

Część 2

3D

w budownictwie

prof. dr hab. inż. Anna Sobotka
mgr inż. Katarzyna Wrońska
 AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
 w Krakowie, Wydział Górnictwa
 i Geoinżynierii

Wykonanie obiektu budowlanego – budynku lub budowli – jest procesem kapitałochłonnym i pracochłonnym. Trwa długo i wymaga zatrudnienia zespołów pracujących w trudnych warunkach. W Polsce obiekty budowlane, zwłaszcza budynki mieszkalne, na które wciąż jeszcze jest największy popyt, mogą być realizowane w różnych technologiach i różnymi metodami. Inwestorzy, wybierając rodzaj technologii, kierują się różnymi względami. Podstawowymi są minimalizacja czasu i kosztu wykonania obiektu, ale także zmniejszenie pracochłonności działań wykonywanych na placu budowy. Możliwe jest to dzięki prefabrykacji ustrojów budowlanych, części, a nawet całych obiektów w wytwórniach zaplecza technicznego budownictwa. Z drugiej strony ważnym kryterium jest zmniejszenie transportochłonności budowy, co mogą zapewnić prefabrykacja na placu budowy lub budowanie w technologiach monolitycznych, w tym najbardziej rozpowszechnionej w dużych miastach, w gęstej zabudowie, technologii betonowej monolitycznej. Nie jest to jednak technologia szybkiego budowania.

Obecnie stosowane metody, które mają pozwolić na szybkie stawianie konstrukcji, oparte są na technologii prefabrykacji poszczególnych wyrobów budowlanych (elementów obiektu budowlanego) lub zastosowaniu gotowych systemów budowania oferujących wszystkie elementy stanu surowego, a nawet wykończeniowego budynku.

Można zauważyć, że rozwijająca się technologia druku przestrzennego pozwolić może na spełnienie wielu ww. wymagań odnośnie do usprawnienia produkcji budowlanej, tj. pracy w budownictwie przy wykonywaniu obiektów budowlanych.

Czy można wydrukować dom?

Holenderscy architekci z pracowni DUS Architects, chcąc udowodnić, że druk 3D jest przyszłością, podjęli się zadania wydrukowania domu wraz z wyposażeniem za pomocą swojej maszyny (drukarki) nazwanej KamerMaker. Zaprojektowany dom będzie się składał z kilku typów pokoi, które będą drukowane oddzielnie na miejscu, a następnie testowane, by później mogły być zmontowane w jeden budynek. Drukowane pokoje składają się z kilku części, które łączone są ze sobą jak elementy układanki. Ściany zewnętrzne budynku będą stanowiły jeden element. Drukowane ściany zaprojektowano tak, by miały specjalne przestrzenie wykorzystywane w celu połączenia konstrukcji w jedną całość oraz na instalację sanitarne, elektryczne itp. Wydrukowane pokoje są montowane na spe-

Technologią druku przestrzennego zainteresowali się nie tylko projektanci, lecz także przedsiębiorcy i inwestorzy działający w branży budowlanej.

cialnej podłodze, która scala wszystkie elementy w jeden budynek. Zaletą tego systemu jest to, że w łatwy sposób można przenieść budynek, rozłączony w poszczególne pokoje.

Wytrzymałość konstrukcji drukowanego budynku jest badana cyfrowo, jak również doświadczalnie, we współpracy z inżynierami z Tentech. Struktura drukowanych elementów bazuje na budowie wytłaczanej siatki, która może przyjmować różne kształty. Każdy drukowany element bazuje na dużej liczbie diagonalnych, pustych w środku kolumn, które podczas montowania całej konstrukcji tworzą ogromne krzyżowe konstrukcje wzmacniające całość [1].

Podczas drukowania tego budynku prowadzone są prace nad rozwijaniem nowych sposobów połączeń poszczególnych elementów oraz zwiększeniem bezpieczeństwa i trwałości całego obiektu. Budowa domu w technologii druku przestrzennego jest powiązana z ciągłym rozwojem surowca, z którego jest on drukowany. Materiał ten jest dostarczany przez partnera projektu, firmę Henkel.

Drukarka D-Shape

Włoski inżynier Enrico Dini skonstruował drukarkę druku przestrzennego o dużym potencjale produkcyjnym, którą nazwał D-Shape. Urządzenie to wykonuje struktury skalne, wykorzystując przy tym nowe materiały. Wynalazca drukarki zakłada, że w przyszłości będzie możliwy wydruk pełnowymiarowych domów bez ingerencji człowieka, z wykorzystaniem jako materiału budulcowego jedynie piasku oraz nieorganicznego spoiwa [6].

Sama drukarka D-Shape składa się z aluminiowego stelażu, wewnątrz którego drukowane są konstrukcje, oraz głowicy drukarki. Pomimo swoich rozmiarów cała konstrukcja drukarki jest bardzo lekka i może być łatwo transportowana przez dwóch pracowników. D-Shape podczas procesu budowlanego wykorzystuje oprogramowanie CAD-CAM. Proces budowania nowych struktur przy pomocy drukarki D-Shape jest podobny do procesu drukowania drukarki inkjet na arkuszu papieru. Podczas drukowania spoiwo jest na-

Konstruktor D-Shape widzi ogromny potencjał swojej drukarki i nie ogranicza swojego projektu jedynie do produkcji domów jedno- lub dwupiętrowych, ale jednocześnie widzi jego zastosowanie dla małej architektury.

kładane poprzez dysze drukarki na materiał budujący. Proces drukowania konstrukcji rozpoczyna się w dolnej części powstającej struktury i wznosi się do góry. Grubość drukowanej warstwy wynosi 5-10 mm. Budowana konstrukcja potrzebuje 24 godzin, aby uzyskać finalną trwałość. Materiał, na który nie zostało nałożone spoiwo, pracuje jako podpora pod nowo budowane sekcje konstrukcji. Materiał podporowy może być ponownie wykorzystany do kolejnego drukowania [6].

Spoiwo wykorzystywane przez Enrico Dini przekształca materiał budujący w materiał podobny do marmuru, czyli minerał o cechach mikrokrystalicznych.

Konstruktor D-Shape widzi ogromny potencjał swojej drukarki – jedynym ograniczeniem jest mała przestrzeń robocza wynosząca 6 na 6 metrów. Enrico Dini nie ogranicza swojego projektu jedynie do produkcji domów jedno- lub dwupiętrowych, ale jednocześnie widzi jego zastosowanie dla małej architektury, jak na przykład przystanki autobusowe, ławki parkowe, fontanny, rzeźby, kolumny, ołtarze, elementy parków i placów zabaw oraz modele budynków, okładziny, drogi, części rur i tym podobne elementy wykonane ze skal [6].

Technologia Contour Crafting

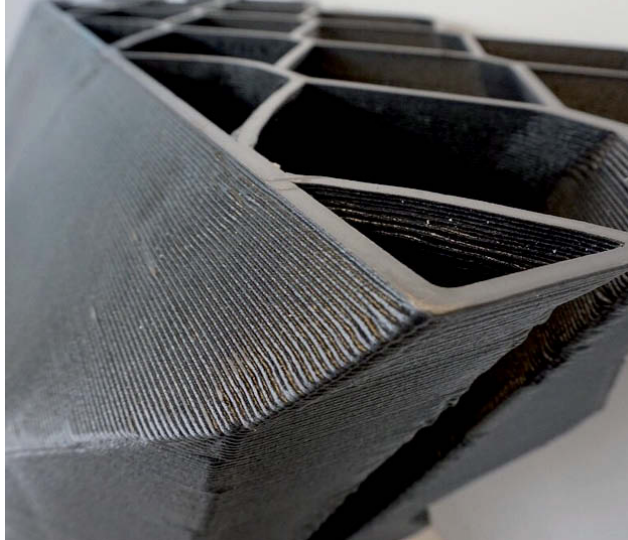
Zespół profesora Behrokh Khoshnevis z University of Southern California także opracował technologię warstwowego drukowania obiektów budowlanych i nazwał ją Contour Crafting. Technologia ta ma ogromne możliwości w automatyzacji placu budowy. Stosując tę metodę wytwarzania, można w sposób ciągły wybudować obiekty zróżnicowane konstrukcyjnie i architektonicznie oraz w trakcie wytwarzania wyposażyć je w kanały elektryczne, hydrauliczne i wentylacyjne. W obrębie placu budowy ma poruszać się specjalna suwnica, która nakłada kolejne warstwy materiału budulcowego. Specjalne ramię robota ma instalować odpowiednie kanały zaopatrujące obiekt w media. To samo ramię montuje strop składający się z modułów.

Technologia Contour Crafting ma ogromne możliwości w automatyzacji placu budowy. Stosując ją, można w sposób ciągły wybudować obiekty zróżnicowane konstrukcyjnie i architektonicznie oraz w trakcie wytwarzania wyposażyć je w kanały elektryczne, hydrauliczne i wentylacyjne.

Potencjalnym zastosowaniem tej metody wydruku obiektów są miejsca zniszczone katastrofami budowlanymi, naturalnymi, działaniami wojennymi oraz na terenach krajów trzeciego świata i rozwijających się [4]. Zespół profesora Behrokh Khoshnevis prowadzi również badania dotyczące rozwoju Contour Crafting w kierunku wykorzystania tej technologii do budowy obiektów i struktur na Księżycu i na Marsie. Technologia ta zwiększy bezpieczeństwo na budowach. Projekt Contour Crafting jest w fazie rozwoju. Jednocześnie jest wspierany w ramach National Science Foundation oraz Office of Naval Research.

Wydrukowane w Chinach

W 2014 r. chińska firma Yingchuang wykonała dziesięć domów za pomocą skonstruowanej przez nich drukarki 3D. Obiekty te znajdują się w Shanghai Qingpu Science Park. Budynki były drukowane na drukarce 3D o wymiarach 6,10 metrów wysokości, 10 metrów szerokości oraz 40 metrów długości. Obiekty te, o stosunkowo małej powierzchni, powstały w przeciągu 24 godzin [18]. Wszystkie elementy były drukowane oddzielnie w hali produkcyjnej i montowane na placu budowy. Poszczególne wydrukowane ściany bądź elementy ramowe, które po złożeniu tworzyły całą konstrukcję nośną, były łączone ze sobą na miejscu. Lekkie ściany drukowano warstwowo, w celu ich wzmocnienia wewnątrz ruchem zygzakowym nakładano kolejne



Rys. 1. Fragment wydrukowanej ściany Canal House w Amsterdamzie [1]



Rys. 2. Wydruk Radiolaria drukarki D-Shape [6]

warstwy mieszanki betonowej. Pozostawione pustki powietrzne mają zwiększyć izolacyjność cieplną budynku. Materiały izolacyjne montowane są już na placu budowy. Odpowiednią stateczność i wytrzymałość wysokich konstrukcji zapewnia zbrojenie w formie stalowego rusztu, które jest montowane w tradycyjny sposób. Materiały, jakie wykorzystano do stworzenia nowej mieszanki betonowej potrzebnej do wydruku budynków, pochodzą z recyklingu odpadów budowlanych, przemysłowych oraz górniczych. Przedsiębiorstwo to planuje również budowę około stu zakładów recyklingowych na terenie Chin w celu zapewnienia sobie zaopatrzenia [18].

Firma Yingchuang może poszczycić się również pierwszym na świecie wydrukowanym budynkiem pięciokondygnacyjnym. Ten blok mieszkalny ma wewnątrz wydzielone lokale, a elewacja jest wykończona fakturą przypominającą cegłę. Wszystkie detale konstrukcji zostały wydrukowane w fabryce, a następnie przywiezione na plac budowy. Firma ta wykonała również willę o powierzchni 1100 m². Wszystkie detale, takie jak balustrady, kolumny i zdobienia, zostały wydrukowane [18].

Drukowane domy cieszą się ogromnym zainteresowaniem na świecie. Firma Yingchuang ma w planach wydrukowanie budynku dwunastopiętrowego.

Ocena technologii druku przestrzennego w budownictwie

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń zastosowania technologii druku przestrzennego w budownictwie, warunków wykonywania obiektów budowlanych na placach budowy i ogólnych warunków realizacji produkcji budowlanej dokonano próby oceny, za pomocą metody SWOT, wdrożenia technologii druku przestrzennego na szerszą skalę (tabela).

Z przedstawionej macierzy wynika, że jeszcze nie ma warunków na zastosowanie technologii druku przestrzennego do budowy kompletnych konstrukcji budowlanych, chociażby w odniesieniu do stanu surowego. Podstawowe słabe strony i zagrożenia to brak sprawdzonych (dobrze przetestowanych) materiałów do wykonywania wyrobów i elementów konstrukcji/ustrojów budowlanych w ofercie producentów surowców dla budownictwa. Jednocześnie można znaleźć wiele zalet realizacji obiektów budowlanych w tej technologii. Należy jednak zauważyć, że wdrożenie technologii druku przestrzennego uzależnione jest od producentów surowców i – w mniejszym stopniu – urządzeń (drukarek), a następnie legislacji procesu inwestycyjnego takich przedsięwzięć budowlanych.

Podsumowanie i wnioski

Druk przestrzenny jest procesem wytwarzania fizycznych obiektów trójwymiarowych (produktów) w oparciu o technikę komputerową – program komputerowy do wytwarzania produktu i drukarkę typu 3D do jego wykonania.

Początkowo rozwiązanie to powstało z myślą o szybkim prototypowaniu przedmiotów bez konieczności tworzenia matryc. Najbardziej powszechnymi metodami tworzenia obiektów są stereolitografia, polegająca na utwardzaniu żywicy światłem laserowym, SLS, polegająca na spiekaniu proszku przy wykorzystaniu światła laserowego, oraz 3DP, wykorzystująca proszek utwardzany przy pomocy odpowiedniego lepiszcza.



Rys. 3. Zasada działania Contour Crafting [4]



Rys. 4. Wydruk drukarki firmy Yingchuang [18]

Tabela. Analiza SWOT technologii druku przestrzennego w budownictwie

	OCENA STRON	OCENA STRON
CZYNNIKI WEWNĘTRZNE	<p>MOCNE STRONY</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brak materiałów odpadowych na budowie • Niższe koszty technologii • Mniejsza liczba robotników na budowie • Wykwalifikowana kadra na budowie • Większe bezpieczeństwo na budowie • Duża dokładność drukowanych obiektów • Możliwość wykonania dowolnie zaprojektowanych kształtów bez dodatkowych kosztów • Brak deskowania na placu budowy • Znany dokładny czas pracy maszyny • Krótszy czas realizacji budowy • Niższa emisja pyłów na placu budowy • Łatwiejsza obsługa logistyczna budowy • Mniejsze zapotrzebowanie na przestrzeń na potrzeby placu budowy • Mniejsze składowiska na placu budowy • Mniejsza emisja dwutlenku węgla do atmosfery [4,18] • Mniejsze zużycie energii na budowie [4] 	<p>SŁABE STRONY</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wysokie koszty urządzeń budowlanych • Mało efektywny materiał wiążący • Potrzeba rozwijania produkcji surowców do drukowania wyrobów i obiektów budowlanych • Słabe rozpoznanie właściwości stosowanych materiałów budowlanych technologii drukowania obiektów • Zwiększone wymagania jakościowe i kontrolne, prowadzenie ciągłego monitoringu drukowania obiektu budowlanego. • Konieczność wykonywania dodatkowych/uzupełniających prac, np. montażu stolarki okiennej i drzwiowej przez zespoły robotników
CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE	<p>SZANSE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zaawansowane technologicznie urządzenia i sprzęt produkcyjny • Wykorzystanie materiałów recyklingowych do druku nowych konstrukcji • Możliwość druku budynków na terenach po katastrofie budowlanej, naturalnej, na terenach, które były objęte działaniami wojennymi, na terenach krajów trzeciego świata oraz rozwijających się • W przyszłości możliwość budowania trwałych obiektów na innych planetach, bez udziału ludzi • Możliwość drukowania własnoręcznie zaprojektowanego domu • Możliwe niższe koszty realizacji niż w przypadku metod tradycyjnych • Możliwość łatwego modyfikowania projektu • Niskie koszty budowy przy masowej skali budowy w technologii 3D 	<p>ZAGROŻENIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brak szerokiej oferty rynku materiałów budowlanych do drukowania konstrukcji obiektu • Mniejsze zatrudnienie pracowników na budowach (zmniejszenie liczby miejsc pracy) • Możliwość samowoli budowlanej • Utrudnienia/brak prowadzenia nadzoru budowlanego • Brak uwarunkowań prawnych • Brak danych dotyczących trwałości budynku • Brak danych dotyczących uwarunkowań pogodowych • Produkcja materiałów do drukowania obiektów budowlanych może wymagać bardzo zaawansowanych procesów technologicznych

Wyniki analizy SWOT dotyczącej zastosowania tej technologii w realizacji obiektów budowlanych, w której nieco przeważają mocne strony oraz szanse, jakie niesie ze sobą ta technologia, w ujęciu optymistycznym pozwalają na dobrą prognozę – rozwoju i upowszechniania technologii druku w budownictwie.

Ważnymi czynnikami, które z pewnością będą uwzględniane w decyzjach dotyczących dalszego rozwoju technologii druku 3D w budownictwie, są skrócenie czasu wykonania obiektu oraz zredukowanie wymaganej kadry pracowniczej do pracy fizycznej. Najważniejszą rolę będą odgrywać specjaliści wysokiej klasy do prac projektowania konstrukcji, technolodzy i producenci materiałów budowlanych stosowanych do druku, zarządzający przedsięwzięciem, w tym organizujących procesy logistyczne, monitorujących i sterujących procesami budowlanymi/produkcyjnymi. Wykorzystanie technologii drukowania przestrzennego przyczyni się do podniesienia jakości i bezpieczeństwa wykonywanych obiektów. Całkowicie odmienna koncepcja procesu wznoszenia obiektów w oparciu o wspomnianą technolo-

gię niesie ze sobą szansę ograniczenia kosztów między innymi dzięki mniejszemu zapotrzebowaniu na maszyny i sprzęt budowlany, a także wykorzystaniu materiałów pochodzących z recyklingu. Ograniczenie kosztów dzięki tej technologii, pod warunkiem jej rozpowszechnienia, pozwoli większej części społeczeństwa na posiadanie własnego mieszkania lub domu. Nie należy lekceważyć też słabych stron i zagrożeń, jako że ich lista jest tylko nieco krótsza, a występują w niej czynniki warunkujące rozwój i wdrożenie omawianej tu technologii. Są to surowce i urządzenia oraz ich dostępność.

Niniejsza praca została wykonana częściowo w ramach badań statutowych nr 11.11.100.197 AGH Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Bibliografia:

- [1] 3D Print Canal House, <http://3dprintcanalhouse.com/>. Grafika dostępna w Internecie: https://scontent.cdninstagram.com/hphotos-xaf1/151.2885-15/e15/11325897_793009877480167_351919641_n.jpg, dostęp 15.06.2015.
- [2] 7 things you should know about 3D printing, Educause Learning Initiative 2012, <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/eli7086.pdf>, dostęp 15.06.2015.
- [3] Blagdon J., British company uses 3D printing to make stone buildings out of sand, „The Verge”, 21.02.2012, <http://www.theverge.com/2012/2/21/2811146/3d-printing-d-shape-monolite-enrico-dini/>, dostęp 15.06.2015.
- [4] Contour Crafting Robotic Construction System, <http://www.contourcrafting.org/>. Grafika dostępna w Internecie: <http://www.contourcrafting.org/wp-content/uploads/2013/03/slide-type-23.jpg>, dostęp 15.06.2015.
- [5] Crawford S., How 3-D Printing Works, <http://computer.howstuffworks.com/3-d-printing1.htm>, dostęp 15.06.2015.
- [6] D-Shape, <http://www.d-shape.com/>. Grafika dostępna w Internecie: <http://press.d-shape.com/bko/foto/sand%20evaquation.JPG>, dostęp 15.06.2015.
- [7] FDM – Fused Deposition Modeling, www.przyrostowo.pl/technologie/fdm. Grafika dostępna w Internecie: <http://www.przyrostowo.pl/images/technologie/FDM.jpg>, dostęp 15.06.2015.
- [8] Frearson A., Foster + Partners to 3D print buildings on the moon, „De zeen magazine” 31.01.2013, <http://www.dezeen.com/2013/01/31/foster-partners-to-3d-print-buildings-on-the-moon/#>, dostęp 15.06.2015.
- [9] King M., Of labour, unions and 3D printing, „Arbitragemagazine.com”, May 2013.
- [10] Michael and Yve blog, A Comprehensive Introduction to 3D Printing Technology, <http://3dprintingforbeginners.com/3d-printing-technology/>, dostęp 15.06.2015.
- [11] Milius D. L., Dryer F. L., Yetter R. A., Research: Chemical Energy Conversion and Power Generation at the Microelectromechanical Systems (MEMS) Scale, <http://www.princeton.edu/~cml/html/research/mems.html>. Grafika dostępna w Internecie: <http://www.princeton.edu/~cml/assets/images/mems02.jpg>, dostęp 15.06.2015.
- [12] Mikulski P., 3DP – 3 Dimensional Printing, <http://www.przyrostowo.pl/technologie/3dp>. Grafika dostępna w Internecie: http://www.przyrostowo.pl/images/technologie/3dp_zasada_dzialania.jpg, dostęp 15.06.2015.
- [13] Mikulski P., SLS – Selective Laser Sintering, <http://www.przyrostowo.pl/technologie/sls>. Grafika dostępna w Internecie: <http://www.przyrostowo.pl/images/technologie/SLS.jpg>, dostęp 15.06.2015.
- [14] Rasmus R., Webb S., Short M., High performance. Delivered. 3D printing's disruptive potential, Accenture technology, 2014.
- [15] SLA/SL – Stereolithography Apparatus, <http://www.przyrostowo.pl/technologie/sla-sl>, dostęp 15.06.2015.
- [16] Steadman I., Dutch architect plans world's first 3D-printed building, 24.01.2013, <http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-01/24/dutch-architect-3d-printed-house>, dostęp 15.06.2015.
- [17] The Free Beginner's Guide to 3D Printing. 3D Printing Industry, <http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>, dostęp 15.06.2015.
- [18] YINGCHUANG 3D Printing Builds Your Future, <http://www.yingchuangnewmaterial.com/>. Grafika dostępna w Internecie: <http://www.yingchuangnewmaterial.com/uploads/2014/12/22/20141222122611919.png>, dostęp 15.06.2015.
- [19] Weinberg M., It will be awesome if they don't screw it up: 3D Printing, intellectual Property, and the Fight Over the Next Great Disruptive Technology, Public Knowledge, November 2010.
- [20] Weinberg M., What's the deal with copyright and 3D printing?, Institute for Emerging Innovation Public Knowledge, January 2013.

CAPABILITIES OF USE THE THREE-DIMENSIONAL PRINTING TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Abstract

The three-dimensional printing technology is evolving and it is using in a variety of sectors, such as aerospace and automotive, and other branch, for example: medicine, fashion, art. The scientists are trying to apply this technology in to the construction industry. The paper is describing the development of three-dimensional printing and contains brief description of methods like: Stereolithography (SLA/SL), Selective Laser Sintering (SLS), Fused Deposition Modeling

(FDM) and 3D Printing (3DP). This paper is describing examples from the world, where three-dimensional printing technology is used to print the buildings. Based experience in this area was used to analyze the capabilities of three-dimensional printing in wide use for building industry. This technology has a great potential for automation and robotics labor-intensive works on construction site.

Keywords: 3D printing, technology, construction industry

Streszczenie

Druk przestrzenny jest rozwijającą się technologią, wykorzystaną w wielu sektorach gospodarki, takich jak przemysł lotniczy i motoryzacyjny, oraz innych dziedzinach, np. medycyna, moda, sztuka użytkowa. Pojawiają się próby zastosowania tej technologii także w budownictwie. W artykule zawarty jest opis rozwoju druku przestrzennego i krótka charakterystyka wybranych metod, tj. stereolitografii (SLA/SL), selektywnego spiekania laserowego (SLS), osadzania topionego materiału (FDM) oraz druku 3D (3DP). Przedstawiono także przykłady drukowania obiektów budowlanych. Dotychczasowe doświadczenia w tym zakresie posłużyły do przeanalizowania możliwości druku przestrzennego w szerszym zastosowaniu do budownictwa. Technologia ta niesie za sobą duży potencjał automatyzacji i robotyzacji pracochłonnych robót budowlanych.

Słowa kluczowe: drukowanie przestrzenne, technologie, budownictwo

GŁOS BRANŻY DRUKU 3D

Nowe możliwości dla budownictwa



Mariusz Król
WOLF PROJECT STUDIO

Druk 3D może być powszechnie wykorzystywany w wielu branżach. Dla budownictwa są to zupełnie nowe możliwości i kierunki rozwoju. Możemy pozbyć się na przykład niedogodnego problemu, który często pojawia się w budownictwie, a który występuje w ramach okiennych czy w futrynach, czyli mostków termicznych. Jeżeli możemy zastosować futrynę z tworzywa sztucznego, to oprócz ograniczenia straty ciepła możemy wprowadzić ciekawy design.

Mostki termiczne to tylko ułamek tego, co możemy zrobić. Przy pomocy druku 3D jesteśmy w stanie stworzyć elewacje zewnętrzne z tworzyw sztucznych, o różnych, nietypowych kształtach. Będą one lekkie, kolorowe i stosunkowo tanie. Obraz smutnego blokowiska czy prostej bryły może się zmienić w niesamowite kształty, ograniczone tylko wyobraźnią architekta.

Przy odpowiednim zaangażowaniu dostawców surowca, jak np. producentów cementu, można już teraz wprowadzać druk 3D do budownictwa. Trzeba tylko znaleźć wspólną płaszczyznę działania i wyprodukować odpowiedni materiał o pewnych parametrach, które decydują o użyciu w druku – istotne jest przede wszystkim, żeby mieszanka odpowiednio szybko stygła i miała odpowiednią wytrzymałość. Jest to duże wyzwanie dla jednej i drugiej strony, ale takie działania już teraz są realizowane na świecie.

Innym zastosowaniem druku 3D jest tworzenie makiet i modeli. To potrzebne narzędzie dla współczesnych architektów i inwestorów. Każdą ich pomysł może być nie tylko zwizualizowany w programie CAD, lecz także zmaturalizowany, co przekłada się na nowe możliwości – choćby wykonywanie badań w tunelach areodynamicznych.