Praha**, součást Rockwell Automation Inc.

Za své vědecké výsledky získal v roce 1989 Československou státní cenu, v roce 2003 rakouský „Čestný kříž pro vědu a umění“ a v roce 2010 prestižní ocenění „Česká hlava – Invence“. V říjnu 2017 obdržel státní vyznamenání Medaile za zásluhy z rukou prezidenta Miloše Zemana.



**Ing. Ondřej Velek, Ph. D.** se stal součástí týmu CIIRC spolu s prof. Maříkem při jeho založení, kdy se ujal funkce tajemníka vysokoškolského ústavu. Mezi jeho první úkoly patřilo nastavení finančních a administrativních procesů nezbytných k fungování ústavu včetně dohledu nad výstavbou nového sídla institutu v hodnotě jedné miliardy korun.

Dr. Velek do CIIRC přešel z japonské společnosti **Amagasaki Pipe Czech**, kde v letech 2004 až 2013 působil v nejrůznějších pozicích nejvyššího vedení, s úkolem připravit vstup této společnosti na český trh včetně výstavby výrobního závodu na zelené louce.

Dr. Velek absolvoval magisterské studium na MFF-UK v Praze, po studiu rok a půl pracoval pro obchodní zastoupení americké společnosti **Novell** a v roce 1998 odešel do Japonska, kde získal doktorát na tokijské univerzitě. Následně působil na téže univerzitě v pozici vědeckého asistenta, ale také na českém zastupitelském úřadu v Japonsku, jako poradce velvyslance pro vědu a technologie.

## Vilém Růžička přebírá vedení SIC



**Vilém Růžička** se na začátku října stal novým ředitelem **Středočeského inovačního centra**; ve funkci nahradil Rút Bízkovou, která odešla v červenci letošního roku. Růžička přichází z nano-technologické společnosti **ELMARCO s.r.o.**, kde působil na pozici ředitele obchodu a marketingu;

předtím jakožto generální ředitel **ABB Final s.r.o.**, patřící do celosvětové sítě společností ABB.

Mezinárodní zkušenosti a kontakty přináší do SIC díky svému mnohaletému působení na pozici prezidenta **Jihoafricko-české obchodní a průmyslové komory** a také z pozice International business manažera firmy **DECCI a.s.**, ve které se podílel na projektech v Evropě, Africe, Blízkém východě a dalších zemích.

V rámci své praxe spolupracoval s univerzitami a výzkumnými institucemi v ČR i ve světě. Růžička vystudoval Právnickou fakultu UK v Praze, své vzdělání dále rozšířil na ČZU v Praze a stážích v Johannesburgu, Stockholmu, Curychu a Londýně.

## Den otevřených dveří v Testbedu pro Průmysl 4.0

Autor: Alena Nessmithová

Potřetí a naposledy v letošním roce se Testbed pro Průmysl 4.0 otevřel firmám a studentům, kteří měli možnost prohlédnout si experimentální prostředí chytré továrny budoucnosti a vyzkoušet si některé z nejnovějších průmyslových technologií. Více než dvě stovky hostů využily této jedinečné možnosti a poslední říjnový den zaplnili Testbed v rámci dopoledního i odpoledního programu.

Dopolední část programu Dne otevřených dveří byla určena zejména pro studenty technických oborů středních a vysokých škol. Odpoledne bylo vyhrazeno firemním partnerům z řad našich partnerů, jejich hostů a odborné veřejnosti, která sleduje dění v Národním centru. Naši partneři si pro návštěvníky připravili atraktivní ukázky své práce a představili zajímavé technologie, které jsou klíčové pro průmyslovou výrobu 4.0. Také výrobní linka, která je v Testbedu stabilně umístěna, se přes léto rozrostla a poprvé se představila v nové podobě.

Hosté měli možnost projít si jednotlivá stanoviště Testbedu doprovázené odborným výkladem a vyzkoušet si i některé technologie Průmyslu 4.0 na vlastní kůži. Studenty zaujaly zejména různé formy aplikace virtuální a rozšířené reality do průmyslové výroby, které si mohli sami prohlédnout pomocí brýlí HoloLens. Součástí dopoledních prohlídek byly také exkurze do tzv. těžkého testbedu v suterénu budovy, kde jsou umístěny těžké obráběcí a svařecí stroje, které jsou v rámci továrny budoucnosti virtuálně propojené s výrobní linkou v Testbedu.

Přínos akce pro studenty shrnul Michal Kovářík, odborný asistent z Katedry technologie staveb Fakulty stavební ČVUT, který přivedl své studenty v rámci výuky: „Oceňuji široký záběr akce, kdy byly k vidění různé technologie od funkční robotické linky včetně možnosti vidět i její virtuální dvojče, přes internet věcí až k prezentaci elektronikou prošívaných ochranných oděvů.“ Kovářík dodal, že návštěva mu také pomohla vhodně doplnit teoretickou výuku robotických technologií ve stavebnictví praktickými ukázkami technologií z průmyslu, což na katedře není z důvodu omezeného vybavení možné.

Odpolední program se zaměřil na firemní hosty, především ze středních a malých firem, zájemce o průmysl 4.0 a poskytovatele inovačních řešení. Odbornou část programu zahájil prof. Václav Hlaváč z oddělení robotiky a strojového vnímání CIIRC ČVUT, který hosty přivítal a poté předal slovo Petru Hynkovi ze Škoda Auto, který na příkladu digitálního plánování svařoven Škoda Auto demonstroval Průmysl 4.0 v praxi. Nové uspořádání Testbedu hostům představil jeho vedoucí Pavel Burget.

V rámci volného programu měli hosté možnost zúčastnit se dvou workshopů. Přínosy a nastavení optimalizace rozložení výrobních linek osvětlil Petr Kadera z oddělení inteligentních systémů CIIRC ČVUT, digitální údržbu v lisovně Škoda Auto představil Lukáš Kousal z Výroby a logistiky Škoda Auto.

Hosté ocenili pestrý program zaměřený na praktické demonstrace technologií. Přímou na místě potom vznikla řada dohod a spojení mezi partnery centra a hosty, které mohou vyústit v zajímavé obchodní spolupráce.

foto: © R. Sejkot, CIIRC ČVUT 2018





## Prediktivní údržba přilákala odborníky do Národního centra Průmyslu 4.0

Autor: Alena Nováková

Národní centrum Průmyslu 4.0 uspořádalo pro své partnery i odbornou veřejnost seminář ve formátu business snídane na téma Prediktivní údržby, který se uskutečnil 10. října v atraktivních prostorách 10. patra budovy Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky.

Prediktivní údržbu jasně a výstižně hned na úvod snídane shrnul **moderátor akce**, redaktor pořadu ČT Věda 24, **Martin Tyburec** příslovím: „*Tak dlouho se chodí se džbánem pro vodu, až se ucho utrhne, aneb tomu se prediktivní údržbou právě chceme vyhnout.*“ Tomuto jednoduchému přirovnání přitakal nejen hlavní host a kapacita v oboru údržby, **profesor Václav Legát, předseda České společnosti pro údržbu**, ale i další z mluvčích, kteří reprezentovali teoretická, ale i praktická východiska prediktivní údržby.

Na úvodní a základní fakta sumarizující přednášku profesora Legáta navázal docent **Zdeněk Aleš z České zemědělské univerzity**, který se zabývá analýzou velkých dat a jejich využitím pro predikci údržby. Z návazné diskuse s účastníky mimo jiné vyplynulo, že osazení stroje větším množstvím různých diagnostických čidel neznamená automaticky lepší řešení, neboť je nutné pohlídat si náklady na prediktivní i reaktivní diagnostiku a vybrat to ekonomičtější řešení.

Praktickou stránku dodavatelů řešení zastupoval **ing. Zdeněk Haumer ze společnosti Festo**, která je například dodavatelem chytrého softwaru pro údržbu Smartenance. Závěr akce patřil **Jiřímu Čermákovi ze startupu Neuron Soundware**, který představil jeden z nových možných směrů údržby. „*Napodobujeme intuici a nahrazujeme lidský faktor umělou inteligencí. Akustika se používá již desítky let, není to zázrak, ale je to jiný způsob detekce*“, shrnul detekci poruch pomocí zvuku Čermák.

Téma prediktivní údržby a zajímaví mluvčí, kteří představovali různé póly prediktivní údržby, přitáhli řadu hostů nejen z velkých a prediktivní údržbu praktikujících firem, ale i z těch menších.

„*Prediktivní údržba nenahradí údržbu po poruše ani periodickou údržbu. Tam, kde je technicky možná a ekonomicky výhodná, se stává optimálním a udržitelným nástrojem*“, shrnuje prediktivní údržbu profesor Legát.



Na obrázku zleva: Martin Tyburec, moderátor akce; Alena Nováková, zástupkyně NCP4.0; Václav Legát, ČZU; Jiří Čermák, Neuron Soundware; Zdeněk Haumer, Festo; Zdeněk Aleš, ČZU



Hlavní host snídane, prof. V. Legát v akci



Business snídane na téma prediktivní údržba přilákala řadu hostů  
foto: © R. Sejkot, CIIRC ČVUT 2018

## Školení Průmysl 4.0 přineslo manažerům České spořitelny nové podněty pro bankovní praxi

Autor: Alena Nováková

V polovině října realizovalo Národní centrum Průmyslu 4.0 školení pro svého partnera, Českou spořitelnu. Přímo v prostoru Testbedu pro Průmysl 4.0 se sešli relationship manažeři regionálních korporátních center a zástupci řízení produktů pro korporátní klientelu. Cílem školení bylo získat praktické informace, které budou moci dále využívat ve své bankovní praxi a při jednání s klienty.

Školení bylo připraveno na míru dle individuálních požadavků a potřeb klienta, obsahovalo úvodní část a vymezení základních termínů a pojmů, praktické ukázky přímo v Testbedu, a také příklady přímo z firem, které změnilý svůj obchodní model a strategii a využily technologie Průmyslu 4.0. Společnost **Siemens** prezentovala mimo jiné i digitalizaci své továrny ve Frenštátě p. R., společnost **SKF** představila, jak rámci prediktivní údržby vytváří zbrusu nové obchodní modely a buduje vztah se zákazníkem. Společnost **SAP** pak hovořila především o inteligentních řešeních na propojení firemních systémů a procesů.

Zaznělo mnoho zajímavých podnětů a informací; na čem se ovšem shodli jak akademici, tak lidé z praxe je, že není třeba lpět na žádných definicích, naopak je nutné, aby se v Průmyslu 4.0 každý našel dle svých vlastních potřeb. V rámci inovací ve firmách nezačínat od technologií, ale s jasným cílem zvýšit konkurenceschopnost. Zjednodušeně řečeno, každá firma si musí přesně definovat konkurenční výhodu, kterou získá po zavedení inovace. A to je i významná informace pro bankéře.



foto: © R. Sejkot, CIIRC ČVUT 2018

Na obrázcích shora, zleva:

1. Jitka Řeháková, propoziční manažerka ČS a prof. V. Mařík, vědecký ředitel CIIRC, vítají účastníky školení v Testbedu pro Průmysl 4.0
2. účastníci školení z řad ČS, v pozadí Testbed pro Průmysl 4.0
3. praktické ukázky aditivní výroby a účastníci školení
4. ing. Petr Kolář, Ph.D., vedoucí ústavu výrobních strojů a zařízení, FS ČVUT při workshopu Průmyslu 4.0
5. Alena Nováková, senior manažerka Národního centra průmyslu 4.0, vysvětluje roli a fungování Centra, v pozadí vedoucí Dr. Roman Holý



pokračování článku z předchozí strany:

Propoziční manažerka České spořitelny, Jitka Řeháková, shrnula zpětnou vazbu účastníků školení takto: „V České spořitelně si uvědomujeme důležitost sledování trendů, implementace inovací do podniků i do společnosti, důležitost výzkumu, vývoje a jeho aplikace v praxi. Školení zaměřená na konkrétní oblasti a trendy, jako je například Průmysl 4.0, jsou nedílnou součástí soustavného vzdělávání našich relationship manažerů a dalších bankovních specialistů, abychom mohli co nejlépe pochopit potřeby našich klientů a být jim partnerem při jejich naplňování a při překonávání úskalí, která s sebou například inovace přinášejí.

Školení v Národním centru Průmyslu 4.0 pro nás bylo přínosem především díky "zhmotnění" problematiky Průmyslu 4.0. Vynikající je spojení hodnotných přednášek zástupců partnerských společností NCP4.0, zástupců CIIRC a ČVUT a praktických ukázek spojení automatizace a digitalizace, virtuální a rozšířené reality, jejich aplikace ve výrobním provozu simulovaná v Testbedu, case-studies aplikace prvků Průmyslu 4.0 v konkrétních provozech.

To vše velice bylo srozumitelně zasazeno do celkového kontextu odbornými zástupci Národního centra Průmyslu 4.0 - jak z pohledu výrobního procesu, ekonomického přínosu, tak dopadu do konkurenceschopnosti firem a do celé společnosti.“

Podobná mezioborová školení přinášejí i cennou zpětnou vazbu pro firmy z oblasti Průmyslu 4.0, které mají příležitost si ověřit praktické pochopení Průmyslu 4.0 mimo svou oborovou bublinu a navázat spolupráci, propojovat lidi, věci a obchod, což je i jedním ze základních principů, které inovace přináší Společnosti 4.0.

## Z Hulína do USA. Fillamentum dobývá 3D svět.

### Je v TOP 5

Autor: Roklen 24



Česká republika patří v odvětví 3D tisku mezi světovou špičku. Firma Fillamentum z Hulína je dokonce v TOP 5 světových producentů, co se kvality i inovací týče. Na poli 3D tisku dosáhla řady významných úspěchů a ocenění. Prostřednictvím jejího unikátního filamentu na bázi dřeva (Timberfill), který je odbornou veřejností považován za vůbec nejlepší 3D strunu na bázi dřeva na světě, například vznikl vůbec první plně funkční designový reproduktor. Mezi odběratele produktů firmy dnes patří také americká armáda.

První smlouvu v USA, kde 3D tisk tvoří významnou část světového trhu, firma podepsala v roce 2016. „Tam jsme zjistili, že trh je tak velký a nenasycený, že jsme se na něj začali především mentálně orientovat. Začalo nás zajímat, jaké trendy se líbí ne v Česku a Evropě, ale v USA,“ říká generální ředitel společnosti Fillamentum **Josef Doleček**.

Díky vlastnímu výzkumu, vývoji a úzké spolupráci s řadou českých a slovenských vysokých škol, zejména s Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně či Slovenskou technickou univerzitou v Bratislavě, si společnost udržuje významný technologický náskok.

„Jsme poměrně drazí, protože kvalita není zadarmo. Konkurence byla zpočátku daleko levnější, Čína byla levnější. Loni se to ale změnilo. I Češi začali preferovat kvalitní výrobu, která stojí víc,“ dodává Doleček.

„Rozdíl v kvalitě výrobku poznáte na první pohled. Když koupíte čínskou strunu, je křivá, na každém místě jinak tlustá a nekvalitně balená. Vypadá to, jako když si doma namotáte prodlužku. Pro kvalitu tisku jsou to zásadní věci,“ tak vnímá konkurenční výhodu svých produktů předsedkyně představenstva firmy Fillamentum **Martina Vítková**.

„Výrobu filamentů si můžete představit jako mlýnek na maso, do kterého místo masa dáte polymerní či plastové granule. V tom 'mlýnku' je roztavíte a vytlačíte z něj strunu. Za jednu hodinu dokáže firma vyrobit na lince až deset cívek. Produkce je rozdělená do několika segmentů. První je 3D tisk, který je nosnou částí naší výroby. Druhou je pak automotive i packaging a samozřejmě extruze polymerů,“ říká Doleček.

Kdo je dnes největším odběratelem? „Stále ještě převažuje hobby trh neboli trh nadšenců do 3D tisku. Letošní rok je ale ve znamení změny a zájem se překlápá směrem k průmyslovým společnostem, které to používají pro tisk náhradních dílů či přípravků na výrobu prototypů,“ říká Doleček.

Akcie firmy [Fillamentum](#) byly v květnu upsány v plném objemu na trhu [START](#), který organizuje pražská burza. Zájem investorů byl větší než upisovaný objem akcií. Cena jedné akcie byla stanovena na úrovni 825 korun. Firma z Hulína upsala pětinu svých akcií za zhruba 24 milionů korun. Manažerem emise byl [Roklen Corporate Finance](#).

Od začátku činnosti firmy je vidět stálý organický růst produkce a s tím spojené investiční potřeby. Prostředky získané na burze START firma plánuje využít na investice do nových výrobních linek potřebných pro rozšíření kapacity tuzemské výroby a pro vybudování výrobního a obchodního zázemí v USA, což je nejvýznamnější trh pro 3D tiskové filamenty.

„Úspěch emise Fillamentum ukazuje důvěru českých investorů v tuzemské technologické firmy, které touto formou realizují expanzi na zahraničních trzích. Jedná se o ikonický milník, a to jak pro český kapitálový trh, tak pro firmu samotnou. Dopad emise není jen ekonomický, ale také marketingový,“ uvedl Managing Director, Roklen Corporate Finance **Jakub Burda**.

Firma Fillamentum se umístila na třetím místě v soutěži IPO of the Year v rámci soutěže **CEE Capital markets & FinTech Awards 2018**.

## CIIRC a Testbed navštívili zástupci EU a Evropské komise

Autor: Alena Nessmithová

Ve čtvrtek 25. října do Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky zavítala incomingová mise EU a Evropské komise, která si přála blíže poznat fungování Institutu a Národního centra Průmyslu 4.0.

Delegace složená z několika velvyslanců evropských zemí, nejvyšších zástupců EK pro oblasti výzkumu, rozvoje a digitalizace včetně českého zastoupení při EU v Bruselu si udělala čas na návštěvu CIIRC ČVUT v rámci nabitého dvoudenního programu v ČR, při kterém mapují výzkum vývoj a inovace. Delegaci EU a Evropské komise přivítal Roman Holý spolu s profesory Vladimírem Kučerou a Václavem Hlaváčem; fungování Institutu a výzkumné týmy v krátké prezentaci pomohli představit Dr. Josef Šivic a Dr. Petr Kadera.

Účastníci mise, mezi kterými byli velvyslanci Belgie, Finska, Portugalska, Švédska, Francie nebo Slovenska spolu s českým velvyslancem při EU Jaroslavem Zajíčkem a dalšími vysokými představiteli EK, ocenili nejenom prostor v nejvyšším patře budovy CIIRC, který nabízí neopakovatelný výhled na panorama Pražského hradu, ale především pak zajímavé projekty, které se zde realizují. Na závěr se delegace přesunula do Testbedu pro Průmysl 4.0, kde byla seznámena s fungováním experimentální výrobní linky pro chytré továrny.

Ukázky technologií výroby 4.0 účastníky mise zaujaly a káva z "ruky" robobaristy byla příjemnou tečkou za návštěvou v našem institutu. CIIRC se tak stal jedním ze čtyř technologických center, které delegace v ČR navštívila, spolu s výrobním závodem **Škoda Mladá Boleslav**, **Technologickou agenturou ČR** a laserovým centrem **ELI Beamlines** v Dolních Břežanech.



foto: © R. Sejkot, CIIRC ČVUT 2018



## Zadní křídlo Bugatti Chiron vyrábí 3D tisk a technologie Siemens

Autor: Siemens



Praktickou ukázkou využití aditivního obrábění neboli 3D tisku je výroba zadního křídla sportovního vozu Bugatti Chiron. V současnosti se jedná o největší funkční hybridně sestavenou součástku na světě vyrobenou za použití 3D tisku a virtuální reality. Na její výrobě a testování se významně podílí i společnost Siemens.

Zadní křídlo auta se dříve skládalo z mnoha dílů, které bylo nutné montovat dohromady, čímž vznikala prostor pro chyby a drobné nepřesnosti. Změnou výrobní technologie na aditivní obrábění se desetkrát snížil počet potřebných dílů, navíc klesla hmotnost zadního křídla Bugatti Chiron o polovinu.

Společnosti **Siemens** a **Bugatti** založily celý inovační proces – od virtuálního větrného tunelu až po prvotní design komponentů – na jedné softwarové **PLM platformě Teamcenter**.

*„Výhodou ucelených řešení Siemens PLM Software je jejich šíře a holistický přístup,“ říká René Zahradník, ředitel obchodu Siemens PLM Software. „Všechny moduly na sebe navazují a jsou vzájemně kompatibilní. Chytré programy dnes navíc dokážou výrazně ušetřit práci v kterékoliv fázi vývoje a výroby.“*

Základ křídla tvoří 3D tištěné tenkostěnné titanové komponenty a karbonové trubky pokryté keramickou vrstvou. Spolu vytvářejí extrémně lehký a současně mimořádně pevný systém pro jízdu a nastavování přitlačného křídla, které musí ustát rychlosti až 400 kilometrů v hodině, což je více než vzletová rychlost letadla Boeing 747 (280 km/h).

Extrémně vysoké příčné a podélné dynamické nároky zvládá křídlo díky aktivní aerodynamice vozidla. Za pomoci důmyslného hydraulického systému, který spočívá v otvírání a zavírání klapky difuzoru, zadní křídlo velice přesně koriguje vzdálenost automobilu od vozovky. Tento systém je v automobilovém světě zcela unikátní a svou komplexitou je srovnatelný pouze s konstrukcí letadel.

Součástí řešení Siemens, týkající se navrhování konstrukce a chování vozidel, jsou i virtuální větrný tunel a virtuální testovací okruhy. Jedná se o komplexní přístup, který umožňuje dokonale provázat vývoj výrobků s přípravou výroby a samotnou výrobou.

Využití virtuální reality při přípravě výroby a testování výrobku spočívá v technologii tzv. digitálních dvojčat, které umožňují optimalizaci všech činností, včetně takového detailu jako je ovládání CNC strojů pro konečnou úpravu dílů.

*„Naše řešení umožňují ve virtuálním prostředí s návrhy mnohonásobně rychleji a důkladněji experimentovat a před vlastním rozhodnutím tak ověřit mnohem více variant. To se týká dílu, samotného výrobku, výrobních strojů, linek, i celých výrobních hal,“ uzavírá René Zahradník.*



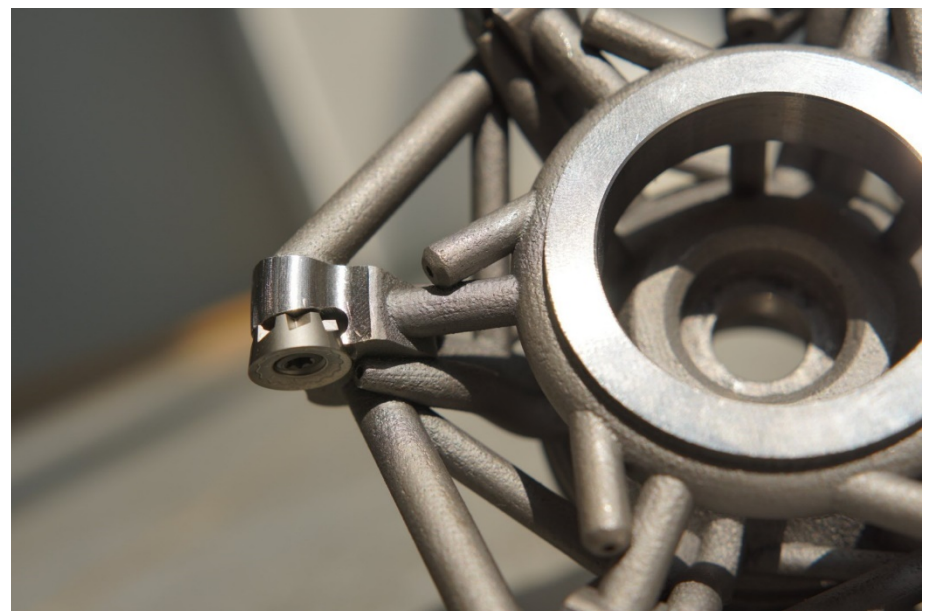
## KRAKEN – unikátní frézovací hlava vyrobená technologií 3D tisku kovů

Autor: Ing. Ivana ZETKOVÁ, Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni

Aditivní výroba (AM) neboli 3D tisk je jedním z pilířů Průmyslu 4.0, který zásadním způsobem mění paradigma průmyslové výroby ve 21. století. I proto jsou aditivní technologie jedním z klíčových výzkumných programů Regionálního technologického institutu (RTI), který je výzkumným centrem Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni. Rozvoj této technologie oprávněně patří mezi priority evropské strategie pro konkurenceschopnost a udržitelnost výroby, neboť umožňuje redukci spotřeby energie a materiálu.

Regionální technologický institut se výzkumu 3D tisku věnuje již řadu let a i díky tomu patří mezi uznávané výzkumné týmy v českém, ale i celoevropském měřítku. Svědčí o tom fakt, že Laboratoř experimentálního obrábění, pod kterou výzkum 3D tisku spadá, je původcem několika patentů, užitečných vzorů a ověřených technologií a její členové jsou zváni k odborným přednáškám o 3D tisku na konferenci s celosvětovou účastí.

Jedním z mezinárodně oceňovaných projektů v oblasti 3D tisku, kterým se RTI může pochlubit, je unikátní řezný nástroj pro frézování těžkoobrobitelných materiálů. Dostal jméno **KRAKEN**, protože svým tvarem připomíná právě chapadla bájné mořské chobotnice. Prutová konstrukce nástroje není vyrobitelná konvenčními technologiemi, a tak unikátnost této koncepce spočívá právě v možnostech, které nabízí technologie 3D tisku kovů. Tvarově složitě chladičí kanálky přivádějí procesní kapalinu přesně do místa řezu a zaručují efektivní chlazení čela i hřbetu nástroje.



Toto konstrukční řešení ovšem poskytuje i řadu dalších výhod, např. výrazné materiálové úspory (o 50 % nižší hmotnost oproti standardním nástrojům) při zachování celkové tuhosti a pevnosti, univerzální použití, vyšší produktivitu obrábění, optimalizované chlazení, zvýšení trvanlivosti nástroje, zkrácení výrobních časů nebo snížení celkových nákladů na obrábění. Při výrobě bylo využito topologické optimalizace, která je pro aditivní výrobu typická.

Na letošním **Mezinárodním strojírenském veletrhu** v Brně byl tento nově vyvinutý řezný nástroj oceněn odbornou porotou jako nejlepší exponát veletrhu v kategorii Inovace komponent ve strojírenství a získal **Zlatou medaili MSV 2018**. KRAKEN (fréza s rozpěrami) – jeho konstrukce a technologie výroby – je již patentovaný Úřadem průmyslového vlastnictví a registrovaný u Evropského patentového úřadu.





## Unikátní technologie 3D tisku z kovu vyvinutá v ČR

Autor: Ing. Jan Smolík, Ph.D., Mgr. Ester Kopecká, DiS., FS ČVUT

Spolupráce Ústavu výrobních strojů a zařízení (RCMT) při Fakultě strojní ČVUT a strojírenské firmy Kovosvit MAS trvá již mnoho let a za tu dobu přinesla celou řadu konkrétních výsledků. Mezi ně patří i technologie 3D tisku z kovu plně vyvinutá v ČR, která patří do kategorie Hybrid Manufacturing a umožňuje vytvářet kovové dílce navařováním pomocí elektrického oblouku a jejich obrábění v jednom pracovním prostoru s výrazně menšími náklady.

Dalším krokem společného vývoje bylo sestavení produkčního stroje z oblasti Additive Manufacturing. Prototyp stroje pod označením **WeldPrint 5AX** byl představen na MSV 2017, kde získal Zlatou medaili v kategorii inovací, které vznikly ve spolupráci firem a výzkumných organizací.

Při vývoji stroje WeldPrint 5AX bylo cílem vytvořit technologii, stroj a software pro zpracování běžných strojírenských materiálů s cenou vytvořených dílců z oceli okolo 3000 Kč/kg, tedy několikanásobně levněji než na hybridních strojích s laserovým navařováním nebo na strojích sintrujících materiálů v práškovém loži. Použitá technologie umožňuje zpracovávat materiály ve formě svařovacího drátu, což nabízí pokrytí výrazně větší palety zpracovatelných materiálů, než jaké jsou dostupné ve formě prášku pro laserové technologie.

Pokračující výzkum a vývoj se nyní orientují především na zpracování konstrukčních, nerezových, jemnozrnných a ořezuvzdorných ocelí. Výhodou vyvíjené technologie je, že jejím uživatelem nemusí být pouze špičkové vývojové středisko velké firmy, ale může ji rentabilně využít i běžná malá a středně velká strojírenská firma.

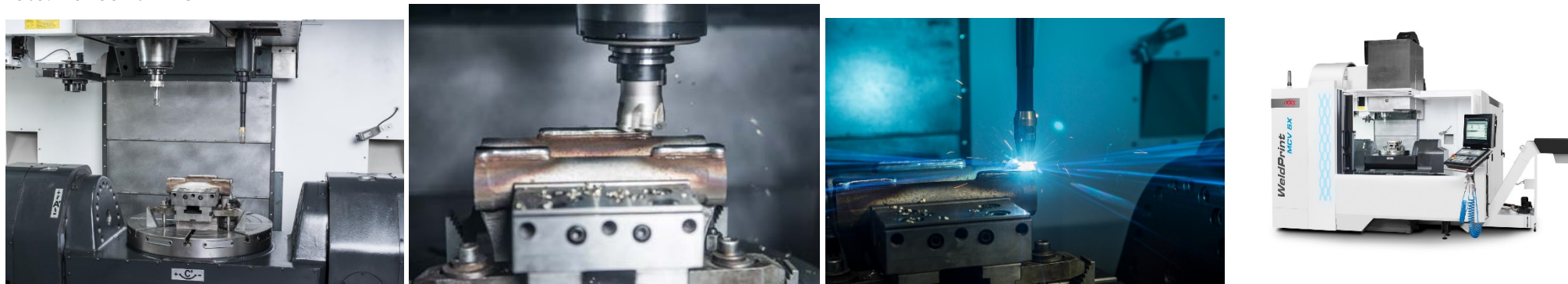
Hybridní technologie, tak jak ji představuje stroj WeldPrint, je orientována na zpracování běžných ocelí. Stroj lze využít i pro dílčí navařování a svařování při celkové nízké ceně nebo pro pětiosé frézování bez jakýchkoli omezení - stejně jako běžný CNC obráběcí stroj. Hybridní technologie nabízená primárně se strojem kombinuje navařování a mezioperační obrábění a je tak využitelná v oblasti zpracování standardních konstrukčních materiálů pro běžné strojírenství, jako jsou stavba a výroba nástrojů, energetická zařízení, vojenské aplikace, dopravní technika, prototypová výroba či opravárenství.

Výhodnost použití HM technologie vyniká zejména u tvarově složitých dílců, kde se odebrá velké množství materiálu, jako jsou například lodní šrouby, Francisova turbína, části některých forem apod. Stroj WeldPrint 5AX umožňuje zpracovávat – to znamená vytvářet, svařovat i obrábět – dílce do hmotnosti 400 kg, maximálního průměru 520 mm a maximální výšky dílce od upínací plochy stolu 475 mm.

Ústav výrobních strojů a zařízení pokračuje ve spolupráci se společností Kovosvit MAS na dalším vývoji technologie a strojů pro ni. Hlavními tématy jsou nyní vývoj CAM Software pro technologickou přípravu výroby, vývoj ověřených specifických technologií pro konkrétní zákazníky a případné budoucí uživatele i vývoj nového stroje WeldPrint s řadou zdokonalení.

*Příspěvek vyšel v časopisu Pražská technika 5/2018, redakčně upraven*

foto: Kovosvit MAS



## Laboratoř experimentálního obrábění se chce stát centrem excellence aditivních technologií

Autor: doc. Ing. Miroslav ZETEK, Ph.D.

Laboratoř experimentálního obrábění je součástí Regionálního technologického institutu (RTI), který je výzkumným centrem Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni. V plném provozu je necelé tři roky a za tu dobu se stala vyhledávaným partnerem pro české i zahraniční firmy. Stále častěji se na plzeňské pracoviště obracejí společnosti z Německa, Francie, Švýcarska či USA s výzkumnými úkoly týkajícími se aditivních technologií.

Příkladem úspěšné mezinárodní spolupráce je například klíčová role Laboratoře experimentálního obrábění v projektu Nové materiály pro aditivní technologie, kterého se v rámci programu Česko-bavorského výzkumného konsorcia účastní také **Fraunhofer Institut UMSICHT Sulzbach-Rosenberg** a **Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden**.

I přes krátkou dobu existence se RTI podařilo v laboratoři vybudovat kvalitní základnu pro výzkum a vývoj v oblasti aditivních technologií, zejména 3D tisku kovových materiálů a speciálních řezných nástrojů včetně jejich povrchových úprav. Výsledky výzkumu mladého dvanáctičlenného týmu se úspěšně daří implementovat u smluvních partnerů nebo v zakázkách smluvního výzkumu. Cílem RTI je vybudovat v Plzni centrum excellence aditivních technologií, což v souvislosti s navyšující se poptávkou kooperativního i smluvního výzkumu bude v nejbližší době předpokládat nové investice do oblasti aditivních technologií a s nimi spojeného materiálového výzkumu a tepelného zpracování.

V současnosti laboratoř řeší několik národních projektů spolufinancovaných programy na podporu aplikovaného výzkumu **Technologické agentury ČR** (Epsilon, Zéta, Gama), **Ministerstva průmyslu a obchodu ČR** (program TRIO) a zároveň dále rozšiřuje spolupráci se zahraničními partnery.

Jelikož 3D tisk kovů je poměrně novou technologií, existuje zde velký prostor pro výzkum materiálových a mechanických vlastností tištěných materiálů vyráběných metodou přímého spékání kovového prášku laserem (DMLS). Na tuto výzkumnou oblast se zaměřuje například projekt Epsilon, který v první fázi popisuje vlastnosti tištěného materiálu Inconel 718 za normálních i vysokých teplot z pohledu statického a cyklického zatěžování, creepu a koroze, včetně jeho obrobitelnosti. Získané poznatky se následně ověřují na konkrétních aplikacích u partnerů RTI.

Podobně je tomu i u projektu Zéta, který rozšiřuje znalostní bázi materiálových a mechanických vlastností nástrojové oceli EOS Maraging Steel MS1 (1.2709). Jde především o zmapování výše uvedeného materiálu z hlediska vlivu orientace tištěných dílů na jejich strukturu a mikrostrukturu. Stěžejním úkolem tohoto projektu je popsat mechanické vlastnosti (statické, dynamické a cyklické) při teplotách, ve kterých je tato ocel v praktických aplikacích používána. Prostředky z projektu Gama jsou využívány na ověření funkce prutového nástroje - unikátní frézovací hlavy KRAKEN vyrobené technologií 3D tisku kovů (viz samostatný článek na předchozí straně) - v různých aplikačních použití.

Projekt Trio je aplikačního charakteru a jeho cílem je inovovat současné výrobky s využitím topologické optimalizace za účelem snížení celkové hmotnosti tištěných dílů a sestav.

Laboratoř experimentálního obrábění disponuje špičkovým přístrojovým vybavením:

- nástrojařskou pětiosou brusku s otevřeným systémem programování
- 3D tiskárnu s pracovním prostorem 250 x 250 x 325 mm
- zařízením pro vlečné omílání (leštění) vnějších povrchů
- zařízením pro měření geometrie nástroje a tvarů brusných kotoučů
- velmi přesným opticko-skenovacím mikroskopem pro měření tvaru, drsnosti a mikrogeometrie
- laserovým popisovacím zařízením umožňujícím mikroobrábění v 2,5D





## Rychlejší vývoj a výroba díky digitálnímu dvojčeti

Autor: Siemens

Složité technologické postupy, komplikované výrobní celky a k tomu nové materiály, které je potřeba skloubit do jednoho hladce běžícího výrobního procesu. Řeklo by se, běžná realita průmyslové výroby, jejímž výstupem je požadovaný výrobek. Cesta k němu ovšem bývá složitá a nezdědka provázená nutností měnit nastavení výrobní linky za chodu či upravovat technologii výroby tak, aby parametry výrobku splňovaly zadání.

S ohledem na finanční i časovou náročnost doladování výroby za chodu, využívá společnost Siemens unikátní řešení – tzv. digitální dvojče. Tato technologie, která vychází z virtuální a rozšířené reality, totiž umožňuje vyzkoušet si výrobu a prověřit všechny funkce stroje a výrobní linky ještě dříve než je vůbec postavená. S pomocí software Siemens lze simulovat a analyzovat celý životní cyklus výrobku a jednotlivé kroky realizovat co nejefektivněji.

Při použití digitálního dvojčete, se ruku v ruce s návrhem výrobního stroje, rodí i jeho digitální dvojče neboli virtuální model. Svého reálného dvojníka pak doprovází po celý jeho životní cyklus – od vývoje stroje, přes plánování výroby, až po servis do konce jeho životnosti.

Během fáze vývoje umožňuje programátorům otestovat všechny funkce stroje nanečisto; v další fázi slouží virtuální model jako předloha pro rychlejší přípravu výroby stroje. Výhodou je i možnost zaškolit obsluhu výrobního stroje ještě dříve než je samotný stroj dodán. A to vše s předstihem a bez rizika.

Takto vznikl například i stroj společnosti **Bozhon**, určený pro montáž chytrých telefonů, který byl letos vystaven v expozici Siemens na **Mezinárodním strojírenském veletrhu** v Brně. Zatímco v Německu navrhovali a uváděli do provozu jeho virtuální podobu, reálného dvojníka už mezitím paralelně vyráběli v Číně. Zprovoznění stroje a předání zákazníkovi tak mohlo proběhnout v rekordním čase a s minimálními náklady.

Výhody digitálního dvojčete využívá i společnost **Škoda Machine Tool**, kde komplexní portfolio nástrojů Siemens optimalizuje všechny fáze výroby. Navíc virtuální podobu stroje mohou využít i při prezentaci svých zařízení zákazníkům.

### Vývoj a výroba bez rizika

Digitální dvojče usnadňuje fázi návrhu stroje a šetří čas při jeho ožívování. Dobu potřebnou pro zprovoznění stroje dokáže zkrátit až o třetinu, což představuje nezanedbatelnou úsporu nákladů.

Například při navrhování stroje s využitím inženýrského softwaru **TIA Portal** lze zjednodušit koordinaci práce mezi odborníky na elektrickou a mechanickou konstrukci a mezi programátory a ušetřit tak čas inženýrům na straně zákazníka. Virtuální zprovoznění zase umožňuje odzkoušet funkce stroje na jeho modelu nanečisto a to buď se skutečným PLC nebo s pomocí programu. Programátoři tak mohou pracovat na softwaru pro řízení stroje a na jeho odzkoušení ještě dříve, než se reálný stroj vůbec začne stavět.

### Z pohledu uživatele stroje

Předtím než stroj převezme uživatel a začlení jej do svého výrobního systému, může díky vytvořenému digitálnímu dvojčeti jeho funkce předem a bez rizika ověřit a případně optimalizovat. Vlastnosti 3D modelu jsou přitom zcela totožné s reálným strojem a to včetně kinematiky, PLC programu a komunikace s řídicím systémem. Díky tomu mohou být programy pro řízení výrobní technologie připraveny v klidu v kanceláři a při montáži u zákazníka se už jen nahraje program a vše se otestuje. Odpadne tak stres z nedostatku času a předejde se možnému poškození strojů či zranění pracovníků.

Kromě použití vhodných prvků při konstrukci stroje je důležitý také detailní monitoring spotřeby energie a médií, který umožňuje včasnou detekci úniků či anomálií. Díky kompletnímu datovému modelu může uživatel docílit dalších úspor při samotném provozu stroje a to i výhodnějším nákupem energií a další optimalizací výrobní technologie. Prostřednictvím sběru provozních dat zařízení, jejich analýze a pokročilým nástrojem pro diagnostiku dochází k podstatnému vylepšení servisních činností, snížení prostojů stroje a optimalizaci jeho fungování.



## Digitální dvojčata

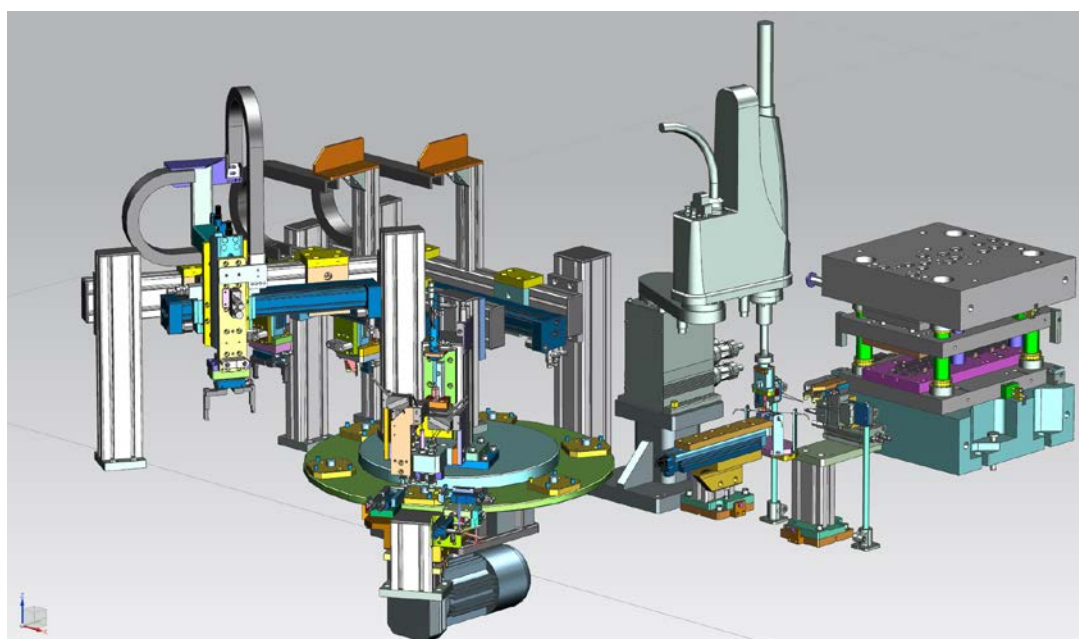
Autor: Factorio Solutions

Reprezentace stroje, robotické linky či celé továrny v podobě digitálního dvojčete je koncept známý již delší dobu, s jeho běžným využitím v praxi se však setkáváme teprve v posledních letech. Výhody virtuální kopie, která umožňuje věrně nasimulovat budoucí výrobu a bez časových a finančních ztrát odstranit potenciální problémy, jsou zřejmé a firmy si dobře uvědomují přínosy v podobě finančních úspor, vyšší konkurenceschopnosti a vyšší kvality provedení.

**Factorio Solutions**, která využívá nástrojů společnosti **Siemens** a je partnerem **Siemens PLM**, dokáže vytvořit digitální dvojčata na všech úrovních - od jednotlivých strojů po celé továrny.

Pro tvorbu digitálních dvojčat jednoúčelových strojů využíváme ve Factoriu program Siemens **Mechatronic Concept Designer**, ve kterém lze s tvorbou digitálního dvojčete začít již ve fázi přípravy konceptu stroje. S postupným zpřesňováním detailně modelujeme, simulujeme a testujeme jednotlivé prvky stroje, jejich propojení, ale také stroj jako celek. Mimo simulace kinematiky mezi jednotlivými částmi stroje je možné využít i vestavěné možnosti umělé fyziky, která přidává působení fyzikálních sil včetně gravitace. Nástroj provádí veškeré potřebné výpočty a tím zjednodušuje a zrychluje práci všech profesí zapojených v procesu přípravy stroje.

*pokračování článku na další straně*



Na obrázku digitální dvojče části stroje v programu Siemens Mechatronic Concept Designer

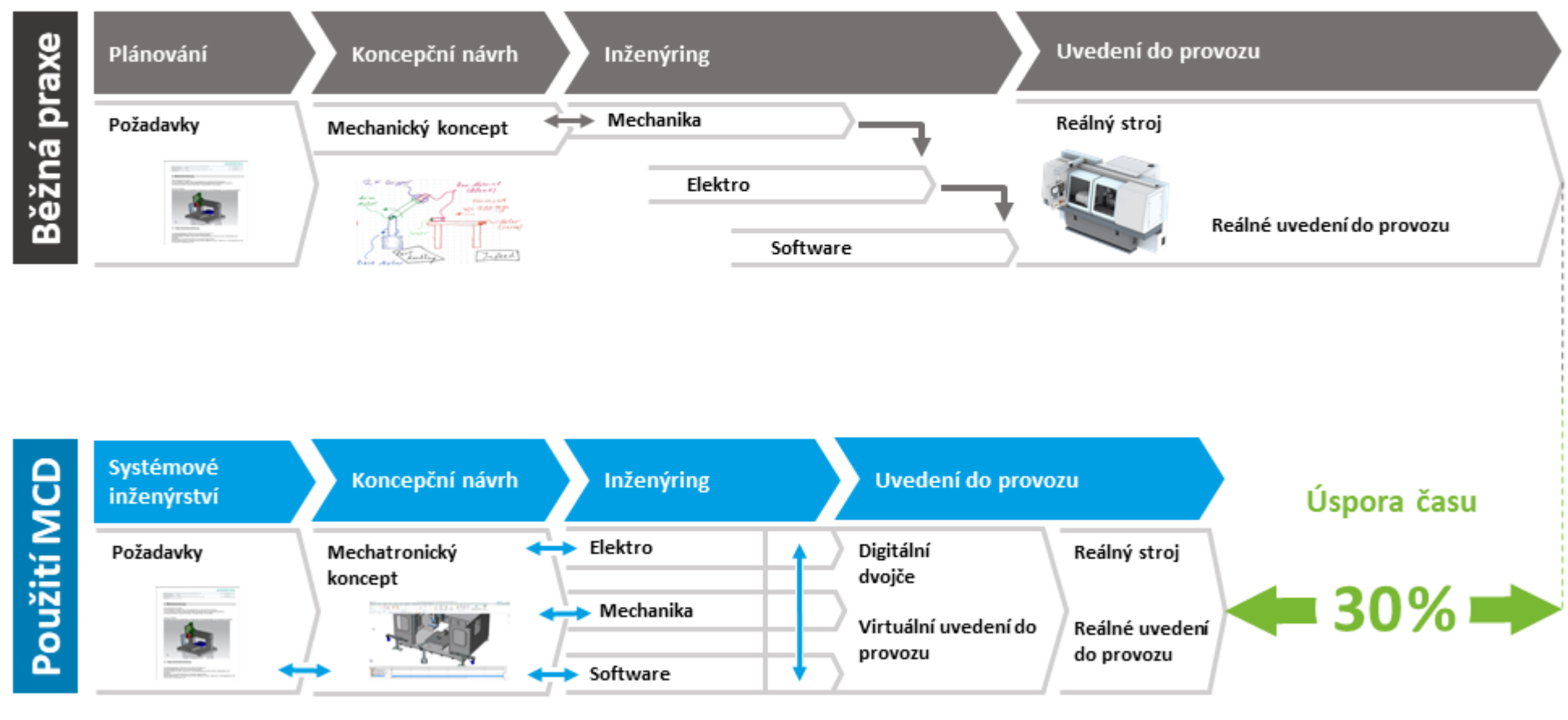


pokračování z předchozí strany Digitální dvojčata

K tvorbě digitálního dvojčete větších výrobních celků, jakými jsou například robotické buňky, využíváme nástroje Siemens **Tecnomatix Process Simulate**. V nich nejsou zohledňovány fyzikální vlastnosti jednotlivých součástek, ale pracuje se především s kinematikou celé linky a kooperací jednotlivých robotů. Jednou z hlavních výhod programu Tecnomatix Process Simulate je integrace robotických kontrolérů, které umožňují jak řízení modelu robota, tak jeho programování off-line. Do simulace lze zahrnout i manuální činnosti vykonávané obsluhou.

Program **Tecnomatix Plant Simulation**, který umožňuje simulovat procesy především z logistického hlediska, využíváme pro vytvoření digitálního dvojčete celého výrobního celku. Pomocí virtuálního modelu je možné optimalizovat rozmístění jednotlivých pracovišť, tok materiálu a plánovat využití jednotlivých zdrojů a mnoho dalších parametrů.

Všechny zmíněné nástroje umožňují propojit vytvořený model s reálným řízením. Jednou z našich úspěšných realizací je i digitální dvojče Testbedu pro Průmysl 4.0. Na téma digitální dvojčata připravuje společnost Factorio Solutions sérii článků, které můžete sledovat na webových stránkách [www.factorio.cz/digitalni-tovarna](http://www.factorio.cz/digitalni-tovarna).



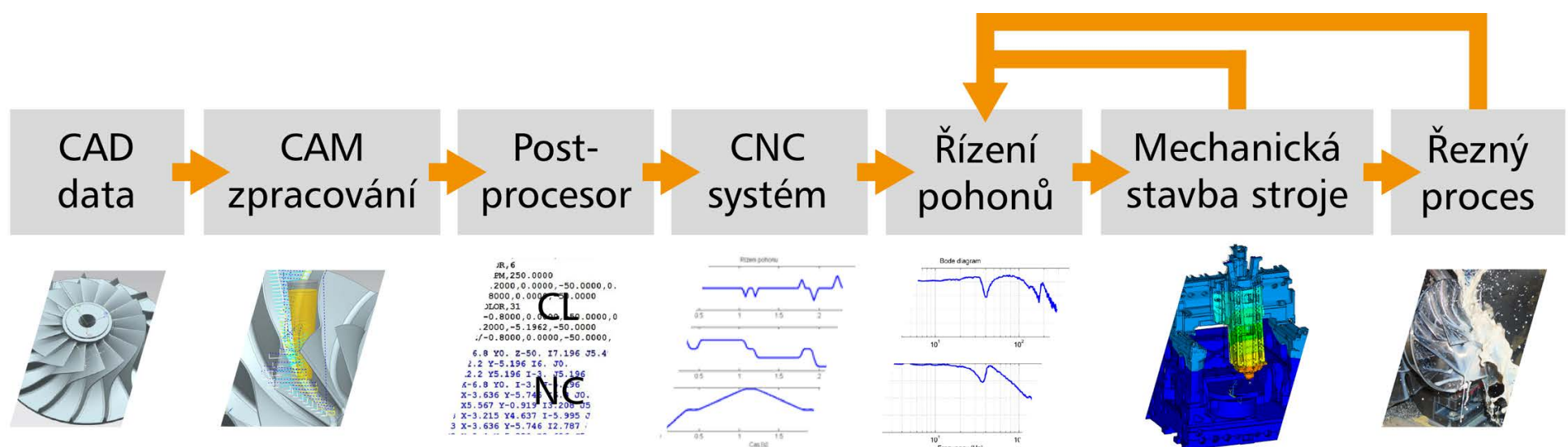
## Digitální dvojče obráběcího stroje a obrobku

Autor: Ing. Matěj Sulitka, Ph.D., s podporou P. Koláře, RCMT FS ČVUT

V souvislosti se 4. průmyslovou revolucí se často mluví o digitálních dvojčatech. Tento pojem je hodně široký a každá firma, používající tento pojem, si pod ním představuje něco jiného. V tomto článku bychom rádi ukázali konkrétní příklad využití digitálního dvojčete stroje k vytvoření digitálního dvojčete obrobku a jejich využití pro optimalizaci technologie obrábění.

### Procesní řetězec obrábění

Obrábění patří ke klíčovým výrobním technologiím. Hlavní předností obrábění je schopnost realizovat téměř neomezenou škálu tvarů a velikostí obrobků s potřebnou přesností a jakostí povrchu. Cesta od CAD modelu součásti k její fyzické výrobě je však dlouhým procesem, kde každý krok ovlivňuje produktivitu, přesnost a jakost obráběné součásti (obr. 1). To znamená, že v každém kroku je možno hledat zdroj zvýšení produktivity a snižování nákladů obráběcího procesu. Odborníci RCMT, Fakulty strojní ČVUT v Praze, se problematice zvyšování produktivity při obrábění věnují dlouhodobě s uceleným pohledem na celý řetězec obráběcí technologie.



Obr. 1: Schéma toku dat a interakce systémů - od CAD geometrie po fyzicky vyrobený dílec

pokračování článku na následující straně

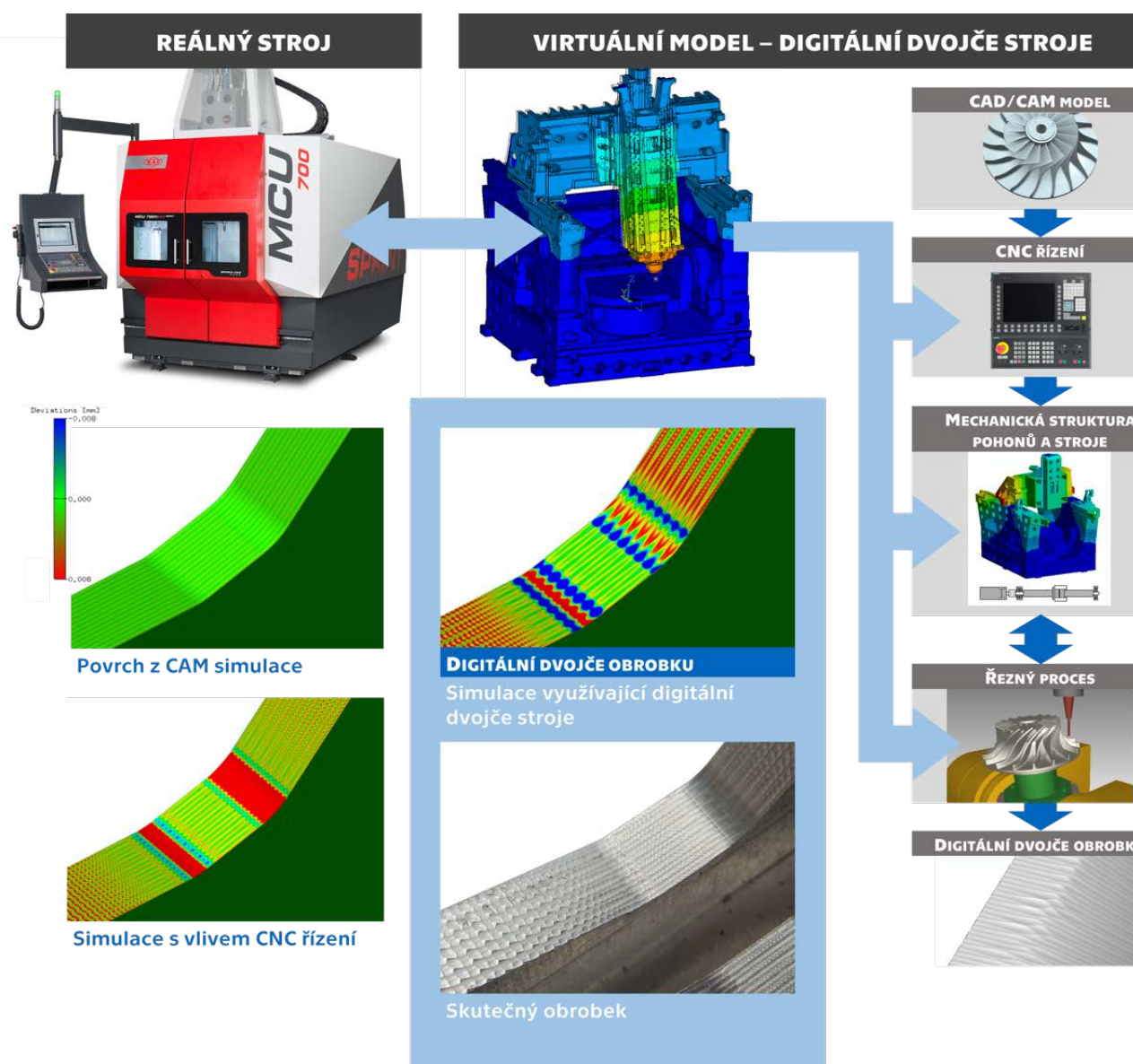


## Příprava NC obrábění

Cesta k realizaci obrobku začíná v prostředí CAM SW, do kterého je načten CAD model součásti. Prvním zásadním krokem je rozhodnutí o upnutí dílce a tvarech nástrojů, které budou potřeba pro vytvoření požadovaného tvaru při definovaném způsobu upnutí. Následuje volba nástrojů a strategie tvorby drah. Vytvořené dráhy nástroje jsou postprocesorem přeloženy do podoby NC kódu, který je zpracováván interpolátorem CNC řídicího systému stroje na vstup do regulace pohonů stroje. Volba strategie obrábění, nástrojů, použité technologické podmínky a na straně stroje vhodné nastavení parametrů interpolátoru CNC systému a regulace pohonů rozhodují nakonec o celkovém výsledku obrábění. Hlavními sledovanými kritérii hodnocení je přesnost a jakost obrobených povrchů, dosažených v co nejkratším čase obrábění.

## Digitální dvojče stroje a obrobku

Digitální dvojče reprezentuje chování skutečných funkčních komponent a celků. Moderním příkladem je digitální model obráběcího stroje, zahrnující matematický popis dynamického chování mechanické stavby stroje s pohony, jejich zpětnovazební řízení a propojení s jádrem řídicího systému. Pokud na vstup takového modelu vložíme vytvořený NC kód, lze pomocí **digitálního dvojčete stroje** provést virtuální odbavení kódu a simulaci pohybů stroje vč. parazitních vybuzeňových vibrací a tvarových odchylek drah nástroje. Výsledkem je predikce přesnosti a jakosti povrchu obrobku a zcela přesná predikce času obrábění. Vzniklý model dílce je tzv. **digitálním dvojčetem obrobku**, protože v sobě nese projevy chování skutečného obrábění. Současná úroveň digitálních modelů strojů vyvinutých v RCMT umožňuje simulovat všechny výše uvedené vlivy na výslednou podobu obrobku. Modely jsou úspěšně využívány zejména pro simulace a verifikace obráběcích procesů menších a středně velkých dílců s komplexními plochami, obráběnými technologií pětiosého obrábění. Digitální dvojče stroje je také možno výhodně využívat pro optimalizace procesu obrábění (NC kód, nastavení interpolátoru, nastavení parametrů pohonů) bez nutnosti fyzického testování cestou pokus – omyl. To umožňuje významně zkrátit čas odladění technologie na stroji a zajistit tak efektivnější využití jeho disponibilního času.



Obr. 2: Příklad využití digitálního dvojčete stroje pro vznik digitálního dvojčete obrobku a porovnání výsledku simulace s výsledky reálného obrábění.

## Příklady použití digitálních dvojčat stroje

Příkladem využití digitálního dvojčete stroje byla ve spolupráci s firmou **KOVOSVIT MAS** optimalizace pětiosého frézování lopatkového kola z Al slitiny o průměru 240 mm. Při zachování požadované přesnosti povrchu do 0,04 mm byl čas obrábění jedné mezilopatkové mezery zkrácen ze 6 minut na 2,5 minuty. Tj. došlo ke **zvýšení produktivity o 58 % při zachování přesnosti a jakosti** obrobeného dílce.

Řada dalších příkladů je z oblasti kontroly výsledků obrábění, analýz zdrojů a eliminace chyb obrábění, optimalizace nastavení interpolátoru, nebo regulace pohonů stroje.

Článek vznikl s využitím zdrojů z publikací autorů v MM průmyslovém spektru č. 1-2/2017 a 10/2017.

Sledujte novinky  
z Národního centra  
Průmyslu 4.0



@ncp40



[linkedin.com/com-  
pany/narodni-cen-  
trum-prumyslu-4-0](https://www.linkedin.com/company/narodni-centrum-prumyslu-4-0)

Aktuality

[www.ncp40.cz/aktuality](http://www.ncp40.cz/aktuality)  
[www.ncp40.eu](http://www.ncp40.eu)

Už teď se můžete těšit.  
Příští číslo bulletinu na  
téma **Cloudová řešení**  
a AI vychází již začátkem  
prosince.