



HOSPODÁŘSKÉ NOVINY

SPECIÁLNÍ PŘÍLOHA

# BUDOUCNOST STROJÍRENSTVÍ

## **Inspirace přírodou**

Biomimetika zkoumá zajímavé struktury u živých organismů, například stavbu motýlích křídel, a využívá tyto principy a mechanismy k řešení technických problémů.

## **Díly pro formuli 1**

Jan Skála řídí úspěšnou firmu RaceX, která vyrábí kompozitové díly pro závodní auta v mistrovství světa v rallye a od loňského roku i pro formuli 1.

## • Inovace v konstrukci

**Miroslava Kohoutová**  
miroslava.kohoutova@economia.cz



# Příroda inspiruje k inovacím. Do strojírenství může přinést nové materiály a přístupy

**P**říroda, s miliardami let evolučního testování, nabízí vědcům či konstruktérům inspiraci pro inovace, jež zvyšují efektivitu a snižují energetickou náročnost výroby. Řeč je o biomimetice, oboru, který zkoumá zajímavá konstrukční řešení v přírodě u živých organismů a využívá tyto principy a mechanismy k řešení technických problémů a k inovacím. Ve strojírenství se biomimetika stala důležitým zdrojem inspirace, protože přírodní systémy často nabízejí řešení, která jsou efektivnější a udržitelnější. V budoucnu by díky tomu mohly vzniknout odlehčené a inteligentní materiály s uplatněním například v letectví nebo kosmonautice.

Využití přírodních postupů ve světě vědy a průmyslu je vědcům známé už dlouho. Vynálezci inspiraci v přírodě hledali vždy, například v 15. století Leonardo da Vinci studoval lety ptáků a podle nich navrhoval létající stroje. V posledních letech ale zájem o biomimetické navrhování roste.

„V tradičním strojírenství to dříve nebylo tolik patrné, protože si vystačilo s empirickými přístupy a konvenčními materiály, jako jsou ocel nebo různé slitiny neželezných kovů. Dnes stále častěji čerpáme inspiraci z přírody, která představuje miliardy let evolučního testování a ladění,“ říká profesor Martin Hartl, ředitel Ústavu konstruování Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně.

### Příroda ukazuje lehké a pevné konstrukce

Příroda slouží jako inspirace pro bezpilotní letadla, jejichž aerodynamický design a struktura křídel jsou modelovány podle ptáků a velrybích ploutví. V automobilovém a leteckém průmyslu se často využívají lehké a odolné konstrukce voštinového nebo žebrovaného typu, které jsou podobné kosterním systémům zvířat a poskytují optimální pevnost při minimální hmotnosti.

„V oblasti povrchových úprav nacházíme inspiraci například ve žraločí kůži, jež snižuje tření, nebo v lotosovém efektu pro samočisticí materiály (lotosové listy mají drobné vodoodpudivé výstupky, které způsobují, že se voda a s ní i nečistoty po nich jednoduše odvalují, pozn. red.). Mnohé z těchto principů se do technických řešení dostaly postupně a nenápadně, aniž by vždy bylo jasné, že původní inspirace pochází z přírody,“ říká Hartl.

Příroda podle něho „pracuje“ neuvěřitelně efektivně. Tvary a struktury, které tu přežily,

prověřila evoluce v podmínkách omezených zdrojů, což je cíl, k němuž se inženýři často těžce propracovávají. V přírodě najdeme výjimečně lehké a přitom pevné konstrukce, adaptivní mechanismy nebo schopnost opravit vzniklé poškození. „Proto se ji snažíme napodobit. A to nejen tvary a strukturami, ale i využitím návrhových postupů, jež pracují podobně jako přírodní selekce. K tomu slouží například topologická optimalizace nebo generativní navrhování, které ve spojení s umělou inteligencí umožňují vytvářet lehčí, pevnější a odolnější strojní součásti,“ vysvětluje Hartl.

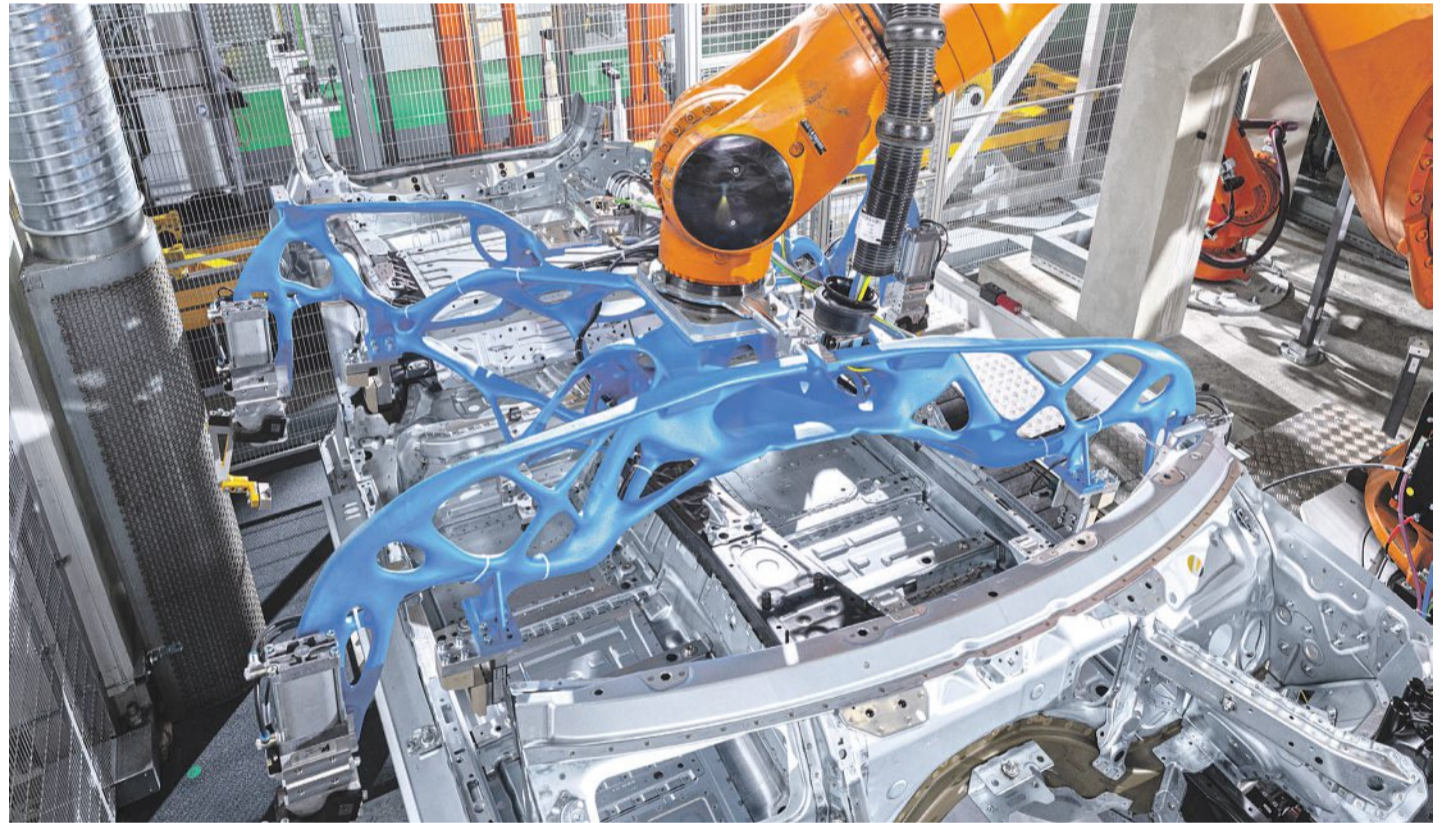
Příkladem řešení inspirovaného přírodou, v tomto případě chobotnicí, jsou robotická chapadla s měkkými a flexibilními koncovkami umožňujícími bezpečné uchopení křehkých či nepravidelných předmětů, které by klasická tvrdá hydraulická ruka mohla poškodit. Lopatky turbín se zase inspirovaly tvary velrybích ploutví, kde specifické hrbolky na okrajích nejenže snižují turbulence a hluchost, ale také zvyšují účinnost proudění. „Dalším inovativním přístupem jsou mikrostrukturované povrchy připomínající zmiňovanou žraločí kůži, čímž se dosahuje významného snížení odporu při proudění tekutin. Biomimetické principy se také využívají u samoopravných a samomazných materiálů, kde jsou do základní hmoty integrovány mikro- či nanokapsle se specifickými látkami. V případě poškození se

kapsle aktivují, uvolní se jejich obsah a dojde k opravě defektu nebo redukci tření, což vede k prodloužení životnosti zařízení a snížení nákladů na údržbu,“ popisuje Hartl.

### Roli hraje každý gram

Inspirace přírodou umožňuje vyvíjet produkty s nižší energetickou náročností, vyšší účinností a spolehlivostí. Optimalizované tvary a integrované samoopravné mechanismy často vedou k úspoře materiálů a snížení provozních nákladů, a tím ke snížení jejich ekologické stopy.

Dříve inženýři spoléhali na zkušenosti a tradiční metody návrhu. Dnes mají k dispozici pokročilé výpočetní nástroje, které automatizovaně vyhledávají optimální řešení, podobně jako to činí příroda. „Například topologická optimalizace odstraňuje z konstrukce přebytečný materiál a ponechává jen ty části, které jsou skutečně nezbytné. To se osvědčilo v letectví, automobilovém průmyslu i při výrobě strojních dílů, kde hraje každý gram roli,“ vysvětluje Hartl. „Generativní design využívá umělou inteligenci k vytvoření tisíců variant splňujících zadaná kritéria a následnému výběru té nejlepší. Díky tomu se inženýři mohou soustředit na analýzu výsledků, místo aby modelovali jednotlivé varianty ručně. Výsledné tvary často připomínají přírodní struktury, jelikož jsou navrženy s maximální efektivitou využití materiálu vzhledem k zatížení,“ dodává.



**Bionická chapadla.** Společnost BMW ve svém mnichovském závodě od loňska využívá bionická robotická chapadla, která dokážou držet celou podlahovou sestavu BMW i4 a pohybovat jí. Jsou přibližně o 30 procent lehčí než dříve používaný konvenční typ chapadla. **Foto: BMW Group**

Inzerce



**S.A.F. Praha spol. s r.o.**  
Výrobce a dodavatel zařízení  
pro povrchové úpravy

Vybíralova 975/3, 198 00 Praha 9 (sídlo)  
Na Násvi 38, Příšimasy, 282 01 Český Brod (pracoviště)  
Tel.: +420 321 672 815

- Tlakovzdušné tryskací a metalizační komory
- Automatické tryskací stroje s metacími koly
- Lakovací a odmašťovací kabiny
- Pneumatická tryskací zařízení
- Zařízení pro metalizaci
- Odlučovače prachu
- Zavážecí vozy
- Příslušenství



### Nové materiály a superlubricita

Martin Hartl vede projekt MEBioSys, který je zaměřený na strojní inženýrství bioinspirovaných systémů. Hlavním cílem projektu je vyvinout adaptivní materiály a mechatronické systémy inspirované přírodními principy. Jde například o samoopravitelnost či schopnost reagovat na lokální zatížení. V rámci průmyslových aplikací se zaměřuje na tvorbu nových materiálových struktur s využitím aditivních technologií, které mohou výrazně zvýšit životnost a snížit energetické nároky kritických komponent, například v letectví a automobilovém průmyslu.

„Největší výzvou je skutečnost, že příroda pracuje s různorodými materiály a vytváří struktury ‚zevnitř ven‘, zatímco v inženýrství často postupujeme opačně. Naším úkolem je vyvinout technologie, které umožní výrobu vnitřně dutých, poréznicích konstrukcí s více vrstvami, přičemž musí být zajištěna jejich ekonomická efektivita a průmyslová reprodukovatelnost,“ vysvětluje Hartl. Pokud se cíl projektu podaří naplnit, otevře se konstruktérům řada nových možností. Výsledkem mohou být například lehčí karoserie kolejových vozidel s integrovaným tlumením vibrací, což by významně prodloužilo životnost jak samotných vozových souprav, tak kolejí.

Tým tvořený experty na materiálové a strojní inženýrství, chemii a biologii se zabývá také výzkumem superlubricity – jevu, při němž nastává téměř nulové tření. Inspiraci hledají převážně v lidských kloubech, kde je tření velmi nízké. „Synoviální klouby, tedy ty s velkou pohyblivostí a kloubní dutinou – například kolenní nebo kyčelní –, využívají synoviální kapalinu a jemně strukturovanou chrupavku,

aby se minimalizovalo tření při pohybu. Tento přírodní mechanismus nás vede k vývoji nových materiálů a maziv, které by mohly snížit opotřebení strojních součástí a zároveň šetřit energií,“ vysvětluje Hartl.

Díky zavedení principů superlubricity vědci očekávají nižší energetické ztráty, delší životnost zařízení a snížení nákladů na údržbu. Například v automobilovém průmyslu by takové inovace mohly vést k výrazné úspoře paliva a snížení emisí. „Kromě toho nacházíme inspiraci v přírodě i při vývoji biomedicinských aplikací, například při návrhu nových implantátů, kde by nízké tření mohlo prodloužit jejich životnost. Díky těmto přístupům můžeme dosáhnout celkově efektivnějšího a udržitelnějšího využití technologií v různých odvětvích,“ doplňuje Hartl.

### Příroda v aditivní výrobě

Profesor Pavel Hutař z Ústavu fyziky materiálů AV ČR se v rámci projektu MEBioSys se svým týmem zaměřuje na oblast aditivní výroby kovových materiálů. Inspirace přírodou v 3D tisku kovů se již využívá při výrobě tepelných výměníků, kde požadovanou funkcí je rychlý odvod tepla z daného média. „K tomuto účelu výborně slouží gyroidní struktury, které mají vysoký poměr funkčního povrchu k celkovému objemu. Častým motivem je také včelí pláštěv, kombinující dobrou tuhost a nízkou hmotnost,“ říká Hutař.

Aditivní technologie jsou v průmyslu využívány na výrobu tvarově složitých těles, která nelze vyrobit konvenčními způsoby. „My jsme ale přesvědčeni, že to je pouze začátek uplatnění těchto technologií a dalším krokem bude možnost ovlivnit samotnou vnitřní strukturu

kovového materiálu, tedy krystalovou mřížku. Její orientace vůči směru zatěžování určuje výsledné mechanické vlastnosti dílu vyrobeného 3D tiskem,“ vysvětluje Hutař.

Cílem je nejen výroba tvarově složitých těles, ale také optimalizace vnitřní struktury materiálu, která umožní maximalizovat mechanické a funkční vlastnosti dané slitiny. „K tomuto účelu používáme k dnešnímu dni nejrozšířenější metodu selektivního tavení práškového lože pomocí laserového paprsku. Nejnovější výsledky potvrzují naši hypotézu o možnosti lokální manipulace struktury a tím i mechanických vlastností,“ říká Hutař.

Inspirací pro výzkum je právě příroda, ve které se po miliony let rostliny i živočichové neustále adaptují na vnější prostředí a díky tomu dokážou zkombinovat často protichůdné požadavky, jako je vysoká pevnost při velice nízké hmotnosti, které současné průmyslové materiály ani zdaleka nedosahují.

„Je to často zapříčiněno složitou vnitřní strukturou jejich těl, kterou jsme velice dlouho nebyli schopni napodobit kvůli technickým omezením tradičních výrobních technologií. Aditivní technologie však toto paradigma narušily a otevírají nám možnost brát si inspiraci z přírody a přenést ji do průmyslových aplikací,“ vysvětluje Hutař. Díky tomuto novému přístupu se otevírají dosud nepoznané možnosti pro konstruktéry a designéry, které budou představovat velkou změnu pro průmysl. Umožní totiž skutečnou individualizaci produktu pro konkrétní potřeby jednotlivých zákazníků.

„Selektivní laserové tavení práškového lože je velice flexibilní metoda. Jsme schopni měnit mnoho parametrů od výkonu laseru až po trajektorii paprsku v dané oblasti. Díky tomu

je možné vytvořit výrobní strategii, která je schopna napodobit mnohé struktury pozorované v přírodě a tím se přiblížit i požadované kombinaci mechanických vlastností, jako například pevnost, pružnost nebo tvrdost,“ popisuje Hutař. Mezi napodobované konstrukce patří složité vnitřní struktury mořských hub, stavba motýlích křídel, která kombinují dobrou tuhost a vysokou ohebnost při zachování nízké hmotnosti, nebo vnitřní stavba lastury mořských mušlí, na kterých je pod mikroskopem vidět pevná lamelární struktura. Díky tomu by mohly vzniknout materiály, které jsou v některých směrech pevnější a v jiných poddajnější.

### Zapojení do výuky

Principy biomimetiky se už zapojují i do výuky budoucích inženýrů. Studenti programu konstrukční inženýrství na VUT řeší projekt s názvem „morfuující křídlo“, ve kterém se zabývají návrhem mechanismu umožňujícího měnit tvar křídla, a tedy i jeho aerodynamické vlastnosti během letu – podobně, jako to vidáme u některých ptáků nebo netopýřů.

„V rámci projektu studenti procházejí celým procesem vývoje: musí udělat rešerši, vybrat vhodné materiály, provádět výpočty a následně simulace a nakonec vytvořit i fyzický prototyp. Velkou přidanou hodnotou je přitom 3D tisk z kovových slitin. Výstupem je pak funkční demonstrátor křídla, které dokáže plynule měnit tvar odtokové hrany. Tím se skvěle propojují zásady konstrukčního inženýrství s principy bioniky – studenti si vyzkouší, co obnáší navrhnout bioinspirovaný mechanismus a posoudit, jaký přínos to může mít třeba pro energetickou úsporu nebo nižší hlučnost letounu,“ říká Hartl.

Inzerce  
HN064315

# FEATURE grip

# Kipp



Power of Innovation  
**AMPER**  
2025

## NAVŠTIVTE NÁS:

Veletrh AMPER  
Pavilon F / Stánek 3.30  
18.–20. 3. 2025 Brno



info@kipp.cz  
+420 530 515 690

## • Rozhovor

**Martin Petříček**  
martin.petricek@economia.cz



## Materiál, který se sám opraví. Vlastnosti kompozitů vylepší přidané nanočástice

**K**ompozitní materiály nacházejí v průmyslu stále širší uplatnění. Jejich význam roste napříč různými odvětvími, od automobilového průmyslu přes letectví až po výrobu sportovního náčiní. Díky specifickým vlastnostem, jako je nízká hmotnost, vysoká pevnost a odolnost proti korozi, se kompozity stávají atraktivní alternativou ke konvenčním materiálům. Výzkum v této oblasti směřuje k adaptabilitě kompozitů či samohojení po poškození. Profesor Josef Jančář z Ústavu chemie materiálů Fakulty chemické VUT v rozhovoru popisuje jejich výhody i nevýhody.

### Kde se nyní ve strojírenství využívají nejvíce kompozitní materiály?

Pokud jde o polymerní kompozity vyztužené vlákny, největší absolutní množství, měřeno hmotností nebo objemem, se využívá v automobilovém průmyslu. Jde však často o méně sofistikované kompozity. Z pohledu největšího podílu, který tyto materiály mají v daných výrobcích, vedou kosmické a letecké aplikace, stavba lodí, komponenty větrných elektráren či ruční nářadí a sportovní potřeby. V tomto případě se naopak využívají high-end technologie. Použití kompozitů ve strojírenství se odvíjí i od schopnosti konstruktérů s nimi pracovat a od dostupnosti mnohdy nákladných výrobních technologií. A jedním z důvodů, proč se v Česku kompozity ve strojírenství používají zatím méně, je i poměrně malá pozornost věnovaná jejich výuce na vysokých školách.

### Studenti nepoznají jejich výhody?

Sice se s nimi seznámí, ale často je vnímají jen jako materiál s nízkou měrnou hmotností vhodný především pro letectví a kosmonautiku. Přitom specifikum vláknových kompozitů spočívá v tom, že na rozdíl od kovů, které se dodávají jako prefabrikované polotovary k dalšímu zpracování, se kompozitní materiál často vytváří současně s finálním výrobkem. To zahrnuje řízení směru vláken, výběr typu pojiva a další faktory, s nimiž se konstruktéři a technologové ve školách běžně nesetkávají, pokud se nespecializují na leteckou techniku. Na velkých britských či amerických univerzitách je rozsah výuky kompozitů i desetinásobný ve srovnání s Českem. Přenáší se to samozřejmě i do praxe – nejen do automobilového či leteckého průmyslu, ale nakonec i do oblastí, jako je například výroba sportovních potřeb, ručního nářadí či protetiky.

### Dá se tedy čekat, že kompozity jednou nahradí konvenční materiály ve strojírenství?

Nejsou lékem na všechno. Stejně jako u většiny pokročilých materiálů platí, že svými vlastnostmi excelují v jedné oblasti, ale mají obvykle slabiny jinde. Čím jsou specifičtější, tím užší mají využití. Například prepregy, tedy uhlíková vlákna předem impregnovaná epoxidovou pryskyřicí, se využívají hlavně v letectví, třeba u kompozitního trupu Dreamlineru 787 či

součástí křídel Airbusu A380. Mají výborné vlastnosti ve směru vláken, ale nikoliv ve směru kolmém. Proto se vrství do laminátů, aby vydržely namáhání ve více osách. Na druhém konci spektra jsou materiály jako nenasycený polyester vyztužený skleněnými vlákny, vhodné třeba na surfová prkna či opravy lodí. Hlavní výhodou kompozitů je možnost přizpůsobit jejich vlastnosti změnou typu matrice a typu, množství a orientace vláken, což například u tradičních materiálů, jako je ocel, nelze. Je tedy možné „ušít“ materiál přesně na míru pro daný výrobek. Konstruktérům, kterým mnohdy u takových materiálů chybí dlouhodobé vlastnosti, se do toho však často nechce.

### Proč?

Bývají dost konzervativní, potřebují tabulky s jasně definovanými a garantovanými vlastnostmi, jako je pevnost nebo tuhost, vliv prostředí na dlouhodobé vlastnosti a existence

vhodných spojovacích prostředků mezi jednotlivými součástmi konstrukce. U oceli jsou tyto vlastnosti známé více než dvě stě let. Až na výjimky, kompozity ovšem nejsou z pohledu struktury a vlastností unifikované, což získávání dat o jejich dlouhodobých vlastnostech komplikuje. Data existují desítky let, ale protože se materiály neustále inovují, chybí stabilní historická databáze. To je riziko pro konstruktéry, kteří musí zajistit dlouhou životnost navržených konstrukcí.

Uvedu příklad z medicíny, kde obecně mají kompozity velký potenciál. U totálních endoprotéz kolenních kloubů se dnes používá ocel nebo titan. Jejich modul pružnosti neodpovídá tuhosti kosti. Je to, jako kdybyste dali vařečku do těsta. Kost dostává dost zabrat, což nakonec může vést až k uvolnění implantátu a nutnosti reoperace. Částečně to může řešit porézní titan. Ideální by byly vláknové kompozity, jejichž pružnost lze nastavit podle kosti. Přesto se takové inovace často nedostanou na trh – chybějící dlouhodobá data představují právní riziko pro výrobce. Co kdyby se náhodou dřív endoprotézy porušil v korozivním prostředí lidského těla? Na rozdíl od tradičních materiálů, kde existuje stoletá historie použití, u kompozitů tato jistota zatím chybí.

### Probíhají nějaké testy, aby konstruktéři tuto jistotu získali?

Takové testy probíhají u tažených kompozitních profilů, SMC (Sheet Moulding Compound, termosetický materiál, skládá se z pryskyřice, vláken a plnidel a vytvrzuje se ve formách za vysokého tlaku a teploty – pozn. red.) nebo prepregů. Ale vzhledem k tomu, že kompozity většinou neexistují ve formě polotovarů unifikovaného složení, je to komplikovanější. Velcí výrobci jako Boeing, Airbus či automobilky

provádějí vlastní testy. Netestují však jenom samotný materiál, ale i hotové díly a celé výrobky. Například nárazník nebo letecký díl v reálných podmínkách – vystavují je různým typům namáhání v tisících až milionech cyklů, z čehož potom lze předpovědět jejich životnost.

Tyto testy jsou časově i finančně náročné, a jsou tedy standardem především v leteckém a automobilovém průmyslu. Například při vývoji zubních můstků nebo ortodontických „drátů“ se testy musejí provádět v simulovaných podmínkách ústní dutiny. Menší výrobci nebo výrobci produktů, kde nehrozí nebezpečí selhání s lidskými oběťmi, často spoléhají na metodu pokusu a omylu. Každý výrobek proto vyžaduje specifické testování, které nelze jednoduše zobecnit.

### Kdy se tedy použití kompozitů vyplatí, jaké jsou jejich hlavní výhody?

Jejich největší výhodou a zároveň i komplikací je už zmíněná možnost „šít“ specifický kompozit na míru požadavků konečného výrobku a také spojení více komponent původně z klasických materiálů do jedné. Výhodou je kromě nízké měrné hmotnosti i odolnost v korozivním prostředí. Odolávají chemikáliím a korozi lépe než nerezová ocel, využívají se tedy pro různé komponenty konstrukcí v chemickém průmyslu, pro pochůzkové části čištění odpadních vod a v dalších aplikacích v korozivních prostředích.

Nízká měrná hmotnost je klíčová v letectví a v automobilovém průmyslu. Elektromobily mají těžké baterie, a každé snížení hmotnosti auta díky využití kompozitního materiálu výrazně prodlužuje jejich dojezd. U aut se spalovacími motory zase snižují spotřebu paliva. Možnost řídit jejich elektrickou vodivost či nevodivost z nich dělá ideální materiály pro konstrukci lehkých izolátorů pro elektrické rozvody nebo ochranné konstrukce komunikačních zařízení.

### Mají kompozity i nevýhody, které se zatím nepodařilo překonat?

Spíše než nevýhoda je to komplikující faktor – vlastnosti vláknových kompozitů závisí nejen na jejich složení, ale i na technologii výroby konečného dílu. Například u ruční laminace kánoí, surfovacích prken nebo bazénů kvalita závisí na zručnosti pracovníků výrobce, což může vést k nepravidlostem v impregnaci výtvaru a defektům v množství a orientaci vláken způsobujícím rozdílné vlastnosti v různých místech výrobku. Naproti tomu v letectví se používají předem impregnované vrstvy s přesně daným množstvím vláken a pryskyřice, které aplikují roboti, což zajišťuje vyšší reprodukovatelnost a spolehlivost. Výrobní proces také zásadně ovlivňuje konečné vlastnosti materiálu. Vzhledem k tomu, že většina vláknových kompozitů má matrice z reaktoplastů, špatný postup vytvrzování může výsledný materiál výrazně oslabit.

### V průmyslu se nyní rozšiřuje využívání 3D tisku. Je možné ho použít i pro kompozity?

Dosud jsme hovořili o kompozitech, kde jsou výtvarci dlouhá vlákna, manipulace s nimi je

### Josef Jančář

- Rodák z Kyjova je předním odborníkem na fyziku heterogenních polymerů a makromolekulárních systémů.

- Působil ve Výzkumném ústavu makromolekulární chemie v Brně (dnes Polymer Institut Brno) a téměř pět let na University of Connecticut v USA. Profesorem byl jmenován v roce 1997.

- Dnes pracuje na Fakultě chemické VUT a v institutu CEITEC, kde koordinuje výzkum pokročilých polymerních materiálů a kompozitů.



**Materiál na míru.** Největší výhodou a zároveň i komplikací je možnost „šít“ specifický kompozit podle požadavků konečného výrobku, říká Josef Jančář.  
Foto: HN – Tomáš Škoda

pro aditivní technologie zatím komplikovaná. Proto se nejrozšířenější 3D tiskové technologie využívající termoplastické filameny hodí spíše pro kompozity s krátkými vlákny na bázi polypropylenového či polyamidového pojiva. Zatím je však využití 3D tisku kompozitů vzhledem k jeho malé technologické rychlosti spíše výjimečné a vhodné pouze do malosériové výroby tvarově komplikovaných dílů. Pro velkoobjemové aplikace se využívá především technologie vstřikování. Hodí se pro držadla ručních nástrojů, jako jsou vrtačky či pohyblivé komponenty v elektronických zařízeních. Tisk kompozitů s dlouhými vlákny je složitější a zatím spíše akademická záležitost. Hlavním limitem nejrozšířenějšího typu 3D tisku jsou dostupné materiály filamentů pro dosažení požadovaných užitečných vlastností výrobků.

#### Jaké jsou nyní hlavní trendy ve výzkumu a vývoji kompozitů?

Kontinuálně pokračuje výzkum povrchových úprav vláken s cílem zlepšit jejich adhezi k polymerní matici. To je klíčové pro dlouhodobou odolnost kompozitu, zejména v korozních prostředích. Kvalitní spojení zajišťuje efektivní přenos napětí mezi maticí a vlákny, čímž se minimalizuje vznik defektů a zvyšuje pevnost dílu. Tento vývoj probíhá hlavně na úrovni výrobců vláken. Pracuje se také na zlepšování odolnosti matic vůči vyšším teplotám a extrémnímu namáhání. Základní vývoj vláknových kompozitů měl vrchol zhruba před 25 lety, nyní se pozornost přesouvá k hybridním kompozitům. Kombinují různé typy vláken či vlákna přírodní. Další oblastí jsou hierarchické a funkční kompozity obsahující kromě vláken i nanoplňiva, čímž kromě mechanických vlastností získávají

kompozity další funkce jako elektrickou vodivost, magnetické vlastnosti, samoopravovací schopnosti či adaptabilitu. Rozvíjejí se také zpracovatelské technologie, které často určují, zda je použití kompozitu ekonomicky vhodnější než tradiční materiály. Konečné rozhodnutí závisí především na výrobních nákladech spojených úzce se sériovostí.

#### Kompozity jsou výrazně dražší než běžné materiály. Dá se čekat, že jejich cena klesne?

Záleží na tom, co srovnáváme. Jejich kilogramová cena je vždy vyšší než u kovů, ale správnější by bylo porovnávat ceny objemově. Například metrový I-profil z kompozitu může vážit 3 kilogramy, zatímco ocelový 25 kilogramů. Po přepočtu na cenu za hotový díl tedy rozdíl nemusí být tak výrazný jako při porovnání kilogramové ceny. Navíc kompozity umožňují integraci více součástí do jednoho kusu, čímž eliminují dodatečnou montáž a umožňují robotickou výrobu dále snižující výrobní náklady. Přesto se běžně srovnává jen cena za kilogram, kde kompozity nevyhájí výhodně.

#### Ve srovnání s tradičními materiály se kompozity obtížně recyklují. Dá se to nějak vyřešit?

Snaha o recyklaci existuje, ale jejich množství je oproti tradičním materiálům stále relativně malé. Zatím není co recyklovat. U termosetových matic, tedy epoxidů nebo nenasyacených polyesterů, je problém v tom, že při vytvrzování vzniká struktura, kterou nelze jednoduše rozložit. Recyklace je pak možná jen mechanickým rozdrcením na plnivo do betonu či asfaltu, případně je lze spálit. Alternativou jsou kompozity s termoplastickými maticemi, kdy při výrobě kompozitního dílu

nedochází k chemické reakci. Po zahřátí je lze znovu tvarovat. Jsou i relativně nové technologie, jako reakční vstřikování speciálních monomerů, kdy se do formy s vlákny vstříkují tekuté monomery, které po reakci vytváří termoplastickou strukturu. Výhoda těchto materiálů je možnost opětovného zpracování a vyšší houževnatost. Nevýhodou může být creep, tedy tečení za studena – časově závislý nárůst deformace pod konstantním zatížením, což omezuje jejich využití v letectví. Naopak v automobilovém průmyslu se termoplasty hodí například na nárazníky, kde umožňují efektivní recyklaci a mnohdy mají lepší rázové vlastnosti než kovy.

#### Je možné v oblasti kompozitních materiálů očekávat v následujících pěti deseti letech nějaký vědecký průlom?

V oblasti fundamentálního pochopení kompozitů nelze očekávat zásadní průlomy, spíše pokračuje postupný vývoj. Jde také o efektivnější převedení vědeckých poznatků do praxe. Klíčový pokrok by mohl přijít v technologii výroby a v integraci nanostruktur pro nové vlastnosti a funkce. Jedním z možných směrů je adaptabilita materiálů – například povrchu křídla letadla. Když budete potřebovat zpomalit, vyšlete elektrický impuls, který změní charakter povrchu, zvýší se odpor vzduchu a letoun zpomalí. Nebo kompozity schopné samohojení po poškození, to už jsou záležitosti, které připomínají přírodní materiály. Výzkum probíhá, ale zatím spíše v akademické sféře nebo ve specializovaných aplikacích, jako jsou bionické protézy. Dalším zajímavým směrem je využití kompozitů v metamateriálech, které mají unikátní vlastnosti nepřítomné v přírodě.

Mohou sloužit k balistické ochraně, ochráně proti účinkům výbuchu, aktivnímu tlumení hluku, zlepšení odolnosti proti nízkorychlostním nárazům nebo zvýšení bezpečnosti satelitů a dopravních prostředků. V budoucnu by mohly výrazně přispět k ochraně cestujících v letadlech či automobilech.

#### Můžeme očekávat, že se kompozity jednou stanou dominantním materiálem v průmyslu?

Je důležité, co za kompozit považujeme – patří sem nejen ty s polymerní maticí, ale i materiály s kovovými nebo keramickými maticemi. Například hliník s uhlíkovými vlákny se používá v leteckých motorech, keramické kompozity najdeme v brzdových destičkách, kde nahrazují azbest a zvyšují odolnost vůči vysokým teplotám. Betonový díl je také kompozit: výtuzí je železo, maticí cement. Kompozity se ve strojírenství používají už desítky let a po počátečním nadšení se ukázalo, že jejich výhody jsou v mnoha aplikacích omezeny technologickými komplikacemi. Proto sice v některých oblastech postupně nahrazují tradiční materiály, ale dominantním nebo jediným materiálem se pravděpodobně nestanou, alespoň ne během následujícího půlstoletí. Celkově se však univerzální použití bude omezovat tím, že každý kompozit vyžaduje přesné přizpůsobení složení a technologie výroby podmínkám konečné aplikace. Uplatní se tedy hlavně ve specifických aplikacích, kde nabídnou některou ze zásadních výhod – nižší hmotnost, odolnost proti korozi, nevodivost, houževnatost, elektromagnetické stínění a v budoucnu i nové funkce jako adaptabilita a samohojení.

Inzerce

HN064426

# KOMPLETNÍ NABÍDKA VOZŮ PRO VAŠE PODNIKÁNÍ

Více než 19 000 vozů ihned k odběru



Balíček výhod  
pro podnikatele  
**ZDARMA**

- ✓ Více než 5 000 vozů s odpočtem DPH
- ✓ Bonus až 50 000 Kč pro podnikatele
- ✓ Více než 1 000 užitkových vozů
- ✓ Až 60 dní na výměnu vozu

## AAA AUTO

aaaauto.cz | 284 022 095

Záruka až 60 dnů na výměnu vozu, více info na [www.aaaauto.cz/akce/60](http://www.aaaauto.cz/akce/60). Uvedený počet vozů platí pro všechny pobočky AAA Auto dohromady. Tuto nabídku může využít pouze zákazník, který u prodejce pořizuje vůz na IČO.

# 5 trendů určujících budoucnost ovládaní strojů

Ovládaní průmyslových a výrobních strojů označujeme jako rozhraní člověk-stroj (HMI). V současné době prochází design HMI revolucí řízenou digitalizací a technologickým pokrokem. Je nutné brát v potaz očekávání uživatelů a měnit se trh. Pojďme se podívat na současných pět trendů utvářejících budoucnost HMI.

## 1. Design zaměřený na předchozí zkušenosti uživatele (UX)

S ohledem na novou generaci operátorů musí být HMI lépe přizpůsobeny například intuitivnosti chytrých telefonů a tabletů. Pro optimalizaci provozu a zkrácení doby učení navrhujeme HMI na základě zkušenosti uživatelů, a ne na základě technických specifikací.

## 2. Sbližování informačních technologií (IT) a provozních technologií (OT)

V rámci digitalizace se rozhraní stávají propojenějšími a umožňují sběr velkého množství dat ze stroje a jeho prostředí. Díky cloudovým výpočtům lze data maximálně využít pomocí umělé inteligence (AI) a strojového učení (ML). Zároveň jsme schopni předvídat potenciální poruchy, což známe pod pojmy preventivní či prediktivní údržba.

## 3. Vznik nových druhů rozhraní

V dnešní době běžně používáme chytré telefony, tablety, chytré hodinky a chytré brýle. Možnosti ovládaní gesty, rozpoznávání hlasu nebo sledování očí přispívají k přirozené a intuitivní interakci. Usnadňují také ovládaní bez použití rukou v nebezpečných prostředích.

## 4. Přechod z Průmyslu 4.0 na Průmysl 5.0

Jsmo uprostřed implementace Průmyslu 4.0 a průmyslového internetu věcí (IIoT). HMI tak hrají rozhodující roli ve správě strojových dat. Zároveň již probíhá 5. prů-



myslová revoluce zaměřená na udržitelnost a spolupráci člověka se strojem. Protože stále více chytrých strojů funguje ve spolupráci s lidmi, budou zapotřebí nové typy rozhraní.

## 5. Přijetí gamifikace technologií

Díky 3D modelům máme možnost vytvářet aplikace rozšířené (AR) a virtuální reality (VR) v HMI, což přispívá k lepšímu prostorovému pochopení strojů. V budoucnu budou operá-

toři moci kontrolovat a odstraňovat závady strojů, aniž by byli fyzicky přítomni.

Jan Hrůza: „HMI navrhujeme na základě zkušenosti uživatelů“

HN064462



**BESTA TRADE**  
ZPRACOVÁNÍ PLECHŮ CNC TECHNOLOGIÍ

Tel.: +420 606 744 880  
E-mail: info@besta-trade.com  
[www.besta-trade.com](http://www.besta-trade.com)



- zpracování plechů CNC technologií
- výroba fasádních kazet a klempířských prvků
- laserové řezání, děrování a ohraňování plechů do délky 8 000 mm



2025

dun &amp; bradstreet

URS is a member of Registrar of Standards (Holdings) Ltd.

HN064221

**VÝROBKY  
PROVĚŘENÉ  
GENERACEMI**



**Český výrobce**  
produktů pro  
odpadové hospodářství  
a průmysl

**mevatec.cz**



## Příběh firmy

Anežka Hesová  
anezka.hesova@economia.cz



## Umí rozjet byznys i závodní auto. Šampion v motorsportu dnes dodává díly do formule 1

Vystudoval střední průmyslovku, obešel se bez manažerského vzdělání a v životě nedočel jedinou knihu o podnikání. Přesto dnes třiatřicetiletý Jan Skála řídí úspěšnou firmu, která vyrábí díly pro závodní auta všech značek v nejvyšší kategorii mistrovství světa v rallye a od loňského roku i pro formuli 1. „Chtěl jsem závodit a potřeboval si na to vydělat peníze,“ vrací se k počátkům svého podnikání výkonný ředitel firmy RaceX. Od svých čtrnácti let sbíral tituly v rallycrossu, v roce 2010 se stal mistrem ČR na formulových okruzích a o dva roky později se opět v rallycrossu vypracoval ke startu na mistrovství Evropy. K další kariéře mu ale chyběly peníze, a tak se po neúspěšném pokusu o vlastní závodní tým rozhodl založit výrobní firmu na kompozitní díly, která by mu vydělala na návrat na závodní tratě.

Začínal úplně bez prostředků a technického zázemí, první výrobnou byla malá betonová garáž. „Dal jsem se dohromady s Filipem Zavadilem, který v té době studoval kompozity na ČVUT. On tomu rozuměl z technologického pohledu a já jsem měl cit pro byznys,“ vypráví Skála. Kromě citu pro byznys měl také vynalézavost a kuráž, která mu po dvou letech přinesla přelomovou zakázku. „Byl jsem se podívat na mistrovství světa v rallycrossu, kde tehdy startovalo jedno z našich aut. A všiml jsem si, že při nárazech do vozu jiného týmu z jejich auta odpadávají kusy dílů,“ vzpomíná Skála. Prošel si tedy záznam, nafotil v něm kritické situace a obrátil se na závodníky s tím, že má pro ně řešení.

Nabídka přišla ve správnou chvíli. Šlo o tým Kennetha Hansena, který se zrovna v té době stával oficiálním továrním týmem automobilky Peugeot. „Odpověděl mi, že vzal naše vzorky do Paříže, že se jim líbily a že nám budou posílat poptávky. Jenže se vůbec nezeptali, jak jsme velká firma,“ směje se dnes podnikatel při vzpomínce na zakázku, která zdaleka převyšovala jeho tehdejší možnosti. Popisuje to jako nejtěžší tři měsíce svého života, kdy skoro nespál. Z firmy o pěti lidech se během pár týdnů stal dvacetičlenný tým, který se pustil do náročné realizace. Noví pracovníci museli rychle získat dovednosti pro ruční výrobu dílů, pracovalo se ve dne v noci, ale do mistrovství světa v Barceloně se nakonec podařilo téměř celé auto Sebastiana Loeba vybavit díly z malé české továrny. To firmě RaceX otevřelo cestu k dalšímu růstu.

### Takhle se vyrábějí rakety

Rozvojem postupně procházela i technologie výroby. Firma vyrábí díly z kompozitních materiálů na bázi uhlíkových, aramidových nebo skleněných vláken. Jejich společnou výhodou je lehkost a každý z nich má pak svá specifika: sklolaminát je levnější, karbon zase pevný, ale křehký, zatímco aramid vyniká svou odolností. Vlákná jsou spletená do tkaniny napuštěné pryskyřicí, z níž se příslušné tvary vyřezávají, vkládají

do forem a vytvrzují. „Způsobů, jak vyrobit kompozitní díl, je několik. My jsme začínali na jednodušších technologiích, u kterých není potřeba mít drahé stroje,“ vysvětluje Skála. Nejprve to byla ruční laminace, později vakuová infuze, při níž se pryskyřice nasává do tkaniny pomocí vaku. „Stačí k tomu mít vývěvu za dvacet tisíc korun. Na tom jsme fungovali asi tři roky, než jsme si vydělali na první autokláv,“ pokračuje Skála.

Autokláv má firma v současné době dva, jsou to velké pece, které vypadají jako ponorky a dokážou uvnitř vytvořit vysoký tlak a teplotu, díky čemuž se kompozitní díly vytvrdí do požadovaného tvaru. „Tohle je v současné

době nejpokrokovější způsob, jak díly vyrábět,“ říká Skála a odkazuje na kosmický průmysl, který je jakýmsi průkopníkem technologických novinek. „Než se nová technologie osvědčí v kosmickém průmyslu a zlevní, aby se začala používat pro výrobu letadel nebo později aut, trvá to pár desítek let,“ pokračuje Skála. A protože rakety se dnes stále vyrábějí stejným způsobem jako závodní auta v pražské výrobě RaceX, může si být šéf této firmy jistý, že i v příštích letech zůstane se svými postupy na technologické špičce.

Úspěch své firmy nicméně nepřikládá ani tak technologii, jako spíš souhře schopného týmu, rychlosti a spolehlivosti. V automobilovém průmyslu – stejně jako v každém jiném – rozhodují o úspěchu tři protikladné požadavky zákazníka: rychlost, kvalita a cena. „U každé zakázky se snažíme obstát ve všech třech, ale zpravidla to funguje tak, že když splníte dva z nich, tak tím vyloučíte ten třetí,“ hodnotí situaci své firmy mladý podnikatel. Za svou konkurenční výhodu považoval zpočátku především rychlost, malá firma se mohla nečekaným zakázkám pružně přizpůsobit. Dnes pracuje v RaceX 70 zaměstnanců a společnost pomalu narůstá do korporátních rozměrů, kde je pro Skálu a jeho nejbližší kolegy výzvou vyladit procesy tak, aby si firma i v této velikosti zachovala svou efektivitu.

### Firma bez papírů

Robotizované linky v továrně RaceX v pražských Komořanech nenajdete. Práce na pří-

činník má přesně stanovené postupy v personalizované digitální aplikaci. Po dokončení jednotlivého kroku odklikne zaměstnanec na tabletu, že je splněno, a zobrazí si další úkol.

„Dnes už ve firmě nemáme prakticky žádné papíry. Pracovník, který u nás nastoupí, dostane tablet a přihlásí se do aplikace, kde má kompletní instrukce ke své práci krok za krokem,“ představuje Skála digitalizovaný systém, který od něj občas na odborných konferencích okukují podnikatelé z mnohem větších firem.

Na každou pracovní úlohu má zaměstnanec stanovenou časovou normu a ta se průběžně upravuje podle jeho výkonnosti. Na tabletu si může průběžně kontrolovat, kolik času mu ještě na daný úkol zbývá, nebo zjistit, jaké ho čekají další kroky i plán na příští den. „Umožňuje nám to pružně upravovat proces výroby. Když dojde k nějaké změně, což se dost často stává, informace se v systému propíšíou všem, takže nemusíme pobíhat po firmě s papírovými průvodkami a dohledávat, která verze je aktuální,“ uvádí jako jednu z výhod digitalizace Skála. Důležitá je i sledovatelnost každého jednotlivého dílu. Když se objeví závada, je snadné zjistit, ve které fázi výroby došlo k chybě a kdo je za ni zodpovědný.

„Samozřejmě uvažujeme o tom, že do systému zapojíme i umělou inteligenci, protože máme velké množství dat, která ještě můžeme v budoucnu využít lépe,“ těší se Skála. Nápady na další inovace nehledá u konkurence, ale ve vlastní hlavě a u kolegů. „Chodím po výrobě,



Motorsport je jako droga, říká automobilový závodník Jan Skála, který kvůli své vášni pro rallye rozjel výrobu karbonových dílů pro závodní auta. V podnikání se mu daří podobně jako za volantem. Není si ale jistý, jestli se ke své oblíbené disciplíně stihne po byznysové kapitole ještě vrátit. Foto: HN – Libor Fojtík

~  
Začal jsem podnikat, abych mohl závodit. Teď zase nemůžu závodit, abych mohl podnikat.

pravě jednotlivých dílů vyžaduje pečlivost lidských rukou, kterou zatím podle ředitele automatizovat nejde. V prostorné výrobní hale tu u pracovních stolů postává pár desítek zaměstnanců, kteří ručně separují formy, řezou na plotru impregnovanou tkaninu do přesně vyměřených tvarů, ty pak vkládají do forem a pečlivě balí do různých vakuových pytlů, aby je připravili na vytvrzení v autoklávě. Ručně pak také ořezávají a zabrušují hotové díly, než je odevzdají ke kontrole a odešlou zákazníkům.

U každého pracovního místa nechybí tablet. Celý proces výroby je totiž digitalizovaný do posledního detailu, každý díl má svůj QR kód s kompletními daty o jeho vzniku a každý pra-

### RaceX

- Firmu založil před deseti lety automobilový závodník Jan Skála spolu se strojním inženýrem Filipem Zavadilem.
- Specializuje se na malosériovou výrobu karbonových komponentů pro motorsport, díly dodává do závodních aut od mistrovství světa v rallye (WRC) přes prestižní okruhové závody až po formuli 1.
- Firma sídlí a vyrábí v Praze, v současné době má 70 zaměstnanců.
- Letos byl Skála nominován do soutěže o titul EY Podnikatel roku České republiky 2024.



bavím se s lidmi a přemýšlím, jak to dělat co nejlíp. Kdybych kopíroval jiné firmy, zůstanu vždycky jen v jejich stínu a nikdy je nepředběhnu," popisuje svůj přístup, ve kterém nezapře mentalitu závodníka.

Zaměření na výkon a efektivitu je znát i z jeho personální politiky. Při nábore nových zaměstnanců neklade důraz na technickou kvalifikaci lidí, ale jde mu o loajalitu a chuť se zlepšovat. „Náš obor je tak specifický, že se to stejně každý naučí až tady," říká. Ještě před odesláním životopisu si uchazeč může pomocí elektronické kalkulačky na webu firmy spočítat, kolik si při nástupu vydělá, o kolik se jeho mzda může zvýšit díky odměnám a jak rychle bude v čase růst. Nástupní mzda je tu nižší, ale po určité době začne rychle růst. Firma se tím chce vyhnout náročnému zaučování kolegů, kteří by nastoupili jen kvůli penězům a po krátké době podnik opustili. „Nejsem zastáncem vysoké základní mzdy. Chci platit lidi za to, že jsou šikovni a pracovití, ne za to, že chodí do práce," objasňuje Skála.

Nastavil proto v týmu systém provizí, ve kterém se firma s každým pracovníkem částečně dělí o svůj zisk. „Z každého prodaného dílu dostanou malý podíl ti, kdo na něm pracovali," vysvětluje ředitel. Provize, prémie i placené přesčas najdou zaměstnanci ve firemní aplikaci, včetně známek, které jim za kvalitu každého jednotlivého výrobku uděluje jejich nadřízený. Kdo je šikovný, může si podle Skály přilepšit na těchto složkách o více než třetinu své měsíční mzdy.

#### Nejvyšší meta dosažena

Sen mladého závodníka, že se díky podnikání naplno vrátí ke svému oblíbenému sportu, se

ale pod tíhou byznysu trochu rozplývá. „Závodit můžu do čtyřiceti let. Brzy mi bude čtyřiatřicet, takže mám na to ještě asi šest let." Jenže k tomu, aby mu firma zaplatila mezinárodní šampionát, ji musí vybudovat do určité velikosti a to teď znamená investovat do jejího rozvoje. „Momentálně jdou všechny prostředky do firmy a na závodění moc nezůstává peníze ani čas," popisuje začarovaný kruh, ve kterém se ocitl.

Jeho společnost mezitím dosáhla nejvyšší mety, jakou si v oboru lze představit, a od loňského roku dodává díly i pro formuli 1. „Zatím děláme jen menší zakázky, ale příští měsíc přiletí partneři na audit a pak bychom pro ně mohli začít vyrábět i velké díly," prozrazuje Skála. Technologicky to podle něj nepředstavuje velké změny, klade to ale větší nároky na kvalitu výrobních procesů. „U formule 1 se musí ještě důkladněji hlídat dohledatelnost každého dílu, včetně informací o tom, ze které konkrétní role tkaniny byl vyroben," dodává.

V nejbližších letech bude navíc muset najít pro firmu nové prostory. „Chtěl bych se vyhnout logistickým parkům, raději bych oslovil nějakou vesnici v koridoru kolem Prahy, pro kterou by naše přítomnost mohla být atraktivní a oboustranně výhodná," odhaluje své plány.

Zároveň pracuje na rozšíření výroby do dalších odvětví. Výhodou kompozitů je, že mají široké využití. Kromě motorsportu se používají i v letectví, v kosmonautice, v obranném nebo lodním průmyslu a při výrobě sportovních nebo zdravotnických pomůcek. Už teď firma RaceX zajišťuje menší dodávky do automobilového a zbrojního průmyslu. „Hledáme nové příležitosti, protože potenciál toho materiálu je obrovský," uzavírá podnikatel.



**Řemeslná práce.** Příprava dílů na vytvrzení v autoklávu probíhá ručně a vyžaduje maximální pečlivost. Pracovníci vkládají do forem kompozitní materiál z impregnovaných vláken a pak celé formy balí do vakuových pytlů. Ručně pak také ořezávají a zabrašují hotové díly. **Foto: HN – Libor Fojtík**

Inzerce

HN064224

# NORD DRIVESYSTEMS

POHONY A  
ELEKTRONIKA



PŘEVODOVKA + MOTOR + MĚNIČ = POHON

**NORD**  
DRIVESYSTEMS

# Je čas Flexit!



## Ještě jednodušší. Efektivnější. Maximálně ergonomické.

Optimalizujte své manipulační procesy nyní s naším novým vakuovým manipulátorem JumboFlex!

- Jedinečné, intuitivní, dvoutlačítkové ovládání s protilehlými tlačítky pro UP/DOWN zkracuje dobu seznamování. Navíc manipulaci usnadňuje i to, že si zařízení po uvolnění zachovává pracovní výšku.
- Dvakrát rychlejší výměna gripperů zajišťuje bezproblémovou manipulaci s různými obrobky. Jednoduché ovládání umožňuje zablokovat otočný mechanismus, což usnadňuje nasazení gripperů a výrazně zpřjemňuje obsluhu.
- Optimalizovali jsme ergonomii ovládací jednotky, čímž jsme dosáhli lepšího úhlu sklonu horní a dolní styčné hrany k ruce. Díky tomu je ovládání vhodné pro různé tvary rukou a zajišťuje příjemný pocit při manipulaci s obrobky.

**Nakopněte Vaši produktivitu, zbavte se těžké dřiny - pracujte s vymazlenými řešeními od Schmalz!**

Zjistěte více: [www.schmalz.com/cs-cz/](http://www.schmalz.com/cs-cz/)  
Kontaktujte nás na: [schmalz@schmalz.cz](mailto:schmalz@schmalz.cz)

