

(19)



(10) **LT 6298 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patent numeris: **6298** (51) Int. Cl. (2016.01): **B29C 67/00**
B41J 2/00
B22F 7/00
B28B 1/00
- (21) Paraiškos numeris: **2014 126**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2014-10-28**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2016-05-10**
- (45) Patent paskelbimo data: **2016-08-25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Eimantas TOMKEVIČIUS, LT
- (73) Patent savininkas:
UAB „Phantom Group“, B. Sruogos g. 6, LT-50250 Kaunas, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Reda ŽABOLIENĖ, Advokatų profesinė bendrija „Žabolienė ir partneriai METIDA“, Verslo centras VERTAS, Gynėjų g. 16, LT-01109 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Trimačių objektų spausdinimo įtaisas, turintis bent dvi spausdinimo galvutes ir padėklą sujungtus bent septynioms ašims ir jų valdymo būdas

- (57) Referatas:

Šiuo išradimo aprašymu pateikiamas trimačių objektų formavimo spausdinant įtaisas, turintis bent dvi spausdinimo galvutes ir spausdinimo padėklą, kurie tarpusavyje susieti mažiausiai septyniomis ašimis - po tris ašis vienai spausdinimo galvutei ir viena ašis padėklui. Minėtas spausdinimo galvutes ir padėklą valdo valdymo sistema pasižyminti dirbtiniu intelektu, kuris optimizuoja spausdinimo galvučių ir padėklo judėjimo trajektorijas ir jų sąveiką, siekiant trumpiausio spausdinimo laiko. Taip pat minėtas dirbtinis intelektas turi mokymosi funkciją, kuri lygina trajektorijų optimizavimo rezultatus su realiais spausdinimo rezultatais, analizuoja galimų neatitikimų priežastis, atsižvelgia į minėtas priežastis, panaudoja jas ateities spausdinimo algoritmų sudaryme, identifikuoja galimus gedimus, vykdo jų prevenciją ir panašiai.

TECHNIKOS SRITIS

Išradimas priklauso trimačių objektų formavimo sričiai, kai sluoksnis po sluoksnio pridedama spausdinimo medžiaga; trimačių objektų spausdinimo / formavimo nusodinant išlydytą medžiagą (ang. fused deposition forming (FDM)) sričiai. Konkrečiau šiuo išradimo aprašymu pateikiamas trimačių objektų spausdinimo įtaisas, turintis bent dvi spausdinimo galvutes ir spausdinimo padėklą, susietus bent septyniomis ašimis. Bent dvi spausdinimo galvutės ir padėklas susieti bent (mažiausiai) septyniomis ašimis, ir valdomi naudojant valdymo sistemas su dirbtiniu intelektu siekiant kuo trumpesnio objekto spausdinimo laiko.

TECHNIKOS LYGIS

Pateikiamas išradimas priklauso vienai iš kelių trimačių objektų spausdinimo rūšių, kai, medžiaga, formuojanti spausdinamą objektą, iššvirkščiama ant padėklo atskirais sluoksniais. Po to, ant jau esamų atspausdintų paviršių dedami / liejami kiti sluoksniai ir, tokiu būdu, sluoksnis po sluoksnio, formuojamas spausdinamas objektas. Medžiagos iššvirkštimas tarptautinėje literatūroje (kartais ir šiame aprašyme) vadinamas ekstruzija; purkštuvai, iššvirkščiantys medžiagą – ekstruderiais arba spausdinimo galvutėmis. Ekstruderiai užtikrina tinkamą medžiagos ekstruziją reikiamu laiko momentu. Formuojant spausdinimo objektą, būtina, kad spausdinimo medžiaga patektų tiksliai į tą vietą, kuri numatyta projekto – tai galima užtikrinti tiksliai pozicionuojant spausdinimo galvutę ar padėklą, ant kurio formuojamas spausdinamas objektas, arba abu šiuos elementus (galvutę ir padėklą) vienu metu. Spausdinamiems objektams formuoti naudojamos labai įvairios medžiagos, tačiau šiai dienai labiausiai paplitusios – įvairių rūšių, skirtingų priemonių turintys plastikai, pasižymintys kietėjimo tam tikroje temperatūroje savybe.

Tokiu principu spausdinančių spausdintuvų pradžia laikomas išradimas, patentuotas S. Scott Crump 1989 metais (US5121329A, 1992.06.09). Tais laikais trimačiai spausdintuvai buvo itin brangūs. Šiais laikais trimačiai spausdintuvai laikomi viena sparčiausiai besivystančių technologijų, žadančių pakeisti pasaulį (Richard A. D'aveni 3-D Printing will Change the World [internetinis] Kovas 2013 [Žiūrėta 2014 10 17] <<http://hbr.org/2013/03/3-d-printing-will-change-the-world/>>). Trimačių spausdintuvų išplitimą iki masinės gamybos, o tuo pačiu ir paplitimą buitinių vartotojų tarpe (kurie ne tik gali įsigyti, bet ir patys juos pasigaminti), lėmė jau minėto S. Scott

Crump patento galiojimo pabaiga, sudedamųjų dalių (tikslių žingsninių variklių ir jų valdymo įtaisų) ženklus atpigimas.

Nepaisant minėto 3D spausdintuvų paplitimo, vieni didžiausių iššūkių, kurie aktualūs šių įtaisų vystytojams ir gamintojams – spausdinimo spartos didinimas neprarandant spausdinamo objekto spausdinimo tikslumo. Šiame išradimo aprašyme pateikiamas iki šiol niekur nerastas būdas kaip padidinti spausdinimo greitaveiką, užtikrinant spausdinamo objekto spausdinimo tikslumą: spausdintuve naudojamos bent dvi, viena nuo kitos nepriklausomai galinčios judėti, spausdinimo galvutės; viena ašimi judantis padėklas; šiuos objektus susiejant septyniomis spausdinimo ašimis; šių objektų valdymui pritaikant dirbtinio intelekto priemones ilgainiui įgalinančias optimizuoti galvučių ir padėklo judėjimo trajektorijas ir jų tarpusavio sąveiką, užtikrinančias efektyvų greitaveikos didinimą. Toks spausdintuvas neturi sudėtingų aparatinių mazgų, tačiau užtikrina didesnę spausdinimo spartą, palyginus su vienos galvutės spausdintuvais.

Patento paraiškoje CN103737934A 2014 04 23 pateikiamas sprendimas, kai vienoje spausdinimo galvutėje yra du purkštuvai. Tokiu būdu padidinamas spausdinamo objekto formavimo greitis, tačiau, kadangi abu purkštuvai yra vienoje galvutėje ir negali judėti skirtingomis trajektorijomis, prarandamas efektyvus purkštuvų panaudojimas didžiausiam spausdinimo greičiui pasiekti.

Literatūros šaltinyje CN203371926U 2014 01 01 pateikiamas 3D spausdintuvas su dviem nepriklausomai viena nuo kitos judančiomis, galinčiomis judėti skirtingu greičiu, spausdinimo galvutėmis. Šio išradimo aprašyme pateikiamos spausdinimo galvutės, kurios juda ne tik tokiu pat būdu, kaip minima cituojamoje paraiškoje, bet spausdinimo greitaveiką dar padidina bei optimizuoja ir Y3 ašimi judantis padėklas. Cituojamoje paraiškoje, skirtingai nuo šiuo aprašymu pateikiamo sprendimo, nieko neminima apie valdymo būdą.

CN203528092U 2014 04 09 aprašomas įtaisas, kuriame dvi spausdinimo galvutės judinamos vienu varikliu naudojant trikampės formos tvirtinimo konstrukciją. Išradėjai pažymi, kad šis sprendimas tinka daugiaspalviams spausdinamiems objektams formuoti, neminėdami apie galimą greitaveikos padidėjimą. Dvi spausdinimo galvutės skirtos ne spausdinimo greičiui padidinti, o įgalinti spausdintuvą spausdinti daugiau nei vienos spalvos objektus. Cituojamoje paraiškoje nieko neminima apie padėklo judėjimą, bei spausdintuvo valdymą.

Autorius TJ McCue 2014 Vasario 28 dienos straipsnyje (TJ McCue 500X Faster - New Ultra-fast 3D Printer In Works [internetinis] 2014 02 28 [žiūrėta 2014 10 17] (<<http://www.forbes.com/sites/tjmccue/2014/02/28/500x-faster-new-ultra-fast-3d-printer-in-works/>>)) pateikia informaciją apie bandymą pagaminti itin greitą 3D spausdintuvą. Pagrindinės atskleidžiamos priežastys, įgalinančios didelę greitaveiką – spausdinimo medžiagos forma – drožlės (ang. pellets) - ir gerokai didesnis, nei įprasta spausdinimo galvutės, purkštuvo angos skersmuo.

Įmonė „Radiant fabrication“ pateikia spausdintuvus su 4 arba 8 spausdinimo galvutėmis spausdinimo greičiui padidinti. Jų sprendimas – minėti galvučių kiekiai, tačiau visos galvutės juda kartu, ta pačia trajektorija. (Colin Druce-McFadden Print your designs faster with this high-speed 3D printer [internetinis] 2013 09 19 [žiūrėta 2014 10 17] <<http://www.dvice.com/2013-9-19/print-your-designs-faster-high-speed-3d-printer>>). Šiuo aprašymu pateikiamo išradimo atveju bent dvi galvutės geba judėti nepriklausomai viena nuo kitos, visomis kryptimis.

Brian Krassenstein 2014 Birželio 16d. straipsnyje (Brian Krassenstein 3D Systems Reveals Details of 3D Printing Assembly Line, 50X Faster Than Other Printers [internetinis] 2014 06 16 [žiūrėta 2014 10 17] <<http://3dprint.com/6293/3d-printing-assembly-line>>)) pateikia pavišintos informacijos apie įmonės „3D Systems“ pramoninio tipo didelės greitaveikos 3D spausdintuvą. Iš pateikiamos informacijos akivaizdu, kad greitaveika pasiekama didinant spausdinimo galvučių kiekį ir konvejerio principu priverčiant judėti padėkliuką, ant kurio formuojamas spausdinamas objektas. Šis būdas skiriasi nuo šiuo aprašymu pateikiamo išradimo tuo, kad straipsnyje minimas padėklas juda konvejerio principu. Tai labiau pramoninės paskirties spausdintuvas, skirtingai nuo šiame aprašyme pateikiamo.

IŠRADIMO ESME

Šiame aprašyme pateikiamas 3D spausdintuvas, užtikrinantis didesnę spausdinimo spartą palyginus su vienos galvutės spausdintuvais, neprarandant spausdinamo objekto spausdinimo tikslumo ir neapsunkinant spausdintuvo gamybos bei eksploatacijos.

Pagrindinis konstrukcinis ypatumas, užtikrinantis minėtas savybes – bent dvi nepriklausomai valdomos spausdinimo galvutės ir padėklas, kurie susieti tarpusavyje bent septyniomis ašimis (X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, Y3 ir t.t.). Minėtos ašys veikia kaip

judančių elementų (galvučių ir padėklo) kreipiančiosios, nustatančios judančių elementų kryptį spausdinimo erdvėje. Patį judėjimą įgalina pavaros mechanizmas, sudarytas iš žingsninio variklio, jo valdiklio, judėjimą perduodančių elementų (srieginių strypų, skriemulių, diržų ir kt.) bei kitų konstrukcinių mazgų. Dviejų spausdinimo galvučių ir padėklo atveju, ašys X_1 , Y_1 , Z_1 skirtos keisti vienos spausdinimo galvutės padėtį erdvėje; ašys X_2 , Y_2 , Z_2 keičia kitos galvutės padėtį; ašis Y_3 keičia padėklo padėtį.

Siekiant kuo efektyviau išnaudoti išvardintos mechaninės konstrukcijos ypatybes minėtai didesnei spausdinimo spartai pasiekti, reikalingas dirbtinis intelektas, įgalinantis visą spausdinimo proceso valdymą. Vienas iš spausdintuvo greیتaveiką labiausiai užtikrinančių veiksnių - judančių spausdinimui skirtų dalių - spausdinimo galvučių ir padėklo - judėjimo trajektorijos. Šiame aprašyme pateikiamo spausdintuvo valdymo sistema pasižymi dirbtinio intelekto priemonėmis, kurios skaičiuoja optimaliausias judančių spausdinimo dalių judėjimo trajektorijas ir jų sąveikas, užtikrinančias didžiausią spausdinimo greitį. Dirbtinis intelektas turi galimybę mokytis, analizuojant valdomo objekto atsaką į valdymo komandas vertinant apskaičiuotas optimalias judėjimo trajektorijas ir jų alternatyvias galimybes. Analizuodama ir mokydamosi valdymo sistema geba prisitaikyti prie valdomo objekto ir tokiu būdu siekti efektyviausio valdymo – t.y. pasižymi adaptyvumo savybe.

Išradimo esmę sudaro mažiausiai dvi spausdinimo galvutės ir padėklas, susieti mažiausiai septyniomis ašimis, bei spausdinimo proceso valdymui įdiegtos dirbtinio intelekto, pasižyminčio adaptyvumo savybe, priemonės, gebančios pasiekti didžiausią spausdinimo greیتaveiką.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ FIGŪRŲ APRAŠYMAS

Fig. 1 pavaizduota 3D spausdintuvo spausdinimo sistemos, apimančios spausdinimo galvutes, padėklą, judėjimo kryptis ir judinimo bei pozicionavimo mechanines konstrukcijas, aksonometrinė projekcija; vaizdas iš spausdintuvo kampo.

Fig. 2 pavaizduota 3D spausdintuvo padėklo judėjimą ir judėjimo kryptį sukurianti judinimo ir pozicionavimo mechaninės konstrukcijos brėžinio aksonometrinė projekcija; vaizdas iš spausdintuvo apačios.

Fig. 3 pavaizduota galvutės judėjimą Z ašies kryptimi užtikrinanti skriemulių ir diržo sistema. Minėta sistema judesį iš Z ašies, kuri sujungta su Z žingsniniu varikliu,

perduoda judesį ašiai, kuri nesujungta su žingsniniu varikliu. Brėžinio aksonometrinė projekcija, fragmentas vaizdo iš viršaus.

Fig. 4 pavaizduota bendra 3D spausdintuvo vaizdo aksonometrinė projekcija; vaizdas iš šono.

TINKAMIAUSI ĮGYVENDINIMO VARIANTAI

Išradimo įgyvendinimas susideda iš dviejų pagrindinių dalių. Viena iš jų – konstrukcija, apimanti bent dvi spausdinimo galvutes ir padėklo mechaninę konstrukciją. Kita - optimaliai judėjimo trajektorijai nustatyti skirta valdymo funkcija, pasižyminti dirbtiniu intelektu su adaptyvumo savybe.

Aiškumo dėlei, šiame aprašyme pateikiamas vienos spausdinimo galvutės ir jos periferinių įtaisų visumos aprašymas; kitos (-ų) spausdinimo galvutės (-čių) konstrukcija (-os) ir atliekamos funkcijos yra identiškos. Mechaninės dalies aprašyme apsiribojama pateikiant tik su galvučių ir padėklo judėjimu susijusius elementus. Visi kiti elementai iš esmės niekuo nesiskiria nuo kitų, rinkoje įprastų 3D spausdintuvų.

Spausdinimo galvutė (1) (Fig.1) per išilginio judesio guolius tvirtinasi ant dviejų X strypų (2), kurie atlieka spausdinimo galvutės (1) judėjimo X ašimi nukreipimo funkciją. Spausdinimo galvutę (1) judėti X ašimi priverčia X žingsninis variklis (3), kurio ašis tvirtai jungtims sujungta su dantytu skriemuliu (4) (Fig.2), ant kurio maunamas dantytas, begalinis stačiakampio (ar kt. formos) skerspjūvio diržas (5) (Fig.1), tvirtai sujungtas su spausdinimo galvute (1) ir priešingame X strypo (2) gale maunamas ant įtvirtinto skriemulio (6).

Minėti X strypai (2) abiem galais tvirtinasi į X tvirtinimo elementus (7). Minėti X tvirtinimo elementai (7) per išilginio judesio guolius tvirtinasi ant Y strypų (8), nukreipiančių Y ašies judėjimo kryptimi. Minėti Y strypai (8) abiem galais tvirtinasi į Z tvirtinimo elementus (9), galinčius judėti tik Z ašies kryptimi. Minėti X tvirtinimo elementai tvirtai sujungti su dantytu, begaliniu stačiakampio (ar kt.) skerspjūvio diržu (10), kuris viename gale maunamas ant skriemulio (11) įtvirtinto Z kampiniame tvirtinimo elemente (9), o kitame gale – ant dantyto skriemulio (12), kuris pritvirtintas ant ašies (13), kuri per sukamojo judėjimo guolius įtvirtinta Z kampiniuose tvirtinimo elementuose (9) ir sujungta su Y ašies kryptimi judėjimą sukuriančiu Y žingsniniu varikliu (14). Minėtas Y žingsninis variklis (14) įtvirtintas Z kampiniame tvirtinimo elemente (9). Minėta ašis (13) abiejuose savo galuose turi dantytus skriemulius, ant

kurių maunasi dantytas diržas, kuris kitame gale maunasi ant skriemulio įtvirtintų ant Z kampinių tvirtinimo elementų. Du diržai ir keturi skriemuliai reikalingi užtikrinti lygiagrečių X tvirtinimo elementų (7) judėjimą Y ašies kryptimi.

Minėti Z kampiniai tvirtinimo elementai (9) tvirtinasi ant Z ašies kryptimi nukreipiančių Z strypų (15), (16). Judėjimą Z ašies kryptimi užtikrina aštuoni (iš vienos pusės) minėti Z strypai (15), (16), iš kurių keturi strypai (15) yra lygaus paviršiaus, užtikrinantys tikslų nukreipimą Z ašies kryptimi, o kiti keturi – per visą savo ilgį turintys sriegį - Z srieginiai strypai (16). Kiekviename kampe yra po vieną srieginį (16) ir po vieną paprastą Z strypą (15). Minėti Z kampiniai tvirtinimo elementai (9) prie Z strypų (15) tvirtinasi per išilginio judesio guolius, o prie srieginių Z strypų (16) per veržlinį sujungimą, kuris įgalina transformuoti variklio ašies sukamąjį judesį į linijinį judesį Z ašies kryptimi. Bent vienas iš dviejų prie vieno Y strypo (8) esančių srieginių Z strypų (16) yra tiesiogiai tvirtai sujungtas su Z žingsniniu varikliu (17), tuo tarpu kitam Z strypui sukamasis judesys perduodamas spausdintuvo viršutinėje dalyje esančių skriemulių ir diržo judesio perdavimo sistema (18) (Fig.3).

Minėtas Z žingsninis variklis (17) (Fig.1) pritvirtintas stacionariai, o minėti Z strypai (15) ir (16) guoliais įtvirtinti pagrindo tvirtinimo elementuose (19) (Fig.2). Į minėtus spausdintuvo kampuose esančius pagrindo tvirtinimo elementus (19) įtvirtintas strypas (20), lygiagretus X ašiai, prie šio strypo tvirtinamas Y ašiai lygiagretus strypas (21), prie kurio tvirtinimo elementais (22) su išilginio judesio guoliais tvirtinamas padėklas (23). Minėtas Y ašiai lygiagretus strypas (21) nukreipia padėklą (23) judėti Y ašies kryptimi. Minėtas padėklas (23) yra tvirtai pritvirtintas prie dantyto, begalinio stačiakampio (ar kt.) formos skerspjuvio diržu (24), kuris vienoje spausdintuvo pusėje maunamas ant skriemulio (25), įtvirtinto tvirtinimo elemente (26) jungiančiame strypą (20) su strypu (21), o kitoje spausdintuvo pusėje - ant dantyto skriemulio (27), kuris įtvirtintas ant Y3 žingsninio variklio (28). Minėtas Y3 žingsninis variklis (28) sukuria padėklui (23) linijinį judesį išilgai Y ašies.

Aukščiau aprašyta judesį sukurianti mechaninė konstrukcija gali efektyviai prisidėti prie 3D spausdintuvo greitaveikos didinimo tik užtikrinus optimalias spausdinimo galvučių ir padėklo judėjimo trajektorijas. Judėjimo trajektorijų optimizavimas turi būti atliekamas įtraukiant visų trijų komponentų (dviejų spausdinimo galvučių ir padėklo) dalyvavimą, užtikrinant optimalias tiek pačių komponentų judėjimo, tiek tarpusavio jų sąveikos trajektorijas.

Šiame apraše pateikiamo 3D spausdintuvo valdymo sistemai įdiegtos dirbtinio intelekto priemonės. Dirbtinio intelekto priemonėmis suprantamos kaip įvairūs matematiniai-statistiniai modeliai (pvz. neraiškioji logika (ang. fuzzy logic), dirbtiniai neuroniniai tinklai (ang. artificial neural networks) ar kt.), įdiegti į elektronines įtaiso valdymo priemones. Elektroninės valdymo priemonės suprantamos kaip valdymo sistemos aparatinė dalis, galinti būti pačiame spausdintuve, spausdintuvą valdančiame kompiuteryje arba ir spausdintuve, ir kompiuteryje. Valdymo sistemos programinė dalis įdiegiama minėtose elektroninėse priemonėse: spausdintuve arba kompiuteryje, arba ir spausdintuve, ir kompiuteryje.

Dirbtiniu intelektu pasižymintis 3D spausdintuvo valdymas, siekdamas didžiausios spausdinimo greیتaveikos, geba optimizuoti spausdinimo galvučių ir padėklo judėjimo trajektorijas ir jų sąveiką. Optimizavimo rezultatas – trajektorijos, kuriomis judėdamos dvi spausdinimo galvutės ir padėklas konkretaus objekto spausdinimui užtruks mažiausiai laiko; optimizavimo rezultato matas – konkrečios formos spausdinimo trukmė.

Analizuojant ir optimizuojant judėjimo trajektorijas, spausdintuvo valdymo sistema turi įvertinti realius spausdinimo galvučių ir padėklo judėjimo greičius skirtingomis kryptimis tiek spausdinimo metu, tiek nespausdinant (spausdinimo galvutei tik judant nuo vieno taško prie kito). Didžiausia spausdinimo sparta pasiekama tada, kai spausdina abi galvutės vienu metu, todėl tai yra dar vienas faktorius, kurį valdymo sistema vertina parenkant optimalias trajektorijas.

Dažniausiai besikartojančių spausdinamų formų spausdinimo rezultatai kaupiami duomenų bazėje – tai trumpina sekančių spausdinimų optimizavimo trukmę.

Siekiant gilesnės optimizavimo rezultatų analizės, dažnai besikartojančioms formoms išbandomos trajektorijos, artimos optimaliai, lyginami tų trajektorių optimizavimo rezultatai su realiais spausdinimo rezultatais; analizuojamos priežastys.

Be optimizavimo funkcijos, dirbtiniu intelektu pasižyminti 3D spausdintuvo valdymo sistema turi galimybę nuolat mokytis ir tobulinti optimalių trajektorių gavimo būdus. Mokymosi funkcijai užtikrinti įdiegtas grįžtamasis ryšys, įgalinantis stebėti realias spausdinimo trukmes. Stebint realias spausdinimo trukmes ir jas lyginant su optimizavimo rezultatais, identifikuojamos galimos neatitikimo priežastys, kurias

įvertinamos ir naudojamos sekantiems optimizavimo atvejams.

Mokymosi funkcija sudaro prielaidas adaptyvumo savybei. Valdymo sistema lygina trajektorijos optimizavimo rezultatus su realiais spausdinimo rezultatais, analizuoja galimų neatitikimų priežastis, atsižvelgiant į minėtas priežastis, koreguoja optimizavimo algoritmą, t.y. adaptuojasi prie valdomo objekto ypatumų. Itin didelių neatitikimų atsiradimas gali byloti apie mechaninės dalies gedimą (susidėvėjimą), taigi valdymo sistema su dirbtiniu intelektu geba identifikuoti kai kuriuos gedimus, vykdyti jų prevenciją.

3D spausdintuvo valdymu pasiekiamas greitaveikos padidėjimas, kai dvi spausdinimo galvutės kartu su judančiu padėklų atspausdina konkretų objektą greičiau, nei atskirai veikiančios, bendro valdymo neturinčios spausdinimo galvutės.

Kaip minėta, konstrukciją iliustruojantys paveikslai ir jų paaiškinimai pateikiami tik tiek, kiek reikalinga atskleisti išradimo esmę. Fig.4 3D spausdintuvas vaizduojamas su korpusu (30) ir įtaisais (31), nuo kurių vyniojama spausdinimo medžiaga.

Čia minimas terminas „strypas“ leidžia tiksliau nusakyti 3D spausdintuvo sudedamąsias dalis. Kitur šiame aprašyme dažniau naudojama platesnė, bendresnė sąvoka „ašis“, kuri tam tikrais atvejais sutampa su minėtu terminu „strypas“. Terminas „ašis“ nusako tiek konstrukcinį spausdintuvo elementą, tiek koordinčių sistemos kryptį.

Padėties taškai, nusakantys kraštinius spausdinimo galvutės taškus apriboja erdvę, kuri gali būti vadinama spausdinimo galvutės darbo erdve. Spausdinimo galvutės darbo erdvė - padėtis erdvėje, kurioje gali būti spausdinimo galvutė.

Siekiant iliustruoti ir aprašyti šį išradimą, aukščiau pateikti tinkamiausio įgyvendinimo varianto aprašymas. Tai nėra išsamus arba ribojantis aprašymas, siekiantis nustatyti tikslią formą arba įgyvendinimo variantą. Į aukščiau pateiktą aprašymą reikia žiūrėti daugiau kaip į iliustraciją, o ne kaip į apribojimą. Akivaizdu, kad tos srities specialistams gali būti akivaizdžios daugybė modifikacijų ir variacijų. Įgyvendinimo variantas yra parinktas ir aprašytas tam, kad tos srities specialistai geriausiai išaiškintų šio išradimo principus ir jų geriausią praktinį pritaikymą, skirtą skirtingiems įgyvendinimo variantams su skirtingomis modifikacijomis, tinkančiomis konkrečiam panaudojimui arba įgyvendinimo pritaikymui. Numatyta, kad išradimo

apimtis apibrėžiama prie jo pridėta apibrėžtimi ir jos ekvivalentais, kuriuose visi minėti terminai turi prasmę plačiausiose ribose, nebent nurodyta kitaip.

Igyvendinimo variantuose, aprašytuose tos srities specialistų, gali būti sukurti pakeitimai, nenukrypstantys nuo šio išradimo apimties, kaip tai nurodyta toliau pateiktoje apibrėžtyje.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Trimačių objektų spausdintuvas, turintis:

mažiausiai dvi spausdinimo galvutes (1), kurios iššvirkščia spausdinamą medžiagą siekiant suformuoti / atspausdinti trimatį objektą; ir kurios gali judėti savo darbo erdvėse visomis trimis koordinatinių ašimis vienu metu ir kurių darbo erdvės nepersidengia ;

padėklą (23), galintį judėti viena koordinatinių ašimi, ant kurio formuojamas visas spausdinamas objektas;

pavaros ir pozicionavimo sistemas, kurios judina ir tiksliai pozicionuoja spausdinimo galvutes ir padėklą;

elektroninės valdymo sistemos bloką;

korpusą, į kurį patalpinamas minėtas spausdintuvas,

b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad

mažiausiai dvi minėtos spausdinimo galvutės ir padėklas susieti tarpusavyje mažiausiai septyniomis ašimis,

kur kiekvienai spausdinimo galvutei priskiriamos trys ašys, kurios leidžia minėtoms galvutėms laisvai judėti visomis kryptimis savo darbo erdvėje;

ir kur mažiausiai viena ašis skirta judinti ir pozicionuoti padėklą, kuri užtikrina spausdinamo objekto atskiros taško pasiekiamumą skirtingomis galvutėmis.

2. Spausdintuvas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėto spausdintuvo valdymo sistema turi įdiegtas dirbtinio intelekto priemones, optimizuojančias bent dviejų spausdinimo galvučių ir padėklo judėjimo trajektorijas bei jų sąveiką siekiant maksimalios spausdinimo spartos.

3. Spausdintuvas pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtos spausdintuvo valdymo sistemos dirbtinis intelektas turi mokymosi / adaptyvumo funkciją, kuri lygina trajektorijų optimizavimo rezultatus su realiais spausdinimo rezultatais, analizuoja galimų neatitikimų priežastis, atsižvelgia į minėtas priežastis, panaudoja jas ateities spausdinimo algoritmų sudaryme, identifikuoja galimus gedimus, vykdo jų prevenciją.

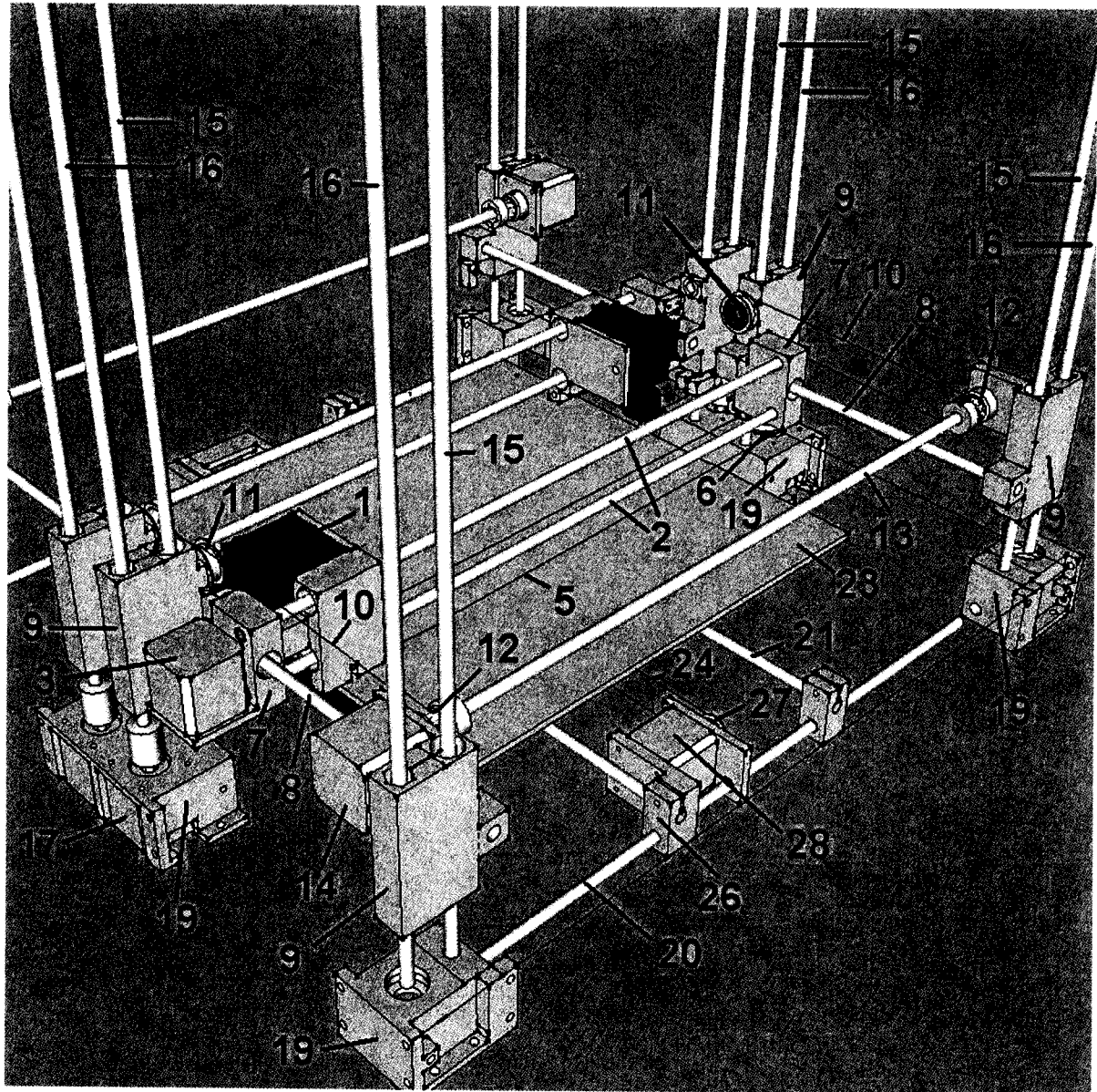


Fig.1

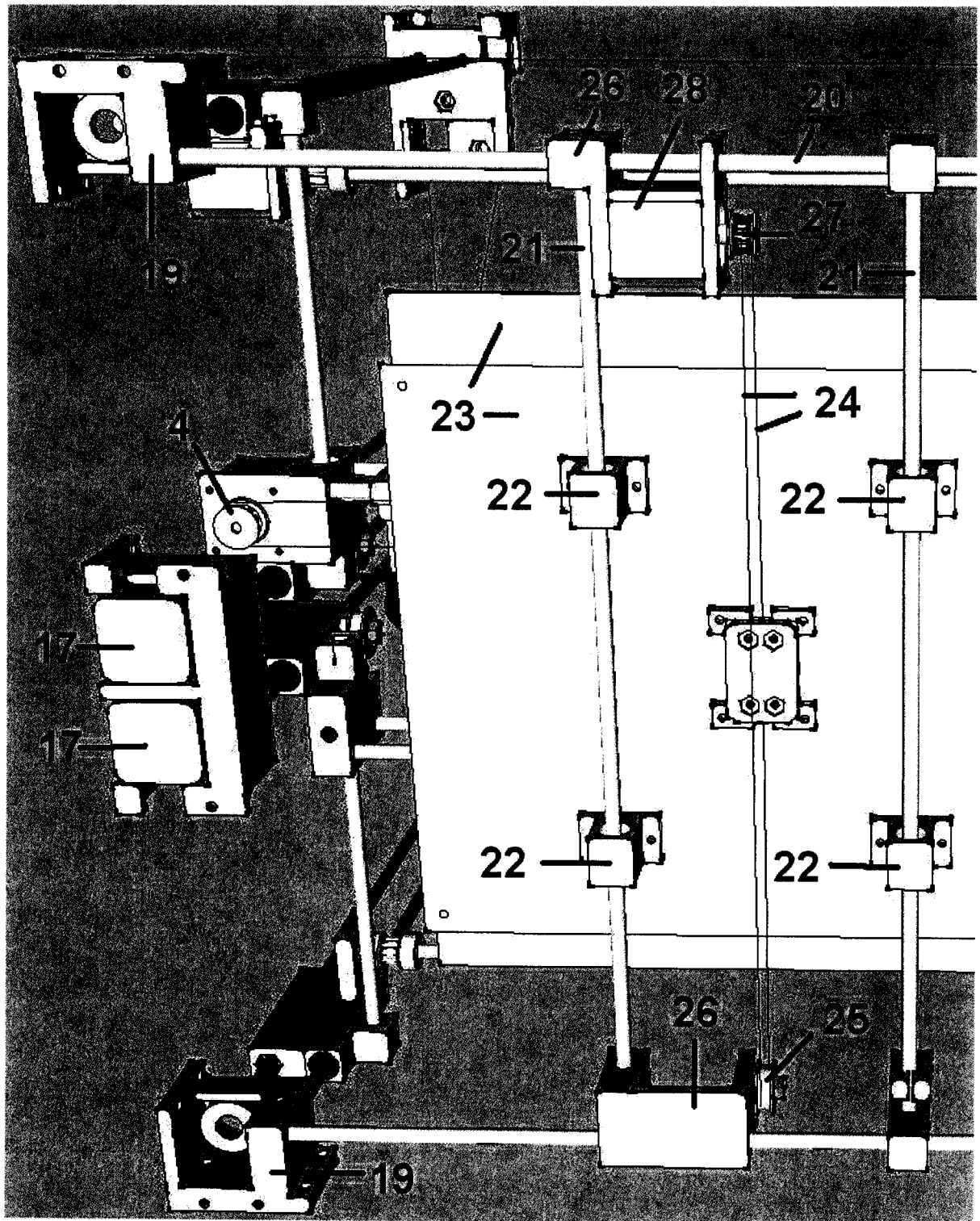


Fig.2

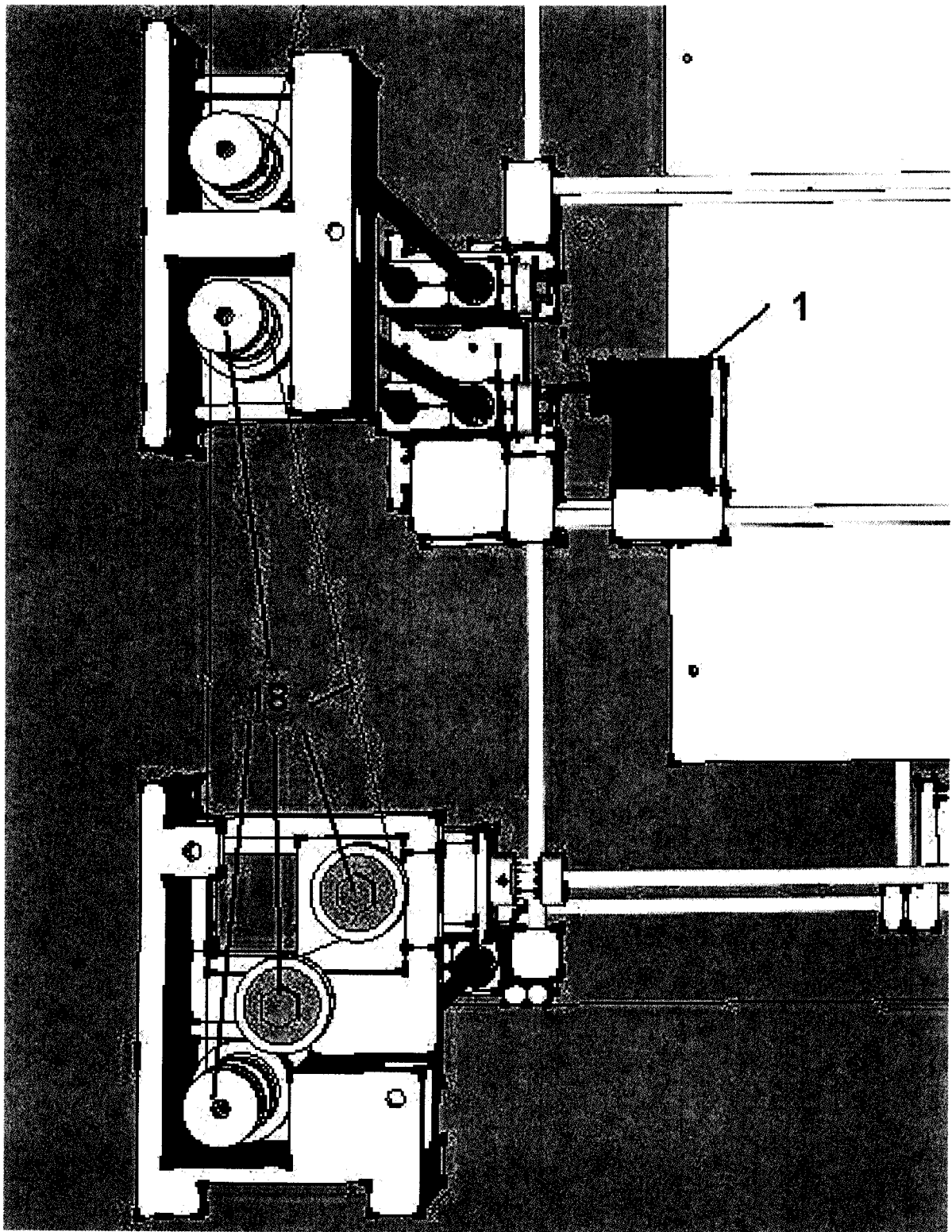


Fig. 3

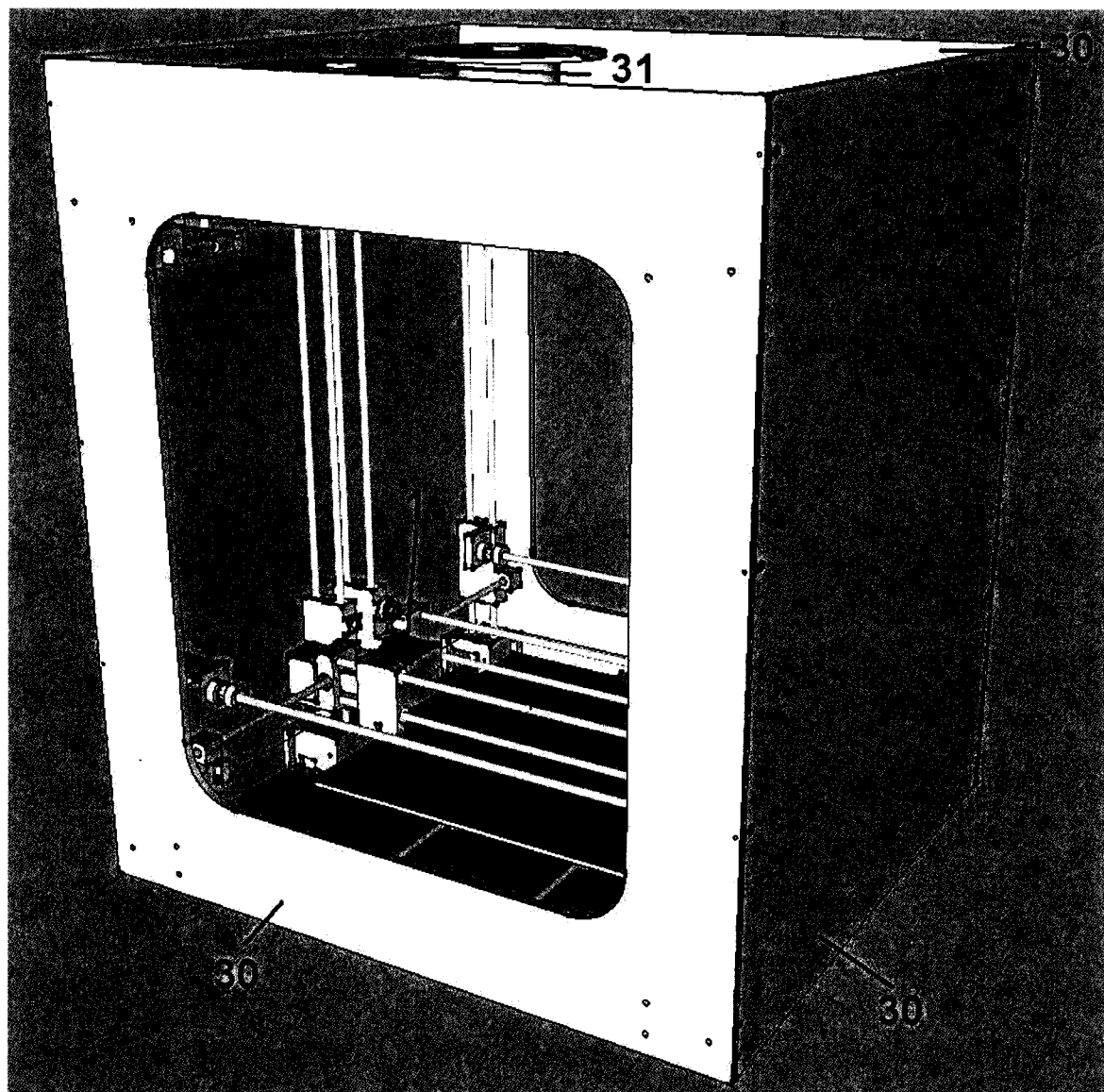


Fig.4