

AUTOMATIZAČNÍ FIRMA VYVÍJÍ 3D TISKÁRNU BETONU

Tomáš Vránek

Ve Žďáru nad Sázavou vzniká unikátní 3D tiskárna betonu. Společnost ICE Industrial Services, která se specializuje na automatizaci výroby zejména v automobilovém průmyslu, chce využít svých zkušeností a nyní se zaměřuje na vývoj 3D tisku stavebních materiálů. Cílem těchto aktivit je tisk prvního monolitického objektu v občanské výstavbě v tomto roce.

AUTOMATION COMPANY DEVELOPS 3D CONCRETE PRINTER

An unique 3D concrete printer is being developed in Žďár nad Sázavou. The company ICE Industrial Services specializes in automation, with a focus on the automotive industry and machinery. ICE is using its experience and is now focusing on the development of 3D printing of building materials. These activities aim to print the first monolithic building in civil construction this year.



1

Řada studií tvrdí, že efektivita stavebnictví ve srovnání s jinými odvětvími za posledních 70 let poklesla. Naše firma je tak jedna z mála, která se vydala opačným směrem, tedy ze strojírenství do stavebnictví, resp. automatizace. Výrobní firmy, zejména z oboru automotive, jsou zeštíhlováním výroby přímo posedlé a celý organismus just in time výroby automobilů a jeho dílů je postavený na úsporách desetin vteřiny na jednotlivém dílu. Na výrobě jednoho automobilu se podílí tisíce průmyslových robotů a další tisíce speciálních automatických strojů.

Národní centrum Stavebnictví 4.0

Právě zkušenosti se zvyšováním efektivitu výroby pomocí digitálních technologií chce firma přinést do stavebnictví. I proto jsme se stali jedním z zakládajících členů nového Národního centra Stavebnictví 4.0, které vzniklo při CIIRC ČVUT a v současnosti propojuje více než 20 významných veřejných institucí (všechny stavební fakulty v ČR, ŘSD), stavebních organizací a firem, které se

chtějí společně podílet na modernizaci tohoto oboru. Do té patří nejenom zvýšení efektivitu, digitalizace, automatizace a robotizace, ale také zvýšení udržitelnosti a s ní spojená otázka, jak lze přispět ke snižování environmentální zátěže, která je pro nastupující generace velmi důležitá.

3D tisk betonu – jeden ze základních kroků k digitalizaci stavebnictví

Možnost pracovat s 3D modelem stavebního prvku umožňuje dopravit stavební materiál na své místo s přesností na milimetry. Dá se říct, že 3D tisk je technologicky snazší než klasický stavební postup. Nevyžaduje použití bednění a díky možnostem organických struktur snižuje potřebu armování při zachování technologických vlastností.

Na druhou stranu je 3D tisk výrazně náročnější na vlastnosti použitého betonu z hlediska stejnorodosti reologických vlastností v čerstvém stavu – čerpatelnost v malých průřezech potrubí pro maximální zrno kameniva 8 mm, neměnná konzistence, řízená tixotropie, rychlost tuhnutí a tvrdnutí. V zatvrdlém stavu pak z hlediska eliminace smršťování a vzniku trhlin, dosažení požadovaných pevností a statických modulů pružnosti.

Propojení mnoha oborů

Pro vývoj funkčního celku je důležité propojení hned několika oborů – automatizace, robotizace, procesního řízení, designu prvků, architektury, stavební projekce, statiky a technologie betonu. Kromě vlastních zaměstnanců jsou do našeho vývoje zapojeni i ex-

2a 2b





4 5

- 1 Běžné stavební postupy se během příštích let zásadně změní
 2 Konstruktoři vyvíjejí již 5. vývojovou řadu tiskové hlavy
 3 Ukázka vytištěné stěny 4 Detail tisku 5 Cílem je dosáhnout dokonalosti tištěné stopy vzniklé při vysoké rychlosti tiskové hlavy 6 Přesnost, na kterou jsme zvyklí z automotive průmyslu, se snažíme přenést i do oblasti 3D tisku 7 Součástí výroby je i systém snímání dat celého procesu
- 1 Conventional construction practices will change fundamentally over the next few years 2 Designers are already developing the 5th generation of the print head 3 Example of a printed wall 4 Print detail 5 The goal is to achieve the perfection of the printed footprint produced at high printing speeds 6 The precision we are used to from the automotive industry, we strive to bring to 3D printing 7 Production includes a process data capture system

3

terní odborníci z ČR a zahraničí. Spolupracujeme s globálními R&D týmy firem Sika, Master Builders a Mapei a co se technologie týká tak s vývojovými týmy rakouské firmy MAI a německé m-tec mathis technik. Díky tomu, že jsme jedním z největších zákazníků ABB Robotics v České republice, komunikujeme s globálním vývojovým týmem ABB, ale i dalšími výrobci robotů. Na projektu v současnosti pracuje více než 30 specialistů.

Tištěné betonové struktury šetří energii, materiály i lidi

Do vývoje jsou zapojeni odborníci na inovace ve stavebnictví i proto, aby společně hledali možnosti úspor energií při provozování staveb. I tady se inspirojí přírodou – včelí plástve, vosí

hnízda i mraveniště mají v různých variantách stěny s takovou strukturou, ve které je zateplení přímo integrováno. Při vytvoření těchto tvarů v nosných či nenosných stěnových systémech nebude potřeba aplikovat dodatečné izolační vrstvy. To významně ušetří materiál a řešení může být stejně funkční jako u klasických postupů. Zhotovení těchto tvarů je přitom pomocí 3D tisku snadno proveditelné.

Vedoucím architektonického týmu je architekt Jiří Vítek, který spolupracoval ve vídeňském studiu se Zahou Hadid a v současnosti vyučuje parametrický design na Katedře architektury VUT v Brně. „Co příroda tvořila miliony let, můžeme nyní využít,“ věří Jiří Vítek. Jako příklad můžeme použít větve stromů, kosti zvířat, ne-

bo např. lidskou lebku, která je dutá, přesto však díky své specifické struktuře pevnější než jednolitě objekty. Spojuje v sobě tvarovou volnost a zároveň mechanickou odolnost.

Podobnými řešeními by se mohlo ušetřit množství použitého materiálu, což by mohlo být jednou z cest k dosažení úspor. Ve srovnání s běžnými stavebními technologiemi by podle některých odhadů a studií mohly úspory v případě 3D tisku dosáhnout výše 30 až 50 %. Ušetří se objem materiálu, práce lidí, zvýší se rychlost realizace a nabízí se možnost neomezené opakovatelnosti.

Vlastní vývoj materiálů

Klasičtí výrobci stavebních materiálů, např. Mapei, Sika a další, zatím zareagovali na poptávku po betonu pro 3D tisk rozšířením nabídky pytlovaných prefabrikovaných suchých směsí, tzv. jednokomponentních. Jejich cena je mnohonásobně vyšší než cena běžného betonu, a do budoucna tedy nekonkurenceschopná. Většina těchto směsí má navíc maximální velikost zrna kameniva 1 mm, což zvyšuje riziko vzniku smršťovacích trhlin a neumožňuje tisk vyšších vrstev. Tyto směsi se hodí pro tisk designových prvků a prvků městského mobiliáře (květináče, vázy, lavičky atd.),



6 7



pro stavební tisk nebo pro tisk nosných prefabrikovaných dílců však tyto směsi vhodné nejsou.

Proto ve spolupráci s týmem prof. Rudolfa Hely z Ústavu technologie stavebních hmot a dílců VUT v Brně vyvíjíme vlastní tzv. dvoukomponentní směsi pro různé tloušťky a výšky kladených vrstev při použití akceleratorů tuhnutí či tvrdnutí, superplastifikátorů a příměsí zajišťujících rychlý tisk (250 až 400 mm/s). Podmínkou je udržení požadovaného tvaru a výšky plynule tištěné vrstvy až na výšku jednoho podlaží. Již nyní proběhly první úspěšné pokusy s tiskem z lokálně dostupných surovin se zrnem o velikosti 8 mm. Tyto směsi jsou modifikovány superplastifikátory a urychlovači přidávanými přímo v tiskové hlavě, jež jsou určeny speciálně pro 3D tisk. Současně vznikla úzká spolupráce s vývojáři firem Mapei, Sika, Master Builders a dalších.

Do budoucna spatřujeme veliký potenciál i ve využití umělé inteligence, která pomůže dosáhnout požadované kvality finální konstrukce stavby a sofistikovaného řízení rychlosti tisku.

Unikátní tisková hlava

Práce s materiálem velmi blízkým klasickému betonu se zrnem kameniva 8 mm je možná díky použití speciální tiskové hlavy. Naši konstruktéři vyvíjejí již její pátou vývojovou řadu. Každý typ hlavy slouží pro různá použití. Hlavu ovládají průmyslové řídicí systémy, které zároveň automaticky řídí i účinnou homogenizaci směsi a dávkování urychlovače. Cílem je dosáhnout dokonalosti tištěné stopy vzniklé při vysoké rychlosti tiskové hlavy. Součástí řešení je i systém snímání dat celého procesu. Pro řízení procesu jsou nejdů-



8

ležitější údaje v čerpadle a před tiskovou hlavou. Zásadní je měření teploty směsi, tlak v potrubí, deformace vytištěné stopy ihned po tisku a pod zatížením další vrstvou. S vývojem tiskových hlav souvisí i úprava kontinuálních míchaček a čerpadel, které v současnosti nejsou pro tyto účely dokonalé. V této problematice spolupracujeme s předními evropskými výrobci, jako jsou MAI a m-tec.

Abychom mohli odvážně návrhy realizovat, hledáme cesty, jak do procesu zapojit data-driven technologie. Organické objekty jsou náročné z hlediska přenosu dat a jejich stavba vyžaduje zapojení nejmodernějších digitálních řešení. Dosud stavěné klasické objekty byly z hlediska přenosu údajů poměrně jednoduché mimo jiné proto, že měly všude stejné úhly a opakující se prvky. Ve světě složitějších tvarů je však potřeba používat řezy a generovat množství dat řádově v terabytech. Takový objem by v minulosti v podstatě nebylo ani možné zpracovat.

Nejvyšší čas na (r)evoluci ve stavebnictví

O nově vyvíjené postupy zaznamenáváme ve Žďáru velký zájem ze strany technologických partnerů, výrobců materiálů, architektů a realizačních firem či developerů. Do centrály firmy se jezdí inspirovat nebo sdílet své know-how zástupci předních evropských dodavatelů silikátových směsí a přísad do betonu. Pro realizaci stavebního tisku budov jsme zaznamenali první skutečné poptávky nejen v České republice, ale také předběžné poptávky na projekty

- 8 První vytištěný testovací objekt, který slouží k ověřování technologických vlastností 3D tisku
- 9 Vizualizace objektu určeného pro veřejnost
- 8 First printed building used for proofing, testing and certification of the new technology
- 9 Visualisation of the object intended for public

v Řecku, Španělsku nebo v Kanadě. První prototypy městského mobiliáře, či dokonce první vytištěnou budovu bychom však rádi věnovali městu Žďáru nad Sázavou, kde vše tvoříme.

Čekal jsem, že možnost být součástí vývoje této unikátní technologie bude pro lidi z oboru atraktivní, ale skutečnost má očekávání předčila. O náš vývoj se již nyní, po pár měsících, zajímají lidé z celého světa. Jsme otevření komerčním i výzkumným spolupracím a rádi se pobavíme s každým, kdo má zájem tyto technologie posunout vpřed. Již nyní pracujeme na návrzích poměrně velkých staveb, které bychom chtěli realizovat již v příštím roce. S výzkumem jsme se před okolním světem rozhodně neuzavřeli.

Věřím, že se celé stavebnictví v příštích desetiletích zcela promění. Nedostatek a vysoké ceny materiálů, jakož i nedostatek pracovních sil přiměje stavební firmy a investory automatizovat. Běžné stavební postupy se během příštích let zásadně změní a robotizace i 3D tisk budou k tomuto vývoji významně přispívat.

Fotografie: archiv ICE Industrial Services



Ing. Tomáš Vránek, MBA
ICE Industrial Services a.s.
tomas.vranek@ice.cz



9