Przemysłowe drukarki 3D

W branży przemysłowej zastosowanie znajdują specjalne drukarki 3D, które od rozwiązań domowych różnią się przede wszystkim wydajnością i możliwością drukowania obiektów o dużych wymiarach.

Damian Żabicki

Jeżeli firma używa drukarek na potrzeby produkcji to oczekuje się urządzeń z dokładnością, która jest liczona w mikrometrach. Przeciwieństwem drukarek przemysłowych są urządzenia niskobudżetowe przy czym trzeba mieć na uwadze szereg kompromisów jakościowych.

Drukarki 3D bardzo często są używane przy wykonywaniu form prototypów oraz samych prototypów. W efekcie coraz większej dokładności osiąganej przez urządzenia zastosowanie drukarek również systematycznie było poszerzane.

Technologie drukowania

Stereolitografia (SLA) to pierwsza metoda drukowania 3D. Przedmioty powstają tutaj przy użyciu światłoutwardzalnej żywicy. Promień lasera z odpowiednim i precyzyjnym sterowaniem jest aplikowany miejscowo, po czym dochodzi do utwardzania światłoczułego materiału za pomocą lasera. Przedmiot drukowany zanurza się w żywicy po czym stopniowo wynurza zależnie od wysokości i głębokości pojemnika z żywicą. Laser utwardza kolejne warstwy materiału.

W ramach stereolitografii wyróżnia się kilka szczegółowych technologii. Np. jedna z metod zakłada miejscowe naświetlanie żywicy skupioną wiązką światła. Oprócz tego drukowanie może wykorzystywać jednorazowe naświetlanie całej warstwy projektorem (DLP). Z kolei w metodzie PolyJet/MJM światłoczuła żywica jest nakładana miejscowo po kropelce.

Stereolitografia jako technologia drukowania 3D ma swoje wady i zalety. Jako wady należy wymienić konieczność kontrolowania warunków otoczenia ze względu na potrzebę utrzymywania stałej temperatury w zasłoniętej komorze roboczej. Materiały termoutwardzalne są drogie i nie są wytrzymałe. W kontekście zalet tej metody drukowania ważna jest gładkość powierzchni modeli przy odwzorowaniu nawet najdrobniejszych szczegółów. Powstają przy tym kształty, które są niewykonalne dla innych metod drukowania.

Selektywne spiekanie i topienie laserem (SLS) wykorzystuje równomierne rozsypywanie warstwy proszku, która jest bardzo cienka. Używa się przy tym specjalnej komory roboczej. Promienie lasera powodują spiekanie lub stapianie drobin proszku a następnie rysowanie obrazu pierwszej warstwy. W następnym etapie dochodzi do sypania następnej warstwy proszku i spiekania drugiej warstwy. W efekcie powstają przedmioty o wysokim poziomie wytrzymałości, zbliżonej do odlewów. Odmianą tej metody jest technologia SLM, w której następuje spiekanie sproszkowanych metali.

Tzw. napawanie metalem bazuje na tym, że proszek dostarcza się miejscowo za pomocą wdmuchiwania strumieniem powietrza tylko w wybranym obszarze. Tym sposobem jest możliwe dodrukowanie elementu do istniejącego przedmiotu.

Warto zwrócić uwagę na metodę CJP (Color Jet Printing), gdzie materiałem może być proszek gipsowy. Nad nim jest wypuszczany klejący tusz z głowicy. Można powiedzieć, że taka metoda wytwarzania obiektów jest podobna do zasady działania biurowej drukarki atramentowej. Powstały przedmiot nie wymaga dalszej obróbki. Obiekty drukowane tą technologią mają niewielką trwałość zatem zazwyczaj wykorzystuje się je do wykonywania makiet. Drukarka musi mieć również większą przestrzeń roboczą z racji konieczności usuwania nadmiaru proszku.

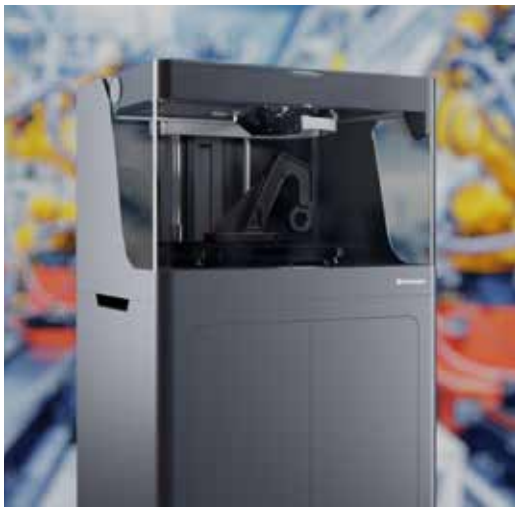
Drukarka 3D Objet1000 Plus firmy Stratasys. Źródło: Stratasys

Niejednokrotnie wykorzystuje się metodę drukowania z laminacją. Wycinane są kolejne warstwy wydruku z papieru, po czym skleja się papierowe kształty. Laminacja umożliwia drukowanie dużych przedmiotów, co pozwala na tworzenie makiet o znacznych wymiarach. Ważne są przy tym niskie koszty eksploatacji. Jednak powstałe w ten sposób przedmioty nie są trwałe.

Warto zwrócić uwagę na technologię drukowania LCM (Lithography-based Ceramic Manufacturing) opatentowaną przez firmę Lithoz. Dzięki niej można wykonywać praktycznie dowolnie skomplikowane modele techniczne i medyczne przy użyciu materiałów ceramicznych. Trzeba również mieć na uwadze metodę PolyJet, która w wersji Triple-Jet to zaawansowana technologia multikolorowa i multimateriałowa. Jest ona stosowana m. in. w przestrzennych drukarkach fotopolimerowych. Maszyny pracujące w tej technologii to np. Objet 500 Connex 1-3 oraz Stratasys J750. Zastosowanie znajdują przy tym tzw. materiały cyfrowe (Digital Materials), czyli materiały kompozytowe powstające w efekcie nastrzeliwania dwóch lub trzech komponentów w określony matematycznie sposób, poprzez pojedynczą warstwę utrwalanego materiału.

Wybór drukarki przemysłowej

Wybierając drukarkę 3D bierze się pod uwagę kilka czynników. W pierwszej kolejności istotny jest rodzaj materiału, z którego będą wykonywane wydruki. Trzeba mieć na uwadze odpowiednie wymiary stołu roboczego, średnice filamentu, materiał wykonania platformy roboczej, a także średnicę dyszy. Ważne są funkcje autokalibracji i autozapisu. W zakresie wyposażenia opcjonalnego można uwzględnić dodatkowe osłony, a także możliwość drukowania elementów konstrukcyjnych, zmiany prędkości pracy urządzenia oraz regulacji temperatury dyszy drukującej. Przydatne rozwiązanie stanowi oświetlenie obszaru roboczego, system chłodzenia wydruku, mechanizm szybkiej wymiany głowicy oraz podgrzewana komora



Drukarka Mark X5 firmy Markforged. Źródło: 3D Services

Drukarka Exerial firmy ExOne. Źródło: Colmex

i platforma robocza. Trzeba wybrać moc urządzenia, a także wymiary i rodzaj obudowy.

Przykłady drukarek

Drukarka ATMAT Signal XXXL firmy ATMAT ma duży obszar roboczy, który umożliwia drukowanie przedmiotów o maks. wymiarach 310x320x510 mm. Należy podkreślić zastosowanie dysz o średnicy 0,4 lub 0,8 mm przy średnicy filamentu 1,75 mm.

Drukarka przemysłowa 3D Fortus 900 mc firmy Stratasys wykorzystuje technologię FDM. W urządzeniu przewidziano komorę o wymiarach 914x610x914 mm. Materiał podporowy może być rozpuszczalny, dzięki czemu wykonuje się przedmioty o skomplikowanej geometrii. Ważna jest szybka produkcja prototypów, a także średnich i małych serii produkcyjnych. Grubość warstwy można regulować – 0,178 mm, 0,254 mm, 0,330 mm.

Z kolei drukarkę MakerBot Replicator Z18 firmy Stratasys można wyposażyć w zamkniętą komorę roboczą z funkcją podgrzewania atmosfery. Takie rozwiązanie najczęściej wykorzystuje się podczas drukowania obiektów, w stosunku do których wymagany jest idealny wygląd i najwyższy poziom dokładności. Podgrzewanie atmosfery zapewnia zminimalizowanie skurczu materiału zapewniając jego spójność. Wbudowany pojemnik z metalowymi szczotkami do automatycznego czyszczenia końcówki drukującej ekstrudera zapewnia utrzymanie czystego wnętrza drukarki zapobiegając pozostawaniu materiału na stole roboczym.

Więcej informacji o drukarkach przemysłowych znajduje się w załączonej tabeli.

Oprogramowanie

Oferowane na rynku drukarki do wymiany danych z urządzeniami zewnętrznymi wyposaża się w standardy Ethernet, USB i Wi-Fi. Ważne jest odpowiednie

Wybrane przemysłowe drukarki 3D dostępne w Polsce

Model	M200	M300	INVENTURE	B24 MULTI	B40
Producent	ZORTRAX	ZORTRAX	ZORTRAX	BLIXET	BLIXET
Informacje z firmy	2b3d	2b3d	2b3d	2b3d	2b3d
Strona www producenta lub dystrybutora	www.zortrax.pl	www.zortrax.pl	www.zortrax.pl	www.blixet.pl	www.blixet.pl
Rodzaj materiału	Z-ABS, Z- HIPS, Z- ASA pro, Z- PLA pro, Z- GLASS, Z-PETG, Z-ULTRAT, Z--PCABS, Z-ESD możliwy druk z materiałów innych producentów	Z-HIPS, Z-GLASS, Z-PETG, Z- ESD, możliwość drukowania z materiałów innych producentów	Z-PLA, Z-PETG, Z-ULTRAT PLUS, Z-SUPPORT, Z-SEMIFLEX	wszystkie dostępne materiały wraz z materiałami wysoce specjalistycznymi (np. z domieszkami metali, karbonu)	wszystkie dostępne materiały wraz z materiałami wysoce specjalistycznymi (np. z domieszkami metali, karbonu)
Technologia	FFF	FFF	LPD plus	FFF	FFF
Rodzaj komory roboczej	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta	zamknięta
Wymiary pola roboczego [mm]	200x200x185	300x300x300	135x135x130	240x240x300	300x300x400
Materiał stołu roboczego	płyta perforowana	płyta perforowana	specjalistyczna płyta szklana	specjalistyczna płyta szklana	specjalistyczna płyta szklana
Średnica filamentu [mm]	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Średnica dyszy [mm]	0,4	0,4	0,4	0,5 (możliwe 0,25–1,2)	0,5 (możliwe 0,25–1,2)
Grubość warstwy [mm]	od 0,09	od 0,14	od 0,09	od 0,05	od 0,1
Nominalna prędkość druku [mm/s]	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Prędkość druku w trybie HQ [mm/s]	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Dokładność druku [mm]	b.d.	b.d.	b.d.	0,1–0,4	0,1–0,4
Maksymalna temperatura stołu [°C]	110	110	b.d.	110	110
Maksymalna temperatura głowicy [°C]	380	380	380	400	400
Wymiary drukarki [mm]	345x360x430	490x490x590	350x350x400	552x425x442	900x520x590
Masa [kg]	13	30	b.d.	40	90
Uwagi			zaawansowana technologia druku, druk wraz z rozpuszczalnymi w wodzie podporami	możliwość wykonania w wersji dwugłowicowej	możliwość wykonania w wersji dwugłowicowej

Model	Metal X	7h7 REPrinter	HotRod Henry Supercharged Mark II	M100	M280
Producent	Markforged	7h7	Aye Aye Labs	EOS	EOS
Informacje z firmy	3D Services Elżbieta Jabłońska	7h7	Aye Aye Labs	BIBUS MENOS	BIBUS MENOS
Strona www producenta lub dystrybutora	www.3d-services.eu	www.7h7.pl	www.ayeayelabs.com	drukarki3d.pl	drukarki3d.pl
Rodzaj materiału	stal nierdzewna 17-4 i 303, stal narzędziowa (A-2, D-2, K-2), aluminium 6061 i 7075, tytan Ti 6AL-4V	wszystkie dostępne na rynku	ABS, M-ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG, PA (Nylon), High Speed PLA, High Speed Wood Composite, kompozyty włókna węglowego, PLA, kompozyty włókna szklanego, kompozyty metalu PLA/PHA, POM, PEI (ULTEM), PEEK	proch metalowy	proch metalowy
Technologia	ADAM	FFF	FFF	DMLS	DMLS
Rodzaj komory roboczej	zamknięta	zamknięta	zamknięta	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego
Wymiary pola roboczego [mm]	250x220x200	800x600x1200	350x350x600	100x100	250x250x325
Materiał stołu roboczego	aluminium z pokryciem kompozytowym	szkło	szkło, tekstolit, niestandardowe	n.d.	n.d.
Średnica filamentu [mm]	1,75	2,85	1,75	n.d.	n.d.
Średnica dyszy [mm]	0,1	0,4; 0,6; 0,8; 1,0	0,35; 0,5 (opcja 0,8 oraz 1)	n.d.	n.d.
Grubość warstwy [mm]	0,15	0,05	0,05	0,02–0,2	0,02–0,2
Nominalna prędkość druku [mm/s]	b.d.	150	250–300	n.d.	n.d.
Prędkość druku w trybie HQ [mm/s]	b.d.	80	120	n.d.	n.d.
Dokładność druku [mm]	0,05	0,1	0,05	n.d.	n.d.
Maksymalna temperatura stołu [°C]	b.d.	120	150	n.d.	n.d.
Maksymalna temperatura głowicy [°C]	b.d.	500	400	n.d.	n.d.
Wymiary drukarki [mm]	575x467x1432	1100x820x1600	610x640x700	800x900x2250	2200x1070x2290
Masa [kg]	60	120	65	580	1250
Uwagi	Laser assisted calibration, Laser In-Process Inspection	WiFi, panel dotykowy, kamera HD, głowica robocza chłodzona cieczą			

	B50	B100	B120	One	Mark Two	Seria Mark X (X3, X5, X7)
	BLIXET	**BLIXET**	**BLIXET**	**GRAFTEN**	**Markforged**	**Markforged**
	2b3d	**2b3d**	**2b3d**	**2b3d**	**3D Services Elżbieta Jabłońska**	**3D Services Elżbieta Jabłońska**
	www.blixet.pl	**www.blixet.pl**	**www.blixet.pl**	**www.graften.com**	**www.3d-services.eu**	**www.3d-services.eu**
	wszystkie dostępne materiały wraz z materiałami wysoce specjalistycznymi (np. z domieszkami metali, karbonu)	wszystkie dostępne materiały wraz z materiałami wysoce specjalistycznymi (np. z domieszkami metali, karbonu)	wszystkie dostępne materiały wraz z materiałami wysoce specjalistycznymi (np. z domieszkami metali, karbonu)	PLA, ABS, PLA z grafenem, PLA z domieszką Carbonu, PET, ABS+, PC, TPU, PVA, HIPS, Laybrick, Laywood, Nylon, inne polimery i kompozyty	Nylon, Onyx, włókno węglowe, włókno szklane, włókno kevlarowe, włókno wysokotemperaturowe szklane	Nylon, Onyx, włókno węglowe, włókno szklane, włókno kevlarowe, włókno wysokotemperaturowe szklane
	FFF	FFF	FFF	FFF	FFF, CFF	FFF, CFF
	zamknięta	zamknięta	zamknięta	otwarta	zamknięta	zamknięta
	400x400x520	400x400x1000	700x700x1200	205x180x200	320x132x154	330x270x200
	specjalistyczna płyta szklana	specjalistyczna płyta szklana	specjalistyczna płyta szklana	płyta szklana	aluminium z pokryciem kompozytowym	aluminium z pokryciem kompozytowym
	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
	0,5 (możliwe 0,25–1,2)	0,5 (możliwe 0,25–1,2)	0,5 (możliwe 0,25–1,2)	0,4	0,1 i 1	0,1 i 1
	od 0,1	od 0,1	od 0,1	od 0,06	0,15	0,15
	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	0,06–0,4	0,1	0,05
	110	110	110	110	275	275
	400	400	400	380	275	275
	1030x620x690	b.d.	1800x1300x1100	370x400x430	575x467x424	575x467x424
	120	b.d.	300	16	20	40
	możliwość wykonania w wersji dwugłowicowej	możliwość wykonania w wersji dwugłowicowej	możliwość wykonania w wersji dwugłowicowej	możliwość wykonania w wersji dwugłowicowej		Laser assisted calibration, Laser In-Process Inspection, użycie materiału uzależnione od modelu

	M290	M400	Formiga P110	P396	P770	P800
	EOS	**EOS**	**EOS**	**EOS**	**EOS**	**EOS**
	BIBUS MENOS	**BIBUS MENOS**	**BIBUS MENOS**	**BIBUS MENOS**	**BIBUS MENOS**	**BIBUS MENOS**
	drukarki3d.pl	**drukarki3d.pl**	**drukarki3d.pl**	**drukarki3d.pl**	**drukarki3d.pl**	**drukarki3d.pl**
	proch metalowy	proch metalowy	proch	proch	proch	proch
	DMLS	DMLS	SLS	SLS	SLS	SLS
	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego	zamknięta, grzana, z obiegiem gazu osłonowego
	250x250x325	400x400x400	200x250x320	340x340x600	700x380x580	700x380x560
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	0,02–0,2	0,02–0,2	0,06–0,12	0,06–0,18	0,06–0,18	0,06–0,18
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	2500x1300x2190	4181x1613x2355	1320x1067x2204	1840x1175x2100	2250x1550x2100	2250x1550x2100
	1250	4635	600	1060	2300	2300

Wybrane przemysłowe drukarki 3D dostępne w Polsce (c.d.)

Model	S-Print	Innovent	M-Flex	M-Print	S-Max +
Producent	ExOne	ExOne	ExOne	ExOne	ExOne
Informacje z firmy	Colmex	Colmex	Colmex	Colmex	Colmex
Strona www producenta lub dystrybutora	www.exone.com, www.colmex.pl	www.exone.com, www.colmex.pl	www.exone.com, www.colmex.pl	www.exone.com, www.colmex.pl	www.exone.com, www.colmex.pl
Rodzaj materiału	piasek kwarcowy, syntetyczny; spoiwa: furan, szkło wodne	stal nierdzewna 316, stal nierdzewna 420, wolfram, IN 625	stal nierdzewna 316, stal nierdzewna 420, wolfram, IN 625	stal nierdzewna 420, 316	piasek kwarcowy, syntetyczny, spoiwa: fenol, szkło wodne
Technologia	Binder Jetting	Binder Jetting	Binder Jetting	Binder Jetting	Binder Jetting
Rodzaj komory roboczej	zamknięta	zamknięta	zamknięta	zamknięta	zamknięta
Wymiary pola roboczego [mm]	2 x(2200x1200x700)	160x65x65	400x250x250	800x500x400	1800x1000x700
Materiał stołu roboczego	stal	stal	stal	stal	stal
Średnica filamentu [mm]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Średnica dyszy [mm]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Grubość warstwy [mm]	0,28-0,5	0,05	0,05	0,15	0,28-0,5
Nominalna prędkość druku [mm/s]	25 s/warstwa	30–60 s/warstwa	30–60 s/warstwa	ok. 60 s/warstwa	40 s/warstwa
Prędkość druku w trybie HQ [mm/s]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dokładność druku [mm]	0,1	0,065/0,06/0,1	0,065/0,06/0,1	0,063/0,15	0,1
Maksymalna temperatura stołu [°C]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Maksymalna temperatura głowicy [°C]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Wymiary drukarki [mm]	8280x4030x4950	1203x887x1434	1675x1400x1855	3270x2540x2860	3860x2890x3470
Masa [kg]	11200	320	1020	3500	6500
Uwagi	drukarka 3D do piasku oparta na technologii Binder Jetting (dla przemysłu odlewniczego)	otwarty system pozwala na b. szybką zmianę proszków metalicznych	otwarty system pozwala na b. szybką zmianę proszków metalicznych	otwarty system pozwala na b. szybką zmianę proszków metalicznych	drukarka 3D do piasku oparta na technologii Binder Jetting (dla przemysłu odlewniczego)

Model	DWS XFAB	DWS 020X	DWS 029X	DWS 030X	ODO nu
Producent	DWS SYSTEMS	DWS SYSTEMS	DWS SYSTEMS	DWS SYSTEMS	Infinum3D
Informacje z firmy	HEXAGON GROUP	HEXAGON GROUP	HEXAGON GROUP	HEXAGON GROUP	Infinum3D
Strona www producenta lub dystrybutora	www.hexagongroup.pl	www.hexagongroup.pl	www.hexagongroup.pl	www.hexagongroup.pl	www.infinum3d.pl
Rodzaj materiału	ABS, PP, transparent, guma, materiał wysokotemperaturowy, odlewniczy, biokompatybilny	ABS, PP, transparent, guma, materiał wysokotemperaturowy, odlewniczy	ABS, PP, transparent, guma, materiał wysokotemperaturowy, odlewniczy	ABS, PP, transparent, guma, materiał wysokotemperaturowy, odlewniczy	ABS, M-ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG
Technologia	SLA	SLA	SLA	SLA	FDM
Rodzaj komory roboczej	zamknięta	zamknięta	zamknięta	zamknięta	zamknięta z wymuszoną wentylacją
Wymiary pola roboczego [mm]	180x180	130x130x90	150x150x200	300x300x300	w zależności od potrzeb klienta
Materiał stołu roboczego	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium	szkło borokrzemowe
Średnica filamentu [mm]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,5
Średnica dyszy [mm]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,2–1,2
Grubość warstwy [mm]	0,01–0,1	0,01–0,1	0,01–0,1	0,01–0,1	0,1
Nominalna prędkość druku [mm/s]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	150
Prędkość druku w trybie HQ [mm/s]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	80
Dokładność druku [mm]	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,1
Maksymalna temperatura stołu [°C]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	120
Maksymalna temperatura głowicy [°C]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	260
Wymiary drukarki [mm]	400x606x642	380 x 515 x 810	610x660x1400	704 x 1446 x 2048	w zależności od pola roboczego
Masa [kg]	58	58	150	500	100
Uwagi	żywice światłoutwardzalne stosowane wymiennie, zmiana materiału nie generuje strat materiałowych i jest błyskawiczna	żywice światłoutwardzalne stosowane wymiennie, zmiana materiału nie generuje strat materiałowych i jest błyskawiczna	żywice światłoutwardzalne stosowane wymiennie, zmiana materiału nie generuje strat materiałowych i jest błyskawiczna	żywice światłoutwardzalne stosowane wymiennie, zmiana materiału nie generuje strat materiałowych i jest błyskawiczna	możliwość dostosowania parametrów i funkcjonalnosci drukarki dla potrzeby zamawiającego

S-Max	**S-Print**	**Ultimaker 3**	**Ultimaker 3 Extended**	**Ultimaker 2+**	**Ultimaker 2+ Extended**
ExOne	**ExOne**	**Ultimaker**	**Ultimaker**	**Ultimaker**	**Ultimaker**
Colmex	**Colmex**	**Get3D**	**Get3D**	**Get3D**	**Get3D**
www.exone.com, www.colmex.pl	**www.exone.com, www.colmex.pl**	**www.get3d.pl**	**www.get3d.pl**	**www.get3d.pl**	**www.get3d.pl**
piasek kwarcowy, syntetyczny; spoiwa: furan	piasek kwarcowy, syntetyczny; spoiwa: furan, feno, CHP, szkło wodne	ABS, PLA, PP, PC, CPE, CPE+, NYLON, TPU 95A, PVA	ABS, PLA, PP, PC, CPE, CPE+, NYLON, TPU 95A, PVA	ABS, PLA, PP, PC, CPE, CPE+, NYLON	ABS, PLA, PP, PC, CPE, CPE+, NYLON
Binder Jetting	Binder Jetting	FDM	FDM	FDM	FDM
zamknięta	zamknięta	otwarta	otwarta	otwarta	otwarta
1800x1000x700	800x500x400	lewy: 215x215x200, prawy: 215x215x200, oba moduły razem: 197x215x200	lewy: 215x215x300, prawy: 215x215x300, oba moduły razem: 197x215x300	223x223x205	223x223x305
stal	stal	szkło	szkło	szkło	szkło
n.d.	n.d.	2,85	2,85	2,85	2,85
n.d.	n.d.	0,4 i 0,8	0,4 i 0,8	0,25; 0,4; 0,6; 0,8	0,25; 0,4; 0,6; 0,8
0,28-0,5	0,28-0,5	0,02–0,06	0,02–0,06	0,02–0,6	0,02–0,6
30–35 s/warstwa	25–30 s/warstwa	30–300 mm/s		30–300 mm/s	
n.d.	n.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
0,1	0,1	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125
n.d.	n.d.	100		100	
n.d.	n.d.	280		260	
10040x3520x2860	3270x2540x2860	342x380x389	342x380x489	493x342x588	493x342x688
6500	3500	10,6	11,3	11,4	12,3
drukarka 3D do piasku oparta na technologii Binder Jetting (dla przemysłu odlewniczego)	drukarka 3D do piasku oparta na technologii Binder Jetting (dla przemysłu odlewniczego)				

ODO KRONOS	**GamgolBot**	**Urbicum MX**	**Urbicum GX**	**3DGence Industry**	**Factory 2.0 Production System**
Infinum3D	**INK3.DE**	**Urbicum**	**Urbicum**	**3DGence**	**OMNI3D**
Infinum3D	**INK3.DE**	**Mikroprint**	**Mikroprint**	**Mikroprint**	**OMNI3D**
www.infinum3d.pl	**www.ink3.de**	**www.mikroprint.pl**	**www.mikroprint.pl**	**www.mikroprint.pl**	**www.omni3d.com**
ABS, M-ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG	ABS, M-ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG	ABS, M-ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG, Nylon, PA, itp.	ABS, M-ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG, Nylon, PA, itp.	ABS, PET, HIPS, rozpuszczalne w wodzie	ABS-42, ASA-39, PC--ABS-47, PET-G-32, PET-G-32 ESD, HIPS-20, PA-6/66 HD
FDM	FFF	FFF	FFF	FFF	FFF
zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta, podgrzewana z wymuszoną wentylacją	zamknięta, podgrzewana z wymuszoną wentylacją	zamknięta i grzana
900x700x700	500x500x500, 1000x1000x1000 i większe	390x400x450	1020x610x500	260x340x340	500x500x500
szkło borokrzemowe	szkło borokrzemowe, pokrywane folią kaptonową	szkło/aluminium/poliwęglan	szkło/aluminium/poliwęglan	ceramika	szkło
1,5	1,75 i 3	1,75	1,75	1,75	1,75
0,2–1,2	0,4–2	0,3–0,8	0,3–0,8	2x0,4	0,4
0,1	0,06–1	0,1	0,1	0,15/0,25	0,14–0,3
150	250 - 300	do 200	do 200	brak danych	100
80	150	120	120	brak danych	60
0,1	0,1	0,1/0,3	0,1/0,3	0,15/0,4	0,2
120	120	140	120	140	130
260	260	400	400	275	360
2000x1700x1900	560x570x700 i więcej	600x 610 x 790	1500 x 950 x 950	945 x 748 x 950	1070 x 770 x 1200
300	200	50	200	140	180
		budowa drukarki przystosowana jest do ciągłej pracy oraz do drukowania z dużą prędkością	budowa drukarki przystosowana jest do ciągłej pracy oraz do drukowania z dużą prędkością	drukarka ma dwie głowice drukujące, budowa drukarki przystosowana do wykonywania bardzo skomplikowanych modeli w wysokiej jakości	drukarka ma 2 ekstrudery z automatyczną regulacją wysokości, automatyczną kalibrację platformy, zdefiniowane ustawienia druku i kontrolę przepływu filamentu

Wybrane przemysłowe drukarki 3D dostępne w Polsce (c.d.)

Model	Fabrilo G16	Fabrilo K2	Printo H3	Printo H3 Tower	Zig-Zag 3D Industrial DXC
Producent	PARAMID 3D	PARAMID 3D	Printo3d.pl	Printo3d.pl	Pyramid 3D Studio
Informacje z firmy	PARAMID 3D	PARAMID 3D	Printo3d.pl	Printo3d.pl	Pyramid 3D Studio
Strona www producenta lub dystrybutora	www.paramid3d.com	www.paramid3d.com	www.printo3d.pl	www.printo3d.pl	www.pyramid3dstudio.pl
Rodzaj materiału	PP, PA, ABS, PC, POM, TPU, PET, HIPS, PVA, PLA, itp.	PP, PA, ABS, PC, POM, TPU, PET, HIPS, PVA, PLA, itp.	PLA, ABS, PMMA, PETG, HIPS-X, FIBERFLEX (TPU), WOOD, GLASS, ASA	PLA, ABS, PMMA, PETG, HIPS-X, FIBERFLEX (TPU), WOOD, GLASS, ASA	ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG, PVA, PEEK
Technologia	FFF	FFF	FFF/FDM	FFF/FDM	FFF
Rodzaj komory roboczej	zamknięta	zamknięta	otwarta z możliwością łatwego zamknięcia (doczepiane panele)	otwarta z możliwością łatwego zamknięcia (doczepiane panele)	zamknięta z wymuszoną wentylacją
Wymiary pola roboczego [mm]	300x200x250	400x300x280	205x205x205	205x205x405	700x400x700
Materiał stołu roboczego	szkło hartowane	płyta aluminiowa frezowana, anodowana	szkło borokrzemowe, zalecane dodatki adhezyjne	szkło borokrzemowe, zalecane dodatki adhezyjne	szkło borokrzemowe, pokrywane folią kaptonową
Średnica filamentu [mm]	1,73 (opcja 3,0)	1,73 (opcja 3,0)	1,75	1,75	1,75/3
Średnica dyszy [mm]	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8 (opcja 0,8; 1,0; 1,2)	0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8 (opcja 0,8; 1,0; 1,2)	0,4 (opcja 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 0,6; 0,8; 1)	0,4	0,1–1,5
Grubość warstwy [mm]	od 0,025	od 0,025	0,04–0,36	0,04–0,36	0,01–1
Nominalna prędkość druku [mm/s]	40–150	40–150	100	100	100–200
Prędkość druku w trybie HQ [mm/s]	25	25	60	60	60
Dokładność druku [mm]	0,02–0,1	0,02–0,1	0,1	0,1	0,05
Maks. temp. stołu [°C]	130	130	100	100	140
Maks. temp. głowicy [°C]	400	400	290	285	240/300/425
Wymiary drukarki [mm]	750 x 570 x 540	785 x 690 x 690	415x425x440	415x425x640	1060x970x1050
Masa [kg]	15	30	15	15	90
Uwagi	dostępne dwie wersje: z głowicą drukującą z jednego filamentu lub z dwóch filamentów jednocześnie	dostępne dwie wersje: z głowicą drukującą z jednego filamentu lub z dwóch filamentów jednocześnie	czujnik filamentu, półautomatyczne poziomowanie, automatyczna kompensacja krzywizny platformy, możliwość komunikacji przez WiFi (Printo H3+)	czujnik filamentu, półautomatyczne poziomowanie, automatyczna kompensacja krzywizny platformy, możliwość komunikacji przez WiFi (Printo H3 Tower+)	dwie głowice pozwalające na łączenie różnych materiałów w jednym wydruku lub jednoczesne drukowanie dwóch takich samych obiektów, WIFI, 11" ekran LCD, dedykowane oprogramowanie P3DS SUITE

oprogramowanie, zapewniające swobodny podgląd modelu w środowisku 3D. Oprócz tego można łatwo rozmieszczać, przesuwać, skalować i obracać modele w obszarze roboczym drukarki.

Oprogramowanie oblicza estymację zużycia materiału i czas wydruku, pozwalając wykonać precyzyjną wycenę produkcji. W razie konieczności automatycznie można dodawać materiały podporowe i drukować z dodatkowym podłożem pod drukowanym modelem. Doświadczeni użytkownicy mogą skorzystać z parametryzowania zaawansowanych ustawień – regulacja temperatury, posuwów, sposobu nakładania warstw itp.

EOS M280. Źródło: BIBUS MENOS

Np. program MiniMagicsPRO Materialise oferowany przez firmę Bibus Menos jest narzędziem do komunikowania i wymiany plików STL. W efekcie zyskuje się zdalny dostęp do tych samych plików dla wykonawcy jak i klienta. Można umieszczać adnotacje i komentarze dotyczące pliku, a także wykonać zdalną wycenę modelu po uprzednim poprawnym ustawieniu go w komorze roboczej. Oprócz tego jest możliwe przeprowadzenie kontroli jakości.

Drukarki przemysłowe w porównaniu z domowymi są profesjonalne. Kluczową rolę odgrywają przy tym znacznie szersze możliwości funkcjonalne oraz drukowanie obiektów o większych wymiarach. Można również powiedzieć, że drukarki domowe to urządzenia amatorskie.

Drukarki domowe

W pewnych obszarach zastosowań przemysłowych wystarczą drukarki o nieco niższych parametrach. Są to przypadki, kiedy potrzeba jest wydrukować niewielką liczbę elementów stosunkowo prostych, które nie muszą cechować się wymiarami o dużych dokładnościach ani parametrami wytrzymałościowymi. Wystarczy, aby wydrukowany element spełniał podstawowe warunki estetyczne i pasował do innych podzespołów.

W produkcji przemysłowej zwykle mamy do czynienia z produkcją wielkoseryjną, ale czasami serie są zbyt krótkie, aby opłaciło się robić formy do wtryskarek. Takie sytuacje mogą występować w szeroko rozumianym przemyśle środków transportu, np. przy budowie zespołów trakcyjnych, krótkich seriach trolejbusów lub autobusów lub w przypadku produkcji na specjalne zamówienie. Dlatego zdecydowaliśmy się wspomnieć także kilka słów o drukarkach "domowych", które można w takich sytuacjach wykorzystać, oszczędzając czasem duże pieniądze na zakupie urządzenia. Bardzo często kupuje się kilkanaście a nawet kilkadziesiąt urządzeń, które pracują później równolegle w tzw. farmie drukarek.

Decydując się na niewielką drukarkę 3D można wykorzystać gotowe urządzenie, które po wykonaniu nieskomplikowanych czynności montażowych może być od razu eksploatowane. Oprócz tego oferowane są kompletne, złożone urządzenia przeznaczone do natychmiastowej pracy, możliwy jest także zakup podzespołów drukarki (open hardware), z których składa się całość. To ostatnie rozwiązanie jest najtańsze, jednak

Zig-Zag 3D Professional DXC	**Sinterit Lisa**	**ATMAT Galaxy**	**ATMAT Jupiter**	**ATMAT MERKURY**	**ATMAT Saturn**	**ATMAT SIGNAL XXXL**
Pyramid 3D Studio	**Sinterit**	**ATMAT**	**ATMAT**	**ATMAT**	**ATMAT**	**ATMAT**
Pyramid 3D Studio	**Sinterit**	**ATMAT**	**ATMAT**	**ATMAT**	**ATMAT**	**ATMAT**
www.pyramid3dstudio.pl	**http://sinterit.com**	**www.atmat.pl**	**www.atmat.pl**	**www.atmat.pl**	**www.atmat.pl**	**www.atmat.pl**
ABS, PLA, HIPS, TPU, H-WOOD, H-GLASS, PETG, PVA, PEEK	PA12, Flexa Black (TPU)	PLA, PET-G, ABS, HIPS, TPU, Ninjaflex, Fiberwood, PC, Nylon	PLA, PET-G, HIPS, TPU, Ninjaflex, Fiberwood	PLA, PET-G, ABS, HIPS, TPU, Ninjaflex, Fiberwood, PC, Nylon	PLA, PET-G, HIPS, TPU, Ninjaflex, Fiberwood,	PLA, PET-G, ABS, HIPS, TPU, Ninjaflex, Fiberwood, PC, Nylon
FFF	SLS	FFF	FFF	FFF	FFF	FFF
zamknięta z wymuszoną wentylacją	n.d.	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją	zamknięta z wymuszoną wentylacją
350x320x400	150x200x150	500x500x600	2100x1100x1000	200x200x250	1100x600x1000	300x300x510
szkło borokrzemowe, pokrywane folią kaptonową	n.d.	szkło hartowane lub płytka granitowa	płyta granitowa	szkło hartowane lub płytka granitowa	płyta granitowa	szkło hartowane lub płytka granitowa
1,75/3	n.d.	1,75	2,75	1,75	1,75 lub 2,75	1,75
0,1–1,5	n.d.	0,4 lub,0,2; 0,3; 0,8; 1,2	0,5; 1; 1,5; 3	0,4 lub,0,2; 0,3; 0,8	0,5; 1; 1,5; 3	0,4 lub,0,2; 0,3; 0,8
0,01–1	0,075–0,175	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
100–200	2–10 cm^3/h	200	220	150	250	150
60	n.d.	75	60	75	60	75
0,05	0,1	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
140	n.d.	120	120	120	120	120
240/300/425	n.d.	400	400	280	400	280
760x770x750	620x400x660	900x800x800	3800x1500x2000	350x350x400	1600x1200x1600	600x600x750
30	41	60	900	8	400	45
dwie głowice pozwalające na łączenie różnych materiałów w jednym wydruku lub jednoczesne drukowanie dwóch takich samych obiektów, WIFI, 10" ekran LCD, dedykowane oprogramowanie P3DS SUITE	maksymalna temperatura 190°C; laser diodowy o mocy 5 W	dwie głowice drukujące, autokalibracja stołu, ekran dotykowy 7 cali, kontrola rozwijania filamentu, kontrola zatrzymania filamentu, montaz 5 kg szpul filamentu	sterowanie PLC firmy Beckhoff, głowica mąca dwa ekstrudery, możliwe rozszerzenie do sześciu ekstruderów	podwójna głowica drukująca, możliwośc zmian dyszy, ekstruder typu direct, autokalibracja stołu	sterowanie PLC firmy Beckhoff	możliwy montaż podwójnej głowicy, autokalibracji stołu, grzanej komory; dostępna w trzech różnych rozmiarach : XL (310x320x260), XXL (310x320x380), XXXL (310x320x510)

OMNI3D Factory 2.0. Źródło: OMNI3D

czym wymaga czasu i odpowiedniego przygotowania. Odrębne zagadnienie stanowi kalibracja urządzenia i nauka procesu drukowania.

Eksploatując drukarkę trzeba się liczyć z koniecznością samodzielnego projektowania, co wymaga przynajmniej podstawowej znajomości obsługi odpowiednich programów komputerowych. Idzie więc za tym konieczność poświęcenia czasu i cierpliwości. Co prawda w Internecie można znaleźć wiele darmowych plików STL, to jednak za projekty bardziej ambitnych modeli będzie trzeba zapłacić.

Wbrew wielu opiniom niewielkie, domowe drukarki są bezpieczne dla użytkowników, dlatego nie mają osłon podobnych do tych, kóre cechują urządzenia typowo przemysłowe. Podczas wydruku z materiałem takim jak PLA czy ABS temperatura topienia wynosi ok. 200°C. Jeżeli pomieszczenie jest odpowiednio wentylowane to opary nie są szkodliwe dla zdrowia.

Rozważając zakup drukarki przestrzennej trzeba mieć na uwadze koszty zakupu od 2 tys. zł w górę, nawet do kilkudziesięciu tysięcy złotych. Chodzi tutaj o drukarki pracujące w technologii FDM/FFF.

Osobne zagadnienie stanowi cena materiałów eksploatacyjnych. Za 1 kg tworzywa ABS i PLA trzeba zapłacić ok. 60 zł. Podczas wydruku nie ma strat materiału za wyjątkiem materiału podporowego.

Technologie drukowania

Większość niewielkich drukarek 3d bazuje na technologii Fused Filament Fabrication (FFF/FDM). Mówi się nawet, że w sensie ogólnym jest to najpopularniejsza technika drukowania przestrzennego. Wykorzystuje ona topnienie tworzywa sztucznego i jego układanie w kolejnych warstwach w postaci cienkich ścieżek. Plastik jest spajany dzięki stygnięciu. Tworzywa, które są formowane na gorąco, to zazwyczaj termoplastiki, których zaleta to niska cena i dostępność.

Maszyny pracujące w technologii FFF mają prostą konstrukcję, bowiem nie wymagają używania laserów. Uwzględnia się jedynie szereg silników krokowych i podzespoły mechaniczne. Skrót FDM (Fused Deposition Modeling) jest opatentowany.

Cechy

Wybierając drukarkę trzeba przeanalizować kilka ważnych jej cech, które zadecydują o funkcjonalności. W zakresie sterowania większość urządzeń obsługuje się za pomocą komputera podłączonego przez port USB. Nie brakuje również sprzętu umożliwiającego przenoszenie plików konfiguracyjnych STL do drukarki na przenośnym czytniku pamięci, zatem komputer nie musi być podłączony podczas drukowania, a jego użycie sprowadza się jedynie do wcześniejszego przygotowania i skopiowania pliku z konfiguracją. Bardziej zaawansowane modele drukarek mają panele LCD umożliwiające sterowanie urządzeniem.

Nie bez znaczenia jest prędkość druku definiująca szybkość, z jaką przesuwa się głowica podczas drukowania. Od tego parametru zależy czas potrzebny na wytworzenie modelu. Na właściwość w tym zakresie

składa się kilka czynników. Przede wszystkim ważny jest moment obrotowy silników, masa głowicy i sposób wykonania drukarki. Od rodzaju zastosowanej obudowy zależą drgania podczas pracy przekładające się na jakość wydruku.

W zakresie wielkości obszaru wydruku należy mieć na uwadze fakt, że raczej rzadko powstają elementy o bardzo dużych wymiarach a do tego obiekty można podzielić na mniejsze fragmenty mieszczące się w obszarze wydruku.

Nie mniej ważna jest wysokość warstwy. Mniejsza wysokość zapewnia, że na milimetrze mieści się więcej warstw, które są wtedy mniej widoczne, a powierzchnia jest gładsza. Z reguły drukarka umożliwia zastosowanie dowolnie małych wysokości warstw, ale ostatecznie na parametr ten składa się naciąg pasków, wibracje czy konstrukcja zębatek. Niższe warstwy wydłużają jednak czas wydruku.

3DGence Industry. Źródło: Mikroprint

Przydatne rozwiązanie stanowią wymienne głowice. Niektóre urządzenia pozwalają np. na wydruk masą ceramiczną (a nawet czekoladą, co może być ciekawym zastosowaniem takich drukarek w przemyśle spożywczym). Można również zastosować uchwyty na pisak zyskując funkcjonalność plotera, a także wrzeciona z frezami, wycinarki, grawerki itp.

Trzeba mieć na uwadze dokładność druku głównie w aspekcie rozdzielczości poziomej (np. 0,01 czy 0,001 mm) i średnicy dyszy do przepływu plastiku. Mniejsza średnica umożliwia dokładniejsze drukowanie szczegółów ale wydłużając czas druku. Z praktyce średnica dysz wynosi od 0,2 do 0,8 mm. Ważna jest przy tym łatwa wymiana dyszy. Niektóre drukarki bazują na podwójnych dyszach, co pozwala na drukowanie w dwóch kolorach. Przydatne rozwiązanie stanowi możliwość wykorzystania przy drukowaniu plastiku rozpuszczalnego w wodzie. Za pomocą podwójnej głowicy można wtedy drukować elementy, które są praktycznie nie wykonalne dla głowicy pojedynczej.

Warto odpowiednio dobrać wymiary zewnętrzne urządzenia. Oprócz samej drukarki należy przewidzieć przestrzeń do umieszczenia szpuli/zasobnika na materiał.

Materiały drukowania

Wybierając odpowiednią drukarkę trzeba również zastanowić się nad tym jakie materiały będą używane do drukowania. Wybór z reguły sprowadza się do wspomnianych już termoplastików takich jak PLA (Poliaktyd) i ABS. PLA jest materiałem biodegradowalnym, który nie wymaga wysokiej temperatury stołu roboczego. Jednak w odniesieniu do ABS ma on mniejszą odporność na działanie wysokiej temperatury i niską wytrzymałość mechaniczną.

Szersze spektrum zastosowania ma ABS, bowiem z tego materiału produkuje się wiele części do samochodów. Wymaga on jednak podgrzania stołu roboczego do temperatury 90–100°C. Jeżeli drukowane modele będą miały większe wymiary to jako materiał wydruku warto zastosować PLA. Modele, od których oczekuje się niewielkiej tolerancji wymiarowej również powinny być wykonane z PLA. Elementy poddawane dalszej obróbce mechanicznej np. w postaci wiercenia czy szlifowania warto wydrukować z ABS. Ten materiał jest również używany w przypadku modeli o skomplikowanej geometrii, bowiem z reguły wymagają one usuwanych później podpór, które także powinny być drukowane z ABS. Elementy powstające w odpowiednio przystosowanym pomieszczeniu z wentylacją można drukować z ABS, natomiast wydruk w pomieszczeniach, gdzie przebywają ludzie lepiej wykonać z PLA.

Ważna jest kwestia temperatury w jakiej model będzie eksploatowany. Materiał ABS bardzo dobrze sprawdza się w temperaturach przekraczających 60°C. Elementy wytwarzane pokazowo mogą być wykonane z PLA, natomiast modele używane na co dzień lepiej wydrukować z ABS.

Oba materiały wybrać można w wielu kolorach łącznie z półprzezroczystym i tzw. świecącym w ciemności. Niemal wszystkie drukarki bardzo dobrze radzą sobie zarówno z PLA jak i ABS przy czym ten drugi tym materiału wymaga podgrzewanego stołu roboczego. Z kolei wydruk z PLA warto wspomóc chłodzeniem ścieżki wypływowej.

Wybrane urządzenia

Drukarka Hephestos 2 firmy BQ współpracuje z materiałami typu HIPS, Nylon, PLA i kompozyty oraz PVA. Obszar roboczy ma wymiary 210x297x220 mm. Platforma robocza jest wykonana z aluminium i szkła. Średnica filamentu wynosi 1,75 mm przy średnicy dyszy 0,4 mm. Producent przewidział oprogramowanie typu Open Source, a komunikacja wykorzystuje port USB i kartę SD. Oprogramowanie współpracuje z systemem operacyjnym Linux, Mac OS X i Windows. Drukarkę cechuje zapotrzebowanie na moc wynoszące 100 W. Obudowa ma konstrukcję otwartą wykonaną z aluminium przy wymiarach 450x516x661 mm. Do dyspozycji użytkownika jest

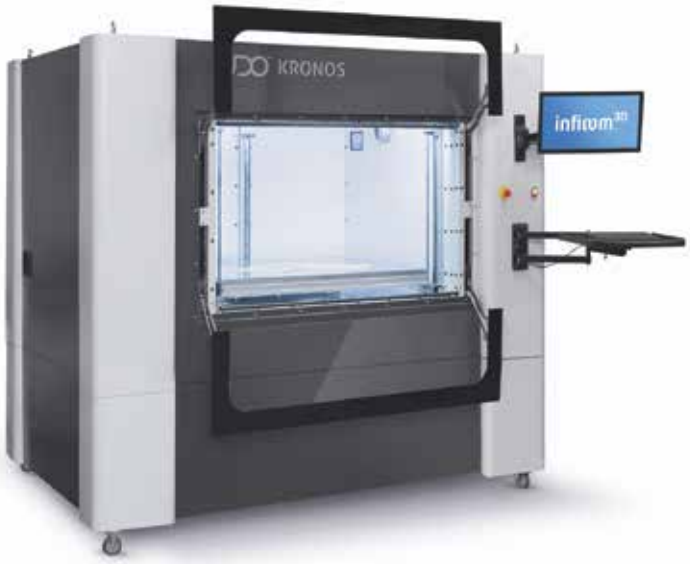
funkcja autokalibracji i możliwość zmiany regulacji temperatury dyszy drukującej. Przy obsłudze urządzenia sprawdzi się wyświetlacz. Wydruk ma system chłodzenia. Oprócz tego przydatne rozwiązanie stanowi system szybkiej wymiany głowicy.

Drukarka Da Vinci 1.0 firmy XYZPrinting z obszarem 150x150x150 mm wykorzystuje materiały typu PLA i kompozyty. Platforma robocza jest wykonana ze szkła. Średnica filamentu ma 1,75 mm przy średnicy dyszy 0,4 mm. Urządzenie bazuje na zamkniętym oprogramowaniu z własnym firmwarem. Oprócz tego producent przewidział możliwość współpracy z systemem operacyjnym Mac OS X i Windows oraz komunikację poprzez USB i karty SD. Obudowa jest zamknięta i wykonana z tworzywa sztucznego przy wymiarach 420x430x380 mm. Przydatna jest funkcja autokalibracji i oświetlenie pola roboczego. Urządzenie wykorzystuje system szybkiej wymiany głowicy oraz ma wbudowany wyświetlacz.

ABS i kompozyty oraz materiały gumopodobne takie jak NinjaFlex, TPE, TPC, TPC Flex, a także HIPS i Nylon mogą być materiałami eksploatacyjnymi w drukarce Atom 2.0 firmy Atom. Obszar roboczy ma wymiary 230x230x320 mm. Platforma robocza jest wykonana ze szkła. Średnica dyszy wynosi 0,4 mm przy średnicy filamentu 1,75 mm. Urządzenie bazuje na oprogramowaniu typu Open Source i komunikacji poprzez port USB i karty SD. Zapotrzebowanie na energię elektryczną wynosi ok. 90 W. Aluminiowa obudowa ma konstrukcję otwartą i wymiary

DWS 030X. Źródło: HEXAGON GROUP

420x420x760 mm. Bezpieczeństwo wydruku zapewnią dodatkowe osłony. Trzeba również mieć na uwadze funkcję autokalibracji oraz możliwość zmiany prędkości urządzenia i temperatury duszy drukującej. Komora i platforma robocza jest podgrzewana. Oprócz tego drukarka Atom ma wyświetlacz, system wymiany głowicy i system chłodzenia wydruku.



ODO KRONOS firmy Infinum3d. Źródło: Infinum3d

Zortrax M200 firmy Zortrax to drukarka wytwarzająca obiekty z materiałów typu ABS i kompozyty oraz Z-Glass. Obszar roboczy ma wymiary 200x200x180 mm. Platformę roboczą wykonano z metalu i PCB. Średnica filamentu wynosi 1,75 mm i 0,4 mm. Oprogramowanie jest zamknięte z własnym firmwarem. Do komunikacji przewidziano karty SD. Drukarka współpracuje z systemami operacyjnymi Windows, Mac OS X i Linux. Moc wynosi 190 W. Obudowa ma konstrukcję otwartą i jest wykonana z aluminium, przy wymiarach 345x345x430 mm. Użytkownik może skorzystać z funkcji autokalibracji. Urządzenie ma dodatkowe osłony. Można zmieniać prędkość pracy drukarki. Ponadto platforma robocza jest podgrzewana a pole robocze oświetlane. Drukarka ma system chłodzenia wydruku, system szybkiej wymiany głowicy i wyświetlacz.

W drukarce ODO Play firmy Infinum3d materiałami eksploatacyjnymi jest tworzywo PLA i kompozyty. Obszar roboczy ma średnicę 140 mm i wysokość 140 mm, przy czym platforma robocza jest szklana. Podobnie jak i w innych drukarkach średnica filamentu wynosi 1,75 mm przy średnicy dyszy 0,4 mm. Oprogramowanie typu Open Source współpracuje z systemami operacyjnymi Windows, Mac OS X i Linux. Wymiana danych wykorzystuje port USB i karty mikro SD. Zapotrzebowanie na energię elektryczną wynosi 250 W. Materiał wykonania obudowy to aluminium i tworzywo sztuczne, przy wymiarach 290x260x470 mm. Urządzenie ma funkcję autokalibracji, możliwość zmiany prędkości pracy urządzenia i zmiany temperatury dyszy drukującej. Pole robocze jest oświetlane a wydruk chłodzony. Drukarka może być obsługiwana za pomocą wyświetlacza ale nie ma systemu szybkiej wymiany głowicy. ■