

|             |           |
|-------------|-----------|
| B29C 64/209 | (2017.01) |
| B29C 64/205 | (2017.01) |
| B29C 64/176 | (2017.01) |
| B29C 64/182 | (2017.01) |
| B29C 64/171 | (2017.01) |
| B33Y 30/00  | (2015.01) |

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

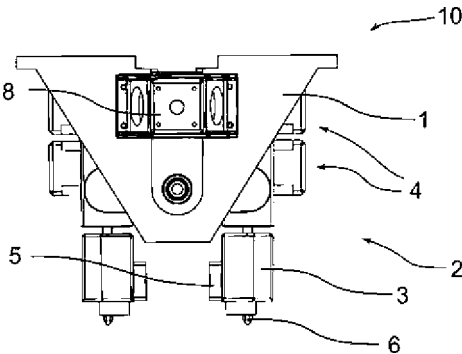
|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| (21) Číslo přihlášky:                | 2021-124                           |
| (22) Přihlášeno:                     | 12.03.2021                         |
| (40) Zveřejněno:                     | 07.12.2022<br>(Věstník č. 49/2022) |
| (47) Uděleno:                        | 12.09.2024                         |
| (24) Oznámení o udělení ve věstníku: | 23.10.2024<br>(Věstník č. 43/2024) |

(56) Relevantní dokumenty:  
CN 209794566 U; CN 112373012 A; CN 212097534 U; CN 207789733 U; WO 2021022624 A1.

- (73) Majitel patentu:  
Ing. arch Václav Hájek, Brno, Žabovřesky, CZ  
Libor Sitař, Valašské Meziříčí, Krásno nad Bečvou, CZ
- (72) Původce:  
Ing. arch Václav Hájek, Brno, Žabovřesky, CZ
- (74) Zástupce:  
PatentEnter s.r.o., Koliště 1965/13a, 602 00 Brno, Černá Pole

(54) Název vynálezu:  
**Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny a 3D tiskárna s touto sestavou**

(57) Anotace:  
Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny zahrnuje nosič (1) tiskové hlavy a tiskovou hlavu (10) zahrnující alespoň čtyři tiskové jednotky (2), které jsou uspořádány alespoň ve dvou ve vzájemném odstupu provedených řadách, přičemž každá tisková jednotka (2) zahrnuje extruder (3), podavač (4) filamentu, chladicí mechanismus (5) a trysku (6), kde tiskové jednotky (2) ve vzájemném odstupu jsou uzpůsobeny k současnému tisku v různých, vzájemně odsazených rovinách tisku, přičemž tiskové jednotky (2) v jedné řadě jsou uzpůsobeny k tisku v jiné rovině než tiskové jednotky (2) uspořádané v jiné řadě odsazením tiskových jednotek v různých řadách ve směru kolmém na roviny tisku, přičemž sestava dále zahrnuje alespoň dvě tisková ramena (7) spojená s nosičem (1) tiskové hlavy ve vzájemném odstupu, přičemž tiskové jednotky (2) z každé řady jsou umístěny na tiskovém rameni (7) a tisková ramena (7) jsou pro výškové nastavení tiskových ramen (7) uspořádána na překlápěcím rameni, které je otočně připojeno k nosiči (1) tiskové hlavy a opatřeno aktuátorem (8) tiskového ramene. Předmětem řešení je dále 3D tiskárna s touto sestavou.



**Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny a 3D tiskárna s touto sestavou**Oblast techniky

Předkládaný vynález se týká oblasti aditivního 3D tisku, konkrétně popisuje inovovanou konstrukci sestavy tiskové hlavy pro 3D tisk vhodné, např. pro tisk modulárních stavebních prvků.

Dosavadní stav techniky

V současném stavu techniky jsou známa řešení tiskových hlav pro 3D tisk, která jsou uzpůsobena k pohybu ve třech na sebe kolmých osách. Tisková hlava zahrnuje jeden nebo více extruderů, do kterých je zaveden tištěný materiál, například ve formě filamentu, který je v extruderu nataven a tlačěn tryskou o definovaném průměru, který určuje tloušťku deponované vrstvy.

V současném stavu techniky jsou také známa řešení využívající více extruderů umístěných v jedné řadě na jedné tiskové hlavě, kdy využití dalšího extruderu umožňuje například tisk více filamenty a tím i různými materiály.

V jiném známém uspořádání je umístěno více tiskových hlav na různých nezávislých osách. Toto řešení umožňuje rychlejší tisk vyhotovovaného tištěného objektu.

Aditivní technologie 3D tisku nalézají využití například při výrobě prototypů, komponent ve strojírenství, stavebnictví, či speciálních biotechnologických aplikacích.

Pro 3D tisk využívaný v oblasti stavebnictví je využíváno široké spektrum materiálů, jejichž aplikace do značné míry závisí na tiskové technologii. Pro tisk monolitických staveb se využívá např. silikátového kompozitního materiálu metodou vytlačování nebo 3D tiskem pomocí robotické ruky. V těchto případech je nejčastěji tisková směs míchána pomocí šroubového extruderu, nebo je předpřipravena mimo tiskovou hlavu. Pro tisk bloků se pak využívá například rámové 3D tiskárny, kdy je rozměr tisknutého objektu omezen rozměry rámu.

Ze stavu techniky jsou známé tiskárny s vícero tiskovými hlavami či jednotkami. Například dokument CN 209794566 U popisuje 3D tiskárnu s vícero tiskovými jednotkami vzájemně nezávisle posuvnými v ose Y a částečně i v ose X. V ose Z jsou vůči sobě tyto jednotky nepohyblivé, takže všechny mají trysky ve stejné rovině, a tedy všechny tisknou v jedné tiskové rovině.

Dokument CN 112373012 A popisuje 3D tiskárnu s tiskovou hlavou obsahující vícero tiskových jednotek a podavačem filamentu s podávací jednotkou a špulkou filamentu pro každou z tiskových jednotek. Všechny tiskové jednotky (každá s vlastním držákem pro pohyb v jedné vodorovné ose nezávisle na ostatních jednotkách) jsou v jedné rovině, takže mohou tisknout jen v jedné tiskové rovině zároveň.

Dokument CN 212097534 U popisuje 3D tiskárnu s pěti vzájemně nezávisle pohyblivými tiskovými jednotkami, každá s vlastní tiskovou rovinou orientovanou jinak než tiskové roviny ostatních jednotek – tedy tyto tiskové roviny vymezují pět stěn kvádra a během tisku se posouvají směrem od středu tohoto kvádra – nahoru a do stran.

Dokument CN 207789733 U popisuje 3D tiskárnu pro tisk z prášku lepením ve více vrstvách současně. Tiskové jednotky jsou uspořádány výškově odsazené pro tisk v různých tiskových rovinách zároveň. Uspořádání tiskových jednotek však umožňuje tisk pouze jedním směrem, s pohybem tiskové hlavy lineárně nebo do kruhu.

Dokument WO 2021022624 A1 popisuje tiskovou hlavu s dvojicí tiskových jednotek, z nichž jedna je vertikálně posuvná. Tisknout je vždy možné pouze z jedné z tiskových jednotek (například může do každé být zaveden jiný filament či může mít jiný průměr trysky apod.).  
 5 Posuv zde slouží pouze k tomu, aby neaktivní jednotka byla vzdálena od tisknutého objektu a nehrozilo tak, že ho poškrábe.

Všechny tyto dokumenty tedy řeší zvýšení tiskové rychlosti ve srovnání s tiskárnou s jedinou tiskovou jednotkou. Tiskové jednotky jsou v těchto dokumentech vždy v jedné rovině, nebo  
 10 umožňují tisk jen velice specifických objektů tisknutelných v jednom směru nebo tisknutelných ze všech bočních stran zároveň. To značně omezuje aplikovatelnost těchto známých tiskáren a omezuje to jejich rychlost tisku.

Nevýhodou zveřejněných řešení 3D tisku je jejich nízká rychlost. Ve stavebnictví se nízká  
 15 rychlost 3D tisku projeví zejména při stavbě prováděné z jednotlivých 3D tištěných bloků.

V novém využití aditivní technologie 3D tisku v odvětví stavebnictví se ukázala potřeba takové tiskové hlavy, která bude schopna rychle a efektivně tisknout stavební prvky, například  
 20 modulární stavební bloky.

#### Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky do jisté míry odstraňuje sestava tiskové hlavy pro zařízení k 3D tisku  
 25 zahrnující nosič tiskové hlavy a tiskovou hlavu zahrnující alespoň čtyři tiskové jednotky, které jsou uspořádány alespoň ve dvou ve vzájemném odstupu provedených řadách. Každá tisková hlava zahrnuje extruder, podavač filamentu, chladicí mechanismus a trysku. Tiskové jednotky ve vzájemném odstupu jsou uzpůsobeny k současnému tisku v různých, vzájemně odsazených rovinách tisku. Tiskové jednotky v jedné řadě jsou uzpůsobeny k tisku v jiné rovině než tiskové  
 30 jednotky uspořádané v jiné řadě odsazením tiskových jednotek v různých řadách ve směru kolmém na roviny tisku. Sestava dále zahrnuje alespoň dvě tisková ramena spojená s nosičem tiskové hlavy ve vzájemném odstupu, přičemž tiskové jednotky z každé řady jsou umístěny na tiskovém rameni a tisková ramena jsou pro výškové nastavení tiskových ramen uspořádána na překlápacím rameni, které je otočně připojeno k nosiči tiskové hlavy a opatřeno aktuátorem  
 35 tiskového ramene.

V základním provedení tiskové jednotky v jedné řadě tisknou určitý opakující se motiv v první rovině tisku a tiskové jednotky ve druhé řadě tisknou stejný motiv ve druhé rovině tisku, která je  
 40 posunuta výše oproti první rovině tisku o výšku tisknuté vrstvy. Zároveň jsou tiskové jednotky vzájemně odsazené v rovině tisku, takže druhá řada tiskne tento motiv s určitým zpožděním. Současný tisk v různých rovinách je možné využít pro zrychlení tisku, a to zejména v případě objektů, např. velkoformátových, s alespoň částečně pravidelnou opakující se vnitřní strukturou.

Tisková hlava je tedy uzpůsobena k současnému tisku alespoň ve dvou různých, vzájemně  
 45 odsazených, rovinách tisku. Možné je i tisknutí ve více než dvou rovinách tisku zároveň.

Vzájemný odstup tiskových jednotek tiskové hlavy zajistí při průchodu tiskové hlavy nad každou oblastí tisku časový odstup při deponování jednotlivých vrstev tisku. Díky tomu může být každá  
 50 následující vrstva deponována na již ztuhlou předcházející vrstvu. Velikost odstupů závisí například na tisknutém motivu. Výhodně je přitom vzájemný odstup tiskových jednotek nastavitelný.

Výhodně je vzájemný odstup tiskových jednotek, tj. odstup v rovině tisku, větší nebo roven šířce extruze, výhodněji je celočíselným násobkem šířky extruze; v závislosti na tisknutém vzoru nebo  
 55 motivu může být i výrazně větší, například více než desetkrát nebo více než stokrát atd. Pro

vytištění souvislé plochy, je-li taková plocha potřeba, pak může být v daném směru v rovině tisku tiskovou hlavou posouváno o šířku extruze, dokud není plocha mezi jednotlivými tryskami vyplněna.

- 5 Chladicí mechanismus slouží k ovlivnění rychlosti tuhnutí, intenzita chlazení je výhodně rovněž nastavitelná, zejména s ohledem k pracovní teplotě, která závisí na použitém materiálu. Standardně se pracovní teploty pohybují v rozmezí od 200 do 260 °C. Chlazení může být realizováno ventilátory, umístěnými například na boční straně extruderu. Výhodně je chlazení realizováno chladicími tryskami dodávajícími stlačený vzduch. Tím je možné chlazení realizovat
- 10 v konkrétním místě podle potřeby. V případě uzavřeného tiskového boxu je potom nutné odvádět vzduch. V takovém tiskovém boxu může být celá tiskárna uložena a možné je i, aby tiskový box sloužil zároveň jako konstrukce tiskárny. Tisková hlava je v případě využití trysek na stlačený vzduch jako chladicího mechanismu výhodně propojena vedením nebo vedeními vzduchu se zdrojem stlačeného vzduchu, například s kompresorem, pumpou nebo tlakovou lahví.
- 15 Výška tisknuté vrstvy určuje velikost vzájemného odstupu jednotlivých tiskových jednotek v rovině kolmé na rovinu tisku, tj. určuje vzdálenost mezi rovinami tisku. Platí přitom, že výška vrstvy je menší než šířka extruze a je tedy závislá na průměru trysky extruderu. Například může tryska mít průměr 0,5 až 2 mm, výhodně 0,8 až 1 mm. Šířka extruze může být potom například
- 20 1 mm, výška vrstvy je výhodně 0,6 až 1 mm, výhodněji 0,6 až 0,8 mm.

Tisková hlava tedy zahrnuje aspoň čtyři tiskové jednotky, kdy tyto jednotky jsou uspořádány ve vzájemném odstupu provedených řadách, kdy tiskové jednotky v jedné řadě jsou uzpůsobeny k tisku v jiné rovině než tiskové jednotky uspořádané v jiné řadě. Tiskové jednotky ve stejné

25 řadě, konkrétně výstupní konce jejich trysek, jsou výhodně vzájemně odsazeny pouze v rovině tisku. Typicky bude počet takto uspořádaných tiskových jednotek stejný v každé řadě. Tedy každá řada může obsahovat vícero tiskových jednotek, vzájemně odsazených v rovině tisku, a tiskové jednotky v různých řadách jsou vzájemně odsazeny i ve směru kolmém na rovinu tisku.

30 V předkládaném vynálezu jsou tedy tiskové jednotky každé z řad umístěny na tiskovém rameni. První rameno je umístěno ve vzájemném odstupu od druhého ramene tak, že tisknutá vrstva v jedné rovině je deponována na již ztuhlou vrstvu v rovině předchozí. Tiskové hlavy na jednotlivých ramenech jsou tak schopny současně tisknout stejný motiv v různých rovinách.

35 Ačkoli je tato sestava tiskové hlavy vhodná zejména pro opakovaný jednoúčelový tisk, uspořádání tiskových jednotek v řadách na ramenech umožní v případě stavitelnosti jednotlivých ramen jednoduše přizpůsobit sestavu tiskové hlavy k tisku různých objektů. Možnost zvětšení vzájemného odstupu jednotlivých ramen v rovině tisku umožní tisk navzájem odlišných motivů. Naopak možnost zvětšení vzájemného odstupu jednotlivých ramen v rovině kolmé na rovinu

40 tisku umožní změnit výšku tisknuté vrstvy, případně také použití jiného tiskového filamentu.

Vzájemné výškové stavitelnosti jednotlivých tiskových ramen je dosaženo tak, že tisková ramena jsou uspořádána na překlápěcím rameni, které je otočně připojeno k nosiči tiskové hlavy a opatřeno aktuátorem tiskového ramene.

45

Sestava tiskové hlavy podle tohoto vynálezu je vhodná zejména pro kontinuální tisk „nekonečných“ pásových nebo podlouhlých objektů. V takovém případě dochází k současnému tisku všech tiskových jednotek po většinu času tisku, pouze na začátku tisku objektu dochází k postupnému náběhu tiskových jednotek v různých rovinách kolmých na rovinu tisku a na konci tisku objektu dochází k postupnému odpojování těchto tiskových jednotek. Na konci tištěného objektu před cestou zpět je nutné sestavu tiskové hlavy otočit, nebo výhodně zajistit překlopení tiskových jednotek do opačné výškové polohy, a to současně s posunem sestavy tiskové hlavy nahoru nebo případně posunem tiskové podložky dolů. Tiskové jednotky jsou uspořádány na tiskových ramenech, která jsou dále uspořádána na překlápěcím rameni, takže pak může být

50

překlopení tiskových jednotek do opačné výškové polohy na konci tištěného objektu jednoduše zajištěno pootočením překlápěcího ramene.

5 Tisková hlava je uchycena k nosiči tiskové hlavy a spolu tvoří sestavu tiskové hlavy, která je uzpůsobena k pohybu ve třiosém systému vůči tištěnému objektu, kdy jednotlivé osy jsou na sebe kolmé. Pohyb sestavy tiskové hlavy je uskutečněn manipulátorem připojeným k nosiči tiskové hlavy. Nosič tiskové hlavy může být k tiskové hlavě uchycen odnímatelně, nebo může být nosič tiskové hlavy integrální součástí tiskové hlavy. Pohyb v některých osách může být realizován manipulátorem tiskové podložky, která slouží k nanesení první vrstvy a k nesení tištěného objektu. Tisková podložka je standardně součástí tiskárny.

15 Tisková jednotka zahrnuje extruder, podavač filamentu, chladič mechanismus a trysku. Každý z extruderů má s výhodou zdvojený podavač filamentu pro plynulý a bezchybný chod. Podavač filamentu se v takovém provedení skládá z dvojice komplementárních ozubených kol, mezi které je zaveden filament, přičemž dvojice komplementárních ozubených kol ze dvou podavačů jedné tiskové jednotky umístěné nad sebou mají rozdílné otáčky tak, aby mezi nimi byl filament volný bez napětí. Podavač filamentu dále od trysky, tedy vrchní z obou podavačů filamentu, je přitom uzpůsoben tak, aby se jeho dvojice ozubených kol otáčela rychleji. Tím je do druhého, spodního podavače filamentu dodáván volný filament, protože mezi podavači filamentu je filament s určitou vůlí. Standardně se horní dvojice ozubených kol neotáčí rychleji vždy, ale jen v určitých časových intervalech nebo když je zjištěno, že je filament moc napnutý. Například může součástí 20 spodního podavače filamentu být senzor poskytující informace o napnutí filamentu, například může měřit moment na pohonu spodního podavače filamentu nebo na jeho ozubených kolech. Tento moment je větší, když je filament více napnutý. Pokud je tiskárnou nebo řídicí jednotkou atd. vyhodnoceno, že je filament moc napnutý, je zajištěno, aby se ozubená kola horního podavače filamentu po určité době otáčela rychleji, čím se filament mezi podavači filamentu uvolní.

30 Možné je i požadované povolení filamentu zajišťovat v pravidelných intervalech, například po každých 100 nebo 1000 atd. otáčkách ozubených kol podavačů filamentu, může dojít k vyrovnání filamentu mezi podavači a následně provede horní podavač filamentu např. jednu otáčku nebo čtvrt otáčky apod. navíc, čímž je filament uvolněn v požadované míře.

35 Rychlost podávání filamentu je závislá na otáčkách dvojic ozubených kol. S výhodou jsou komplementární dvojice ozubených kol od sebe vzdáleny o délku větší než průměr jednoho ozubeného kola. Výhoda tohoto konstrukčního řešení spočívá v tom, že je zaručena plynulost podávání filamentu do extruderu. Rychlost otáčení kol je přitom přímo úměrná rychlosti tisku a průměru zaváděného filamentu. Standardně je průměr filamentu 1,5 až 2 mm, u předkládaného vynálezu je výhodně využit průměr filamentu 2,5 až 3,5 mm, zejména výhodně 3 mm. Rychlost 40 tisku je výhodně alespoň 200 mm/s, výhodněji alespoň 250 mm/s, ještě výhodněji alespoň 300 mm/s. Rychlostí tisku je tedy délka trajektorie pohybu tryskou/tiskovou hlavou v rovině tisku.

45 Jak plyne z výše uvedeného, sestava tiskové hlavy pro zařízení k 3D tisku podle tohoto vynálezu může být až násobně rychlejší než klasická tisková hlava, která dokáže tisknout pouze vrstvy v jedné úrovni.

Dalším předmětem vynálezu je také 3D tiskárna, např. rámová, která zahrnuje sestavu tiskové hlavy dle tohoto vynálezu popsanou výše. 3D tiskárna tedy dále zahrnuje zejména rám nebo jinou 50 nosnou konstrukci a zahrnuje tiskovou podložku. Tisková podložka může být pevná nebo pohyblivá v některé ose nebo osách. Výhodně manipulátor sestavy tiskové hlavy a manipulátor tiskové podložky zajišťují vzájemný posun tiskových jednotek vůči tiskové podložce ve třech vzájemně kolmých osách, přičemž posun v každé ose je výhodně nezávislý na posunu v ostatních osách. Možný je i pohyb mezi tiskovou hlavou a tiskovou podložkou ve více než třech osách. 55 Zejména je možné uchytit tiskovou hlavu otočně kolem osy kolmé na tiskovou podložku, která je

obvykle svislou osou. 3D tiskárna pak zahrnuje další manipulátor pro otáčení tiskové hlavy, případně celé sestavy tiskové hlavy, kolem této osy, nebo je manipulátor zajišťující posun tiskové hlavy dále uzpůsoben pro její otáčení.

- 5 V případě tisku většího množství jednotlivých objektů je výhodné, pokud pro tisk obvodových kontur je 3D tiskárna se sestavou tiskové hlavy podle tohoto vynálezu opatřena alespoň jednou doplňkovou tiskovou jednotkou pohyblivou ve všech směrech nezávisle na sestavě tiskové hlavy.

#### 10 Objasnění výkresů

Podstata vynálezu je dále objasněna na příkladech jeho uskutečnění, které jsou popsány s využitím připojených výkresů, kde na:

- 15 obr. 1 je schematicky znázorněna 3D tiskárna zahrnující sestavu tiskové hlavy dle vynálezu;  
 obr. 2 je schematicky znázorněna sestava tiskové hlavy 3D tiskárny při pohledu zepředu;  
 obr. 3 je schematicky znázorněna sestava tiskové hlavy 3D tiskárny při pohledu z boku;  
 20 obr. 4 je znázorněn pohled shora na sestavu tiskové hlavy z obr. 2 a 3;  
 obr. 5 je zobrazen segment tiskové hlavy obsahující dvě tiskové jednotky;  
 25 obr. 6 je zobrazen řez A-A z obr. 4 rovinou kolmou k rovině tisku vedenou skrze tento segment středem prostoru pro průchod filamentu;  
 obr. 7 je zobrazen v perspektivním pohledu segment tiskové hlavy z obr. 6 a 7;  
 30 obr. 8 jsou schematicky znázorněny dvě tiskové jednotky uspořádané ve vzájemné odstupu jak v rovině tisku, tak v rovině kolmé na rovinu tisku, při průchodu nad tištěným objektem směrem vpravo;  
 obr. 9 jsou schematicky znázorněny dvě řady tiskových jednotek uspořádané ve vzájemné  
 35 odstupu jak v rovině tisku, tak v rovině kolmé na rovinu tisku, při průchodu nad tištěným objektem směrem vlevo;  
 obr. 10 je znázorněn perspektivní pohled na alternativní provedení 3D tiskárny, ve kterém je sestava tiskové hlavy navíc otočná kolem svislé osy; a  
 40 obr. 11 je znázorněn pohled shora na 3D tiskárnu z obr. 10, přičemž je na obrázku patrné, že tato 3D tiskárna zahrnuje dvě otočné tiskové hlavy.

#### 45 Příklady uskutečnění vynálezu

Uvedená uskutečnění znázorňují příkladné varianty provedení vynálezu, která však nemají z hlediska rozsahu ochrany žádný omezující vliv. Předmětem vynálezu je sestava tiskové hlavy a také zařízení k 3D tisku, respektive 3D tiskárna, s touto sestavou.

- 50 3D tiskárna podle vynálezu je znázorněna na obr. 1 a zahrnuje sestavu tiskové hlavy tvořenou nosičem 1 tiskové hlavy a tiskovou hlavou 10, a dále zahrnuje manipulátor 9, tiskovou podložku 11, manipulátor 13 tiskové podložky a rám 12. V zobrazeném provedení zahrnuje 3D tiskárna dvě sestavy tiskové hlavy, obecně ale může zahrnovat jen jednu nebo i libovolný vyšší  
 55 počet. Tisková hlava 10 je uchycena na nosič 1 tiskové hlavy, který je uchycen na

manipulátoru 9, který je uzpůsoben k vykonávání pohybu ve dvou navzájem kolmých osách – v zobrazeném provedení v osách X a Y, které jsou rovnoběžné s rovinou tisku, resp. všemi rovinami tisku, které jsou zde vodorovné. Manipulátor 9 je uchycen k rámu 12 a výhodně zahrnuje samostatný pohon pro pohyb v každé z obou os. Tisková podložka 11 je uchycena na manipulátoru 13 tiskové podložky, který je uzpůsoben k vykonávání pohybu po jedné ose kolmé na tiskovou podložku 11 a na roviny tisku, a je vodorovně umístěna v rámu 12. Možná jsou i provedení, kde se tisková podložka 11 a/nebo roviny tisku odchylují od vodorovného směru.

Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny je zobrazena na obr. 2 a zahrnuje nosič 1 tiskové hlavy, dvě tisková ramena 7, aktuátor 8 tiskového ramene a tiskové jednotky 2. Konkrétně v tomto provedení každé tiskové rameno 7 obsahuje řadu dvanácti tiskových jednotek 2, které jsou vůči sobě nehybně umístěny v jedné ose na tiskovém rameni 7. Dvojice tiskových ramen 7 je uchycena na překlápěcích ramenech uchycených k aktuátoru 8 tiskového ramene umožňujícím nastavení tiskové hlavy 10. Toto nastavení, realizované pohybem tiskových ramen 7, například jejich otáčením nebo vertikálním posunem, umožňuje, že se tisková ramena 7 a s nimi i řady tiskových jednotek 2 vůči sobě nacházejí v různé poloze na vertikální ose, čímž je umožněn tisk dvou na sebe navazujících vrstev. Nejdříve je vytištěna první vrstva, a to tiskovými jednotkami 2 umístěnými na první řadě tiskového ramene 7, následně je za určitý časový interval na tuto první vrstvu tisknuta další vrstva tiskovými jednotkami 2 umístěnými na druhé řadě druhého tiskového ramene 7, která je posunuta na vertikální ose o tloušťku vrstvy výše než řada první. Depozice tištěného materiálu probíhá vrstvu po vrstvě, kdy spojení jednotlivých vrstev je dáno adhezními, nebo difuzními silami. Výsledný tištěný objekt 14 je pak tvořen těmito vrstvami. Uvedený časový interval je přitom zajištěn vzájemným posunutím řad, resp. odpovídajících si tiskových jednotek 2, tj. tiskových jednotek 2 tisknoucích na sebe, v různých řadách, v rovině rovnoběžné k rovině tisku.

Uspořádání tiskových jednotek 2 do řad je dále patrné na obr. 3 a 4. Zejména je na obr. 3 patrné odsazení tiskových jednotek 2 v různých řadách v rovině rovnoběžné s tiskovou podložkou 11 ve směru tisku. Zároveň jsou spodní konce tiskových jednotek 2, tj. jejich trysek 6, v různých řadách osazeny vertikálně, přestože na obr. 3 není toto relativně malé odsazení snadno patrné. Výraznější je toto odsazení na obr. 8. V zobrazeném provedení jsou tiskové jednotky 2 uspořádány po dvojicích do segmentů, jak je patrné na obr. 5, 6 a 7. Každá tisková jednotka 2 zahrnuje extruder 3, podavač 4 filamentu, chladicí mechanismus 5 a tryšku 6, přičemž tyto části jsou uspořádány tak, aby jimi mohl procházet filament. Nejvýše je na tiskové jednotce 2 umístěn podavač 4 filamentu, v zobrazeném provedení jsou podavače 4 filamentu vždy dva. Každý podavač 4 filamentu zahrnuje pohon, zejména krokový motor, a dvojici ozubených kol, mezi kterými je prostor uzpůsobený pro uchycení filamentu tak, že otáčením ozubených kol je filament posouván. Každé z ozubených kol v daném podavači 4 filamentu může mít vlastní pohon, nebo mohou být propojena tak, aby se kroutivý moment z jednoho přenášel na druhé, a otáčena jediným pohonem. Výhodně má každý z dvojice podavačů 4 filamentu jiné otáčky.

Pod podavači 4 filamentu je umístěn extruder 3, který zajišťuje zahřátí filamentu na požadovanou tiskovou teplotu, aby mohl být následně vytlačován tryškou 6 na spodní části tiskové jednotky 2. Extruder 3 zahrnuje výhodně výměník tepla, jak je obvyklé, a rychlost tisku, tj. vytlačování filamentu z trysky 6, je určena zejména rychlostí dodávání filamentu.

Manipulátor 9 a/nebo manipulátor 13 tiskové podložky může být realizován například pomocí servomotorů. Například může servomotor otáčet tyčí se šroubovici, která realizuje pohyb nosiče 1 tiskové hlavy. Využit je možné například i pásy nebo řemeny, ozubené hřebeny atd. Chladicí mechanismus 5 může být realizován s využitím větráku. Alternativně může být realizován s využitím trysek dodávajících stlačený vzduch, dodávaný do trysek například z kompresoru, tlakové lahve apod. Výhodou trysek na stlačený vzduch je zejména přesnost směřování chlazení na požadované místo a také vyšší intenzita chlazení.

Řízení tiskového procesu je realizováno například pomocí počítače, se kterým je tisková hlava 10 komunikačně spojena. Komunikačním spojením je myšleno takové spojení, které umožňuje přenos informace mezi jednotlivými komunikačně spojenými komponenty. Komunikační spojení může být realizováno spojením komponent například optickým, síťovým datovým, nebo jiným kabelem, nebo bezdrátově pomocí rozhraní LPWAN, Bluetooth, WIFI, nebo jiné. Způsob spojení není z hlediska provedení vynálezu omezující. Informací je v kontextu tohoto vynálezu jakákoliv informace nutná pro provoz zařízení jakožto celku. Jedná se zejména o informace o poloze tiskové hlavy 10, poloze tiskové podložky 11, modelu tištěného objektu 14, druhu filamentu, teplotě extruze, intenzitě chlazení, šířce extruze, výšce vrstvy, stavu tištěného objektu 14, či technických parametrech, nebo poloh komponent 3D tiskárny mezi sebou.

V příkladném provedení technického řešení je provoz zařízení k 3D tisku následující. Ze zásobníku filamentu je filament veden ohebnou hadicí propojující zásobník filamentu a tiskovou jednotku 2, filament je následně vpraven do podavače 4 filamentu, kdy je využito dvojitého podavače 4 filamentu, složeného z dvojice komplementárních ozubených kol, kdy otáčky první dvojice ozubených kol jsou odlišné, od otáček druhé dvojice ozubených kol. Podavač 4 filamentu tlačí určitou rychlostí filament do extruderu 3, a po zahřátí na patřičnou teplotu je filament následně vytlačován prostřednictvím trysky 6.

Jak je patrné z obr. 8, díky využití tiskových jednotek 2 ve vzájemném odstupu v rovině rovnoběžné s rovinami tisku (tj. ve vodorovném směru v zobrazeném provedení) a v rovině kolmé na roviny tisku (tj. ve svislém směru v zobrazeném provedení), je umožněno nanášení dvou vrstev současně, přičemž vrchní z těchto vrstev je tisknutá s určitým zpožděním. Jak je patrné na obr. 9, výhodně je tištěný objekt 14 tvořen vzorem, který se ve směru tisku periodicky opakuje, s periodou rovnou vzdálenosti řad tiskových jednotek 2. Při tisku v dané sadě tiskových rovin je pak tiskovou hlavou 10 v zobrazeném provedení pohybováno zároveň v ose X i Y pro vytvoření požadovaného vzoru, v zobrazeném provedení vlnitého vzoru.

Ve výhodném provedení se po ukončení tisku v jedné sadě tiskových rovin, kde sadou je množina tiskových rovin, ve kterých je tištěno zároveň, v provedení výše jsou dvě, tisková ramena 7 překlopí, čímž se dostane první řada tiskových jednotek 2 do opačné výškové polohy vůči druhé řadě. Jinými slovy je tedy řada, která byla umístěna výše, nyní umístěna níže než druhá řada, takže tiskne spodnější vrstvu. Zároveň se změní směr tisku. Překlopením polohy tiskových ramen 7 se myslí posun jedné řady na tiskovém rameni 7 vůči druhé, paralelně umístěné, řadě na druhém tiskovém rameni 7. V některých provedeních mohou být obě řady umístěny na jednom společném tiskovém rameni 7, jehož pohybem je nastavována vzájemná poloha řad v rovině kolmé na rovinu tisku. V zobrazeném provedení, jak je patrné zejména na obr. 2 a 4, jsou tisková ramena 7 dvě, ale mají společný aktuátor 8 tiskových ramen a jsou vzájemně nepohyblivá. Obě tisková ramena 7 se zde otáčejí zároveň kolem osy procházející mezi nimi, přičemž v této ose se nachází aktuátor 8 tiskových ramen.

Příkladně je tisková hlava 10 složena z 24 tiskových jednotek 2, přičemž 3D tiskárna dále zahrnuje dvě doplňkové tiskové jednotky 2 umožňující nezávislý tisk okrajových kontur v nezávislé ose. Tyto doplňkové tiskové jednotky 2 mohou být součástí sestavy dle vynálezu nebo mohou být součástí tiskárny mimo sestavu tiskové hlavy. Mohou se přitom pohybovat nezávisle na tiskové hlavě 10. Mohou být i přímo součástí tiskové hlavy 10, přičemž jejich nezávislý pohyb je umožněn vhodnými manipulátory a uchycením nezávislým na řadách tiskových jednotek 2. Tyto doplňkové tiskové jednotky 2 jsou samostatné, tedy nejsou v zobrazeném provedení v segmentech po dvou jako ostatních dvacet čtyři tiskových jednotek 2, a zahrnují vlastní manipulátor pro pohyb alespoň v rovině tisku. Doplňkové tiskové jednotky 2 mohou a nemusí být uspořádány ve dvojicích, resp. v počtech odpovídajících počtu řad na tiskové hlavě 10, aby rovněž tiskly ve více rovinách tisku zároveň. Ve výhodném provedení tiskne 24 tiskových jednotek 2 umístěných na dvou řadách na tiskových ramenech 7 a další dvě tiskové jednotky 2 v nezávislé ose jeden objekt současně. V alternativních provedeních může být počet tiskových jednotek 2 v jednotlivých řadách jiný, v některých provedeních i různý počet v různých řadách.

Výhodně je však počet tiskových jednotek 2 ve všech řadách stejný. Tiskových jednotek 2 v jedné řadě tak může být v podstatě libovolný počet, možná jsou provedení s celkem dvěma tiskovými jednotkami 2, které jsou vůči sobě vzájemně odsazeny alespoň ve směru kolmém na rovinu tisku. Možná jsou i provedení například s deseti tiskovými jednotkami 2 ve dvou řadách, nebo například třiceti nebo padesáti atd. tiskovými jednotkami 2 ve dvou řadách. V dalších alternativních provedeních může tisková hlava 10 zahrnovat i více než dvě řady tiskových jednotek 2, takže je uzpůsobena pro tisk ve více než dvou rovinách tisku zároveň. V některých provedeních mohou tiskové jednotky 2 v jedné řadě být vzájemně posuvné v rovině tisku, takže může být nastavována vzdálenost sousedních tiskových jednotek 2 například ve směru kolmém na směr tisku, tj. může být nastavována vzdálenost sousedních extrudovaných linek filamentu. Výhodně je, alternativně nebo navíc, nastavitelná i šířka tiskové vrstvy, tj. velikost vertikálního odsazení tiskových jednotek 2 v různých řadách. Zároveň je výhodně nastavitelná šířka extruze, přičemž toto nastavení může vyžadovat výměnu trysek 6.

Uspořádání tiskových ramen 7 a jejich aktuátoru 8 tiskových ramen odpovídá počtu a uspořádání řad tiskových jednotek 2. Například v provedení se třemi řadami může prostřední řada vždy tisknout prostřední vrstvu, zatímco krajní řady jsou nastavitelné, natáčením a/nebo posouváním, tak, že nejprve tiskne spodní vrstvu jedna krajní řada a po dokončení dané sady vrstev dojde k otočení směru tisku a pohybu tiskových ramen 7 a spodní vrstvu tiskne druhá z krajních řad. V alternativním provedení nemusí být překlápění tiskových ramen 7 nutné pro umožnění tisknutí další sady vrstev. Namísto toho může být například celá sestava tiskové hlavy otočena kolem osy Z vhodným manipulátorem.

V dalších alternativních provedeních může manipulátor 9 realizovat pohyb ve všech třech osách X, Y, Z, takže tisková podložka 11 nemusí být pohyblivá. V dalším provedení může manipulátor 9 realizovat například pohyb v osách Y a Z, přičemž pohyb v ose X je realizován manipulátorem 13 tiskové podložky. V dalších provedeních může každá tisková jednotka 2 být samostatná, tj. nemusí být uspořádány v segmentech po dvojicích, nebo mohou tiskové jednotky 2 být i v segmentech po více než dvou. V dalších provedeních může tisková jednotka 2 zahrnovat jediný podavač 4 filamentu.

V příkladném provedení z obr. 10 a 11 je 3D tiskárna popsána výše dále modifikována tak, že sestava tiskové hlavy je navíc otočná kolem osy kolmé na tiskovou podložku 11. Manipulátor 9 zde kromě částí pro zajištění posuvu sestavy tiskové hlavy obsahuje část pro zajištění jejího otáčení. Otáčení je přitom umožněno v určitém intervalu, například  $-90^\circ$  až  $90^\circ$  vůči natočení sestavy v provedení, kde není otočná. Alternativně je tento interval například jen  $-60^\circ$  až  $60^\circ$ ,  $-30^\circ$  až  $30^\circ$  a v některých provedeních nemusí být symetrický, tj. může být například  $-60^\circ$  až  $30^\circ$  vůči natočení z obr. 1. Hranice tohoto intervalu jsou voleny zejména s ohledem na to, aby nedošlo k utržení přívodů filamentu do tiskových jednotek 2 (nejsou zobrazeny), a také s ohledem na tištěné objekty 14. Střed otáčení je přitom výhodně ve středu sestavy tiskové hlavy při pohledu shora. Toto provedení je výhodné zejména pro tisk tištěných objektů 14, které jsou výrazně zahnuté nebo zaoblené. V provedení z obr. 1 je pro tisk zahnutých tvarů nutné kombinovat posun v obou vodorovných osách X a Y, což může výrazně namáhat manipulátor 9. V provedení z obr. 10 umožňuje otáčení kolem svislé osy snížit namáhání posuvných částí manipulátoru 9.

Jak je patrné z obr. 11, v tomto příkladném provedení mohou být vzájemně otáčeny i řady tiskových jednotek 2, čehož je možné dosáhnou samostatným otočným uchycením řad a otáčecí částí manipulátoru 9. Toto natáčení řad je vhodné pro tisknutí zakřivených motivů, protože každá tisková jednotka může v takovém případě tisknout na trochu jiné trajektorii, jak je rovněž patrné z obrázků. Při posunu sestavy přibližně kolmo vůči směru tisku, tj. při dokončení řádku tisku, je pak výhodné u zakřivených tištěných objektů 14 upravit vzájemný sklon řad. V souvislosti s tím je dále výhodné, když jsou podavače 4 filamentu mezi různými tiskovými jednotkami 2 vzájemně nezávislé, aby různé tiskové jednotky mohly za stejný čas vydat různá množství extrudovaného filamentu. Je totiž zřejmé, že když se tisková jednotka dále od středu křivosti tištěného objektu 4

pohybuje po delší trajektorii, měla by výhodně zároveň extrudovat více filamentu, ve srovnání s jednotkami blíže středu křivosti. Jak je patrné z obr. 11, 3D tiskárna může zahrnovat dvě otočné sestavy tiskové hlavy. Každá tisková hlava pak může tisknout vlastní tištěný objekt 14 nebo může tisknout část společného tištěného objektu 14.

5

Výše popsané alternativy je možné vzájemně kombinovat, pokud to jejich podstata přímo nevylučuje. Například tak je možné na sestavě tiskové hlavy dle vynálezu kombinovat různé počty a uspořádání tiskových jednotek 2 s různými způsoby chlazení, různě provedenými tiskovými rameny 7 nebo aktuátory 8 tiskových ramen atd. 3D tiskárna dle vynálezu může zahrnovat i vícero různě provedených sestav tiskové hlavy, které se mohou vzájemně lišit například počtem a/nebo uspořádáním tiskových jednotek 2, šířkou extruze, druhem chladicího mechanismu 5, případně i druhem filamentu apod.

10

#### 15 Průmyslová využitelnost

Výše popsané řešení je možné využít pro 3D tisk nejrůznějších objektů, ovšem největší výhody přinese při tisku pravidelných objektů s opakujícími se motivy, např. modulárních stavebních bloků.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny zahrnující nosič (1) tiskové hlavy a tiskovou hlavu (10) zahrnující alespoň čtyři tiskové jednotky (2), které jsou uspořádány alespoň ve dvou ve vzájemném  
 5 odstupu provedených řadách, kde každá tisková jednotka (2) zahrnuje extruder (3), podavač (4) filamentu, chladicí mechanismus (5) a trysku (6), **vyznačující se tím**, že tiskové jednotky (2) ve vzájemném odstupu jsou uzpůsobeny k současnému tisku v různých, vzájemně odsazených rovinách tisku, přičemž tiskové jednotky (2) v jedné řadě jsou uzpůsobeny k tisku v jiné rovině než tiskové jednotky (2) uspořádané v jiné řadě odsazením tiskových jednotek v různých řadách ve  
 10 směru kolmém na roviny tisku, přičemž sestava dále zahrnuje alespoň dvě tisková ramena (7) spojená s nosičem (1) tiskové hlavy ve vzájemném odstupu, přičemž tiskové jednotky (2) z každé řady jsou umístěny na tiskovém rameni (7) a tisková ramena (7) jsou pro výškové nastavení tiskových ramen (7) uspořádána na překlápěcím rameni, které je otočně připojeno k nosiči (1) tiskové hlavy a opatřeno aktuátorem (8) tiskového ramene.

15 2. Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vzájemný odstup tiskových jednotek (2) v rovině tisku je nastavitelný.

3. Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny podle kteréhokoliv z nároků 1 až 2, **vyznačující se tím**, že každá tisková jednotka (2) zahrnuje dva za sebou umístěné podavače (4) filamentu, přičemž každý podavač (4) filamentu zahrnuje dvojici ozubených kol uzpůsobených pro vedení filamentu mezi  
 20 nimi.

4. Sestava tiskové hlavy 3D tiskárny podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že na každé tiskové jednotce (2) je podavač (4) filamentu vzdálenější od trysky (6) uzpůsoben k rychlejšímu otáčení ozubených kol během části tiskového procesu než podavač (4) filamentu blíže trysce (6).

5. 3D tiskárna zahrnující rám (12) a tiskovou podložku (11), **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje sestavu tiskové hlavy 3D tiskárny podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4 a manipulátor (9) pro posun  
 25 tiskové hlavy (10).

6. 3D tiskárna podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje alespoň jednu doplňkovou tiskovou jednotku (2), uzpůsobenou pro pohyb v rovině rovnoběžné s rovinami tisku nezávisle na ostatních tiskových jednotkách (2).

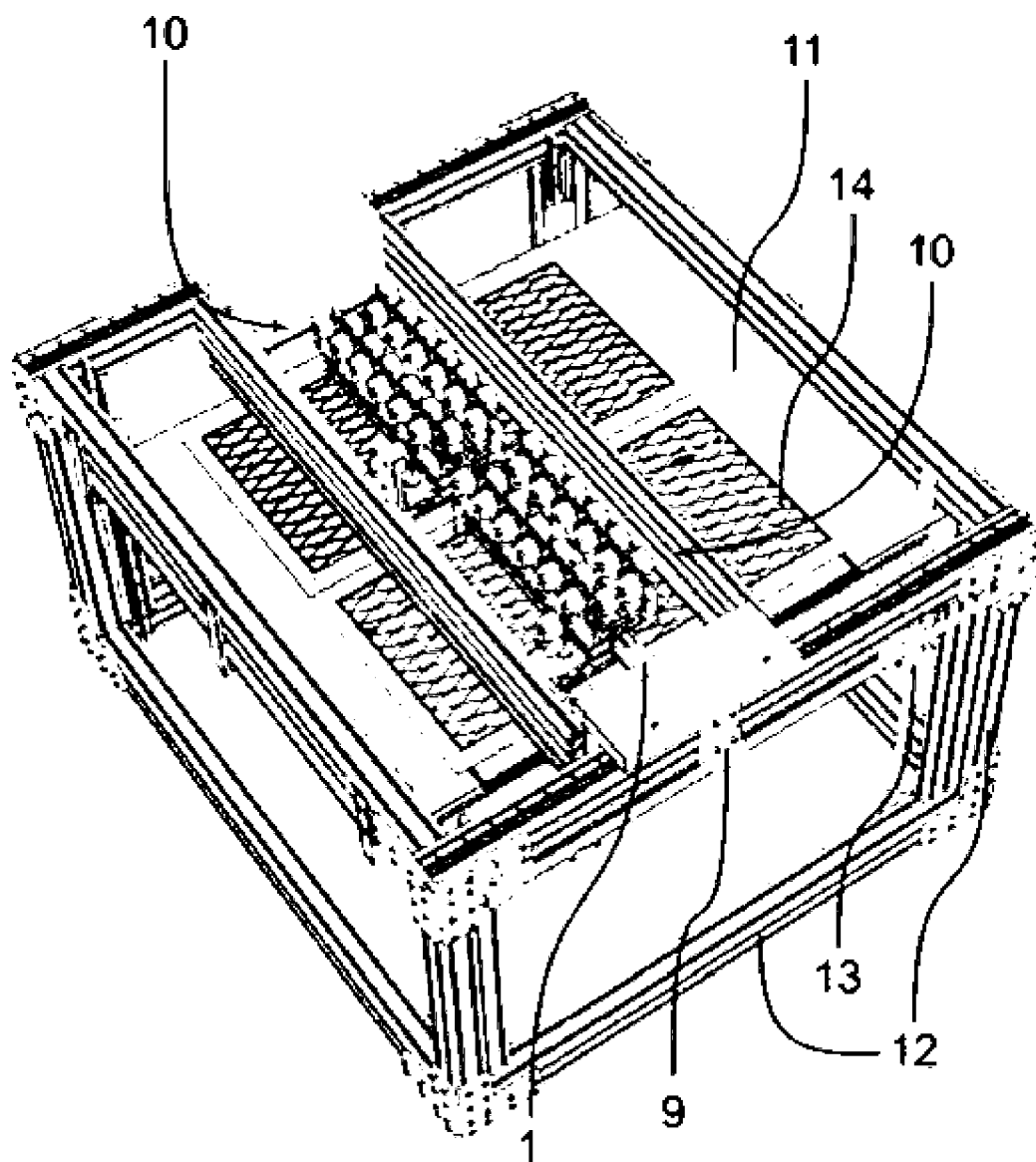
30 7. 3D tiskárna podle kteréhokoliv z nároků 5 až 6, **vyznačující se tím**, že tisková hlava (10) je k rámu (12) upevněna otočně kolem osy kolmé na tiskovou podložku (11), přičemž 3D tiskárna dále zahrnuje manipulátor (9) pro otáčení tiskové hlavy (10).

## 8 výkresů

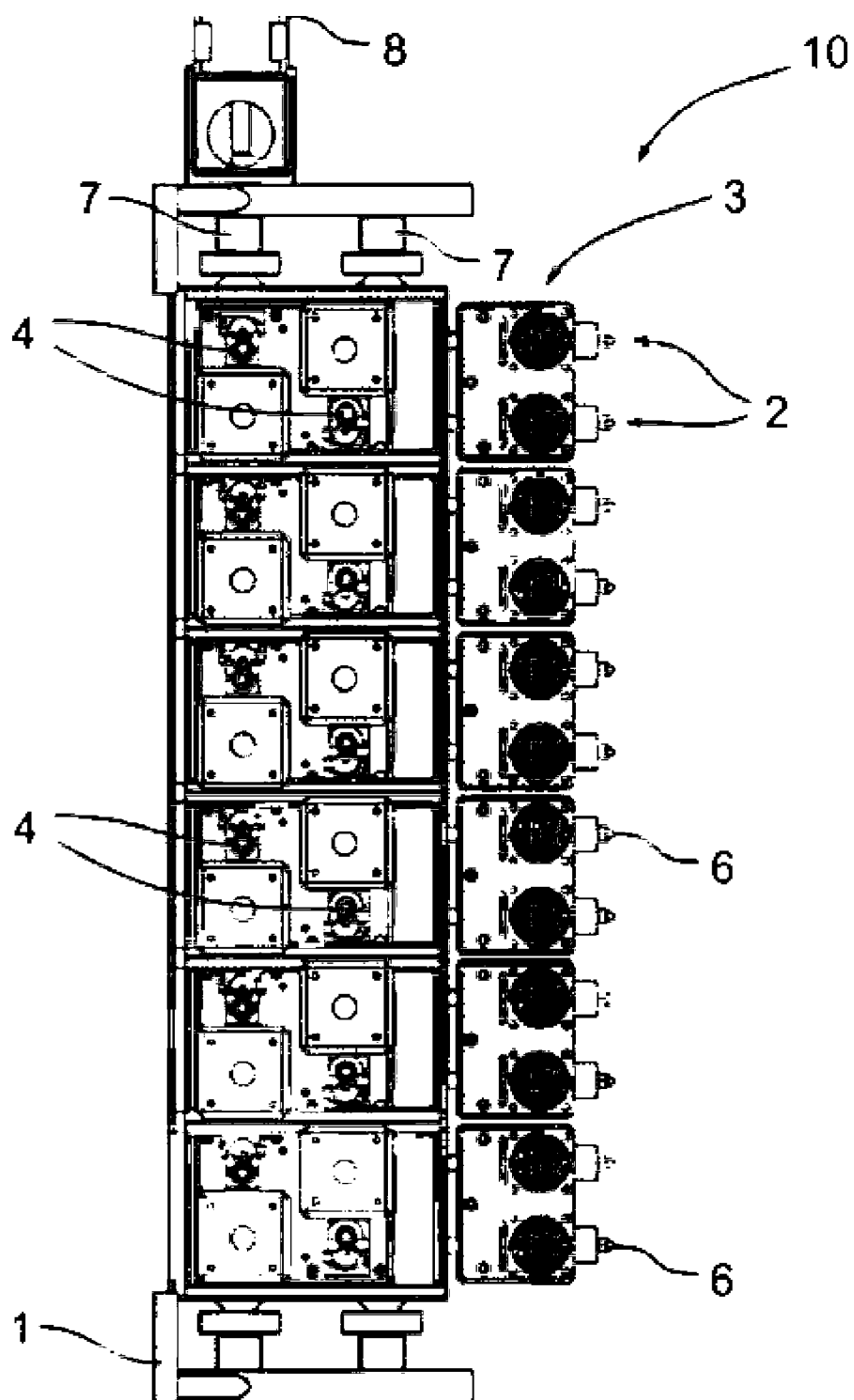
## Seznam vztahových značek:

- 1 nosič tiskové hlavy
- 2 tisková jednotka
- 3 extruder
- 4 podavač filamentu
- 5 chladicí mechanismus
- 6 tryska
- 7 tiskové rameno
- 8 aktuátor tiskového ramene
- 9 manipulátor

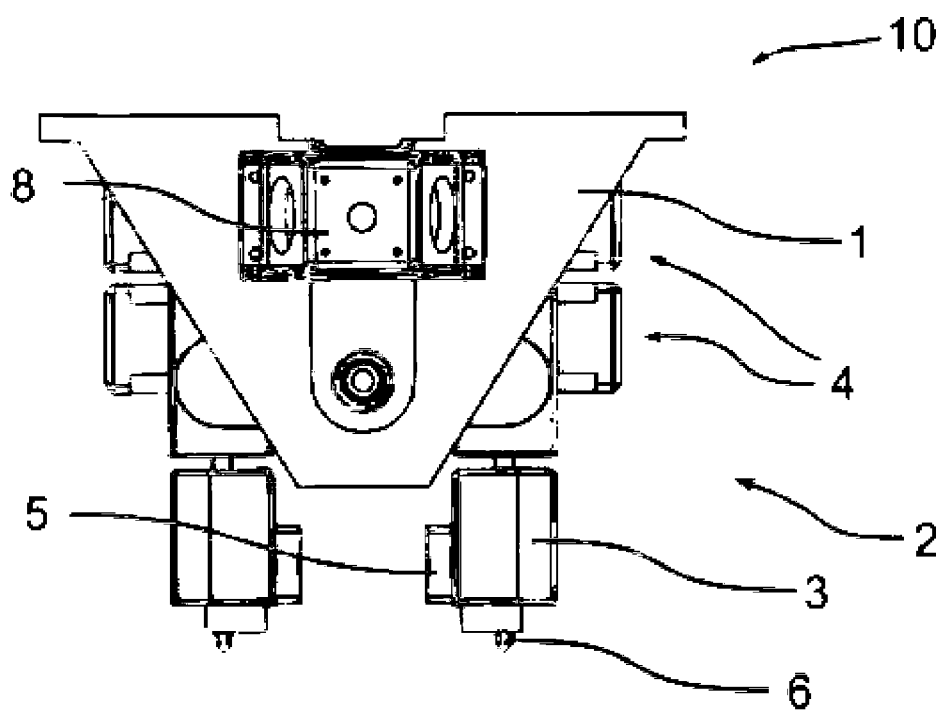
- 10 tisková hlava
- 11 tisková podložka
- 12 rám
- 13 manipulátor tiskové podložky
- 14 tištěný objekt



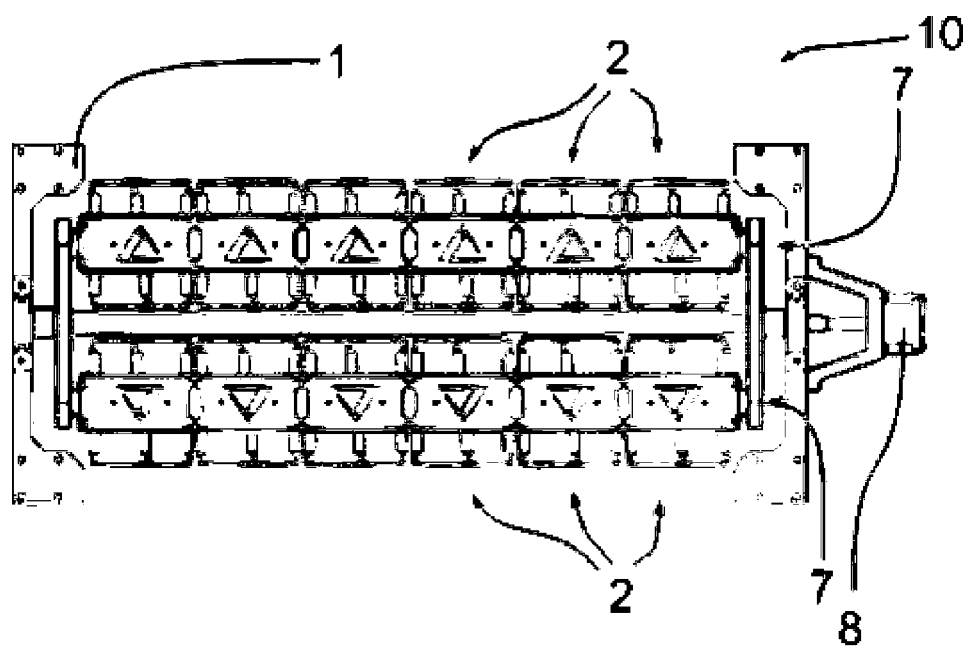
Obr .1



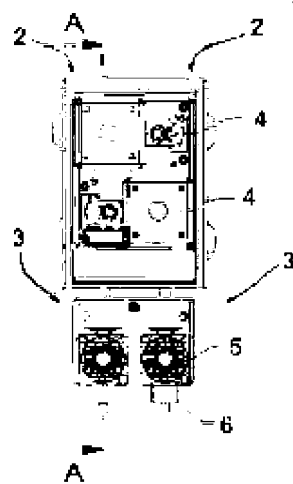
Obr. 2



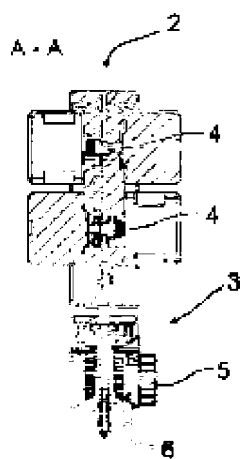
Obr. 3



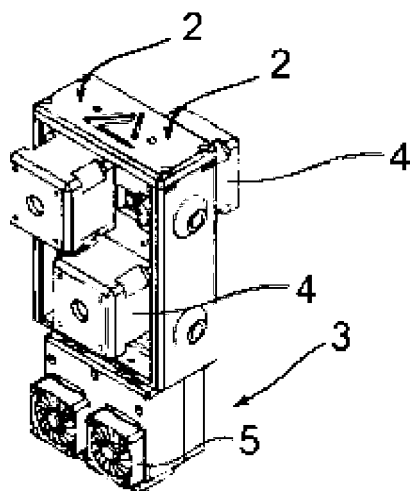
Obr. 4



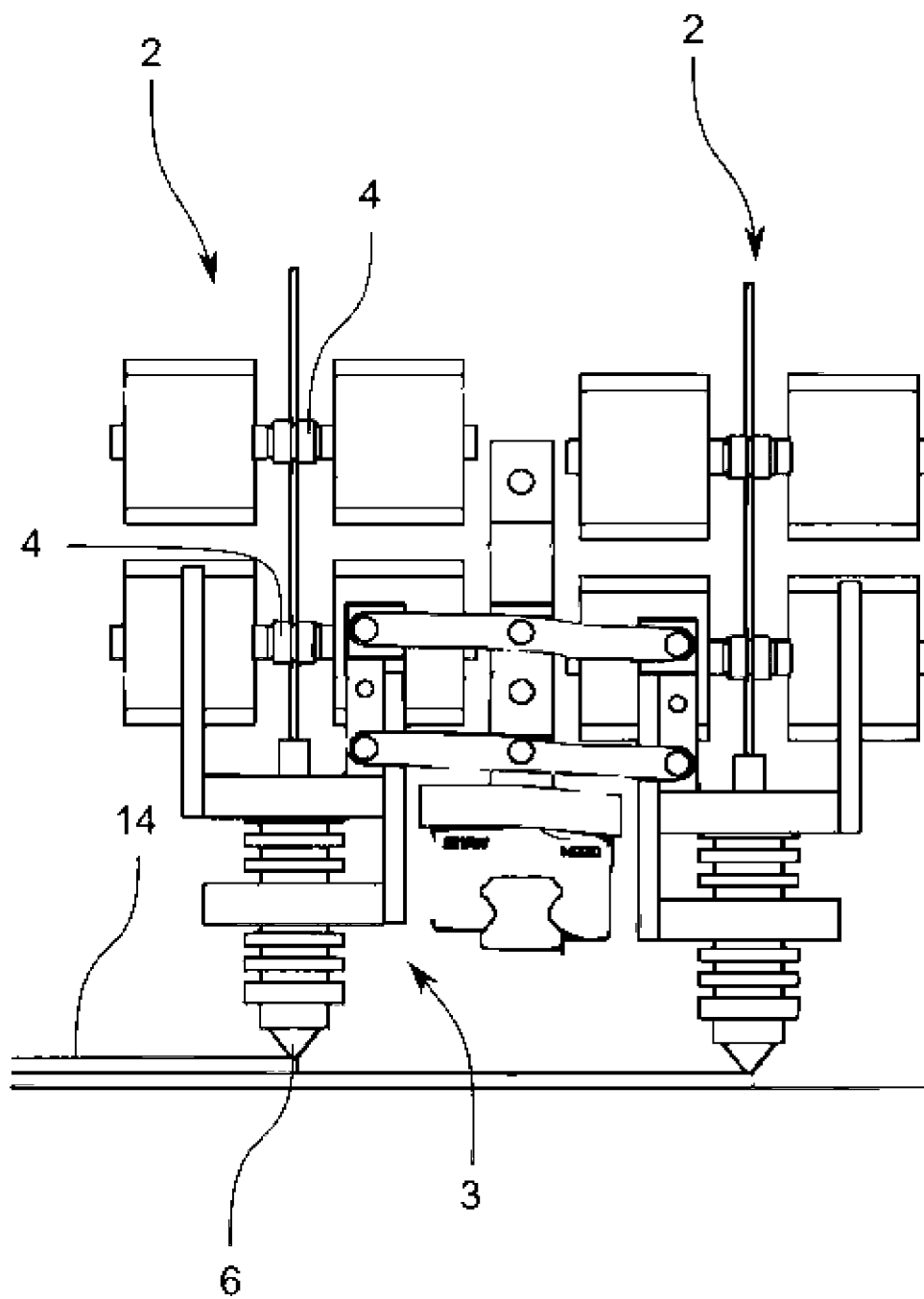
Obr. 5



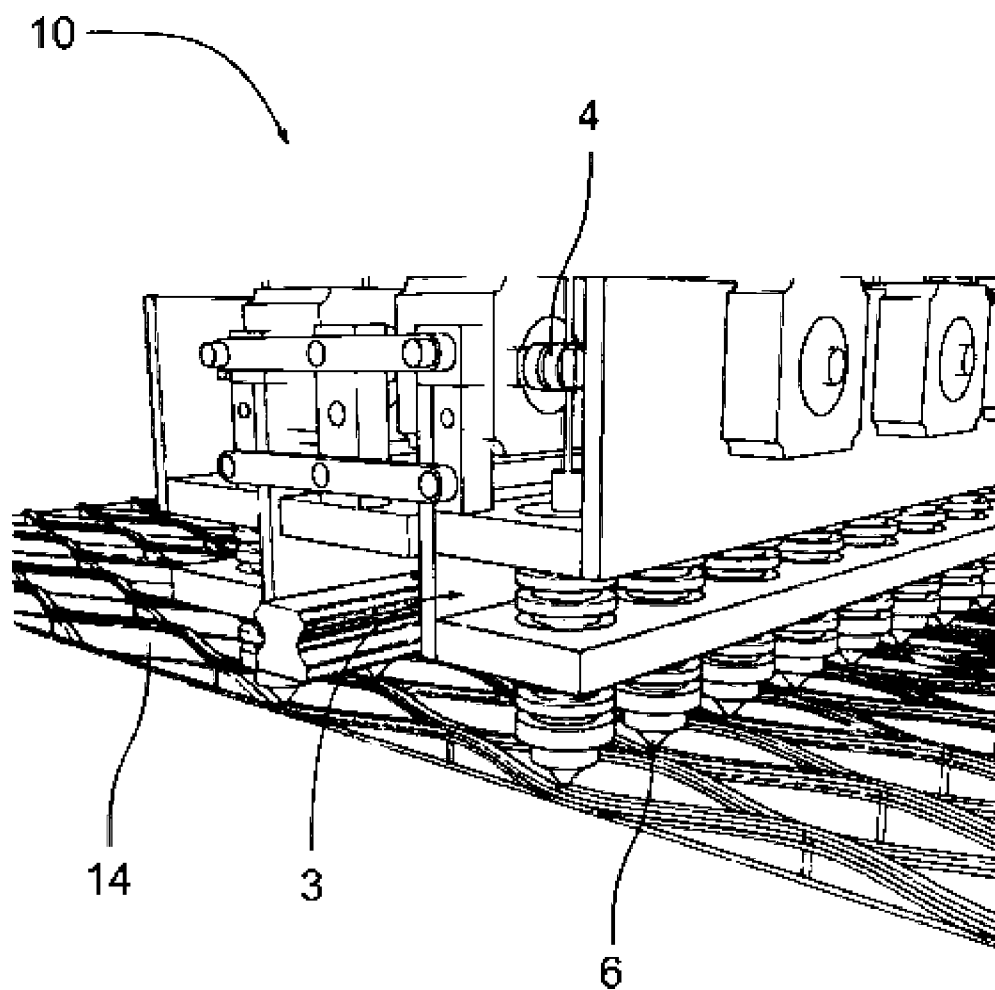
Obr. 6



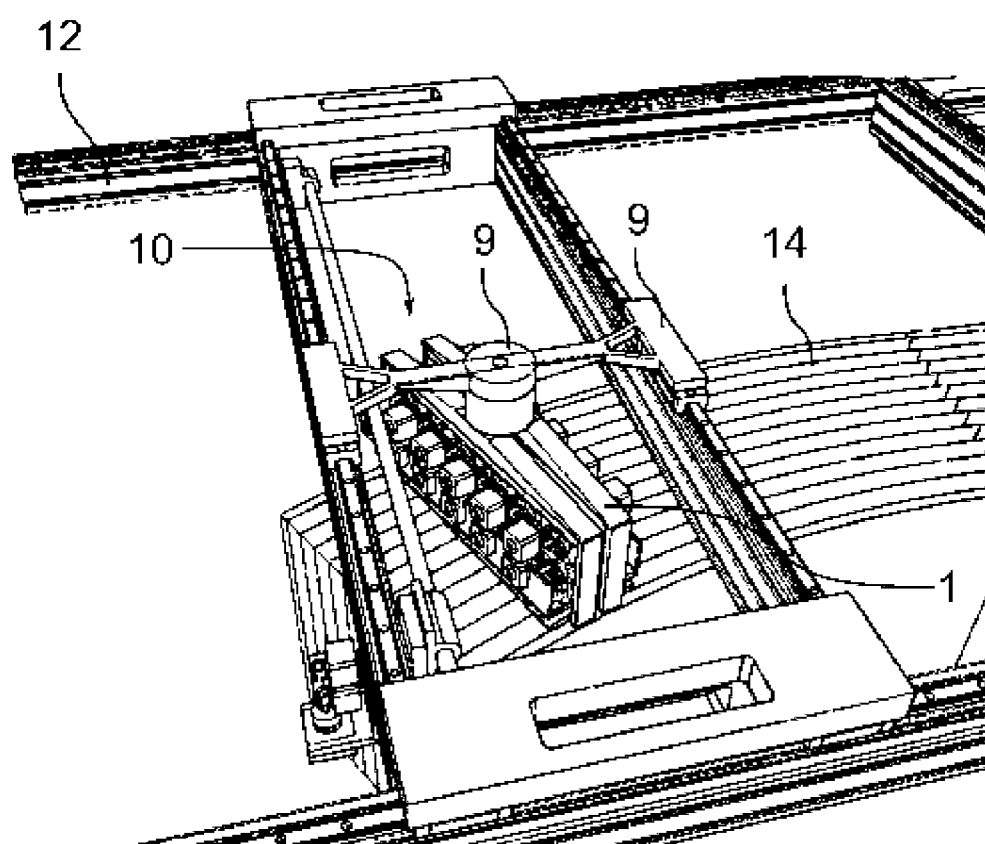
Obr. 7



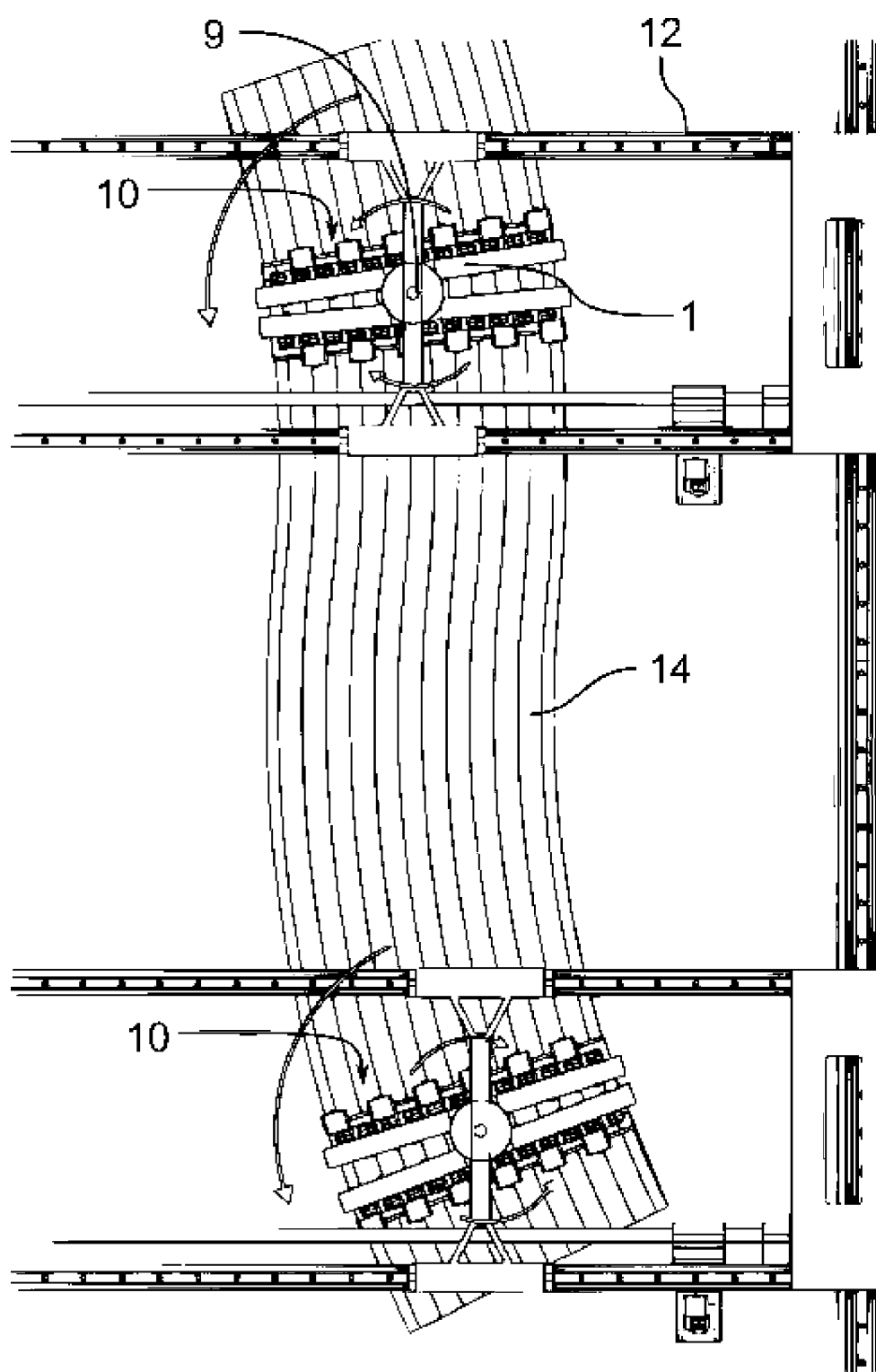
Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10



Obr. 11