

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2024-9

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.:

B29C 64/20 (2017.01)
B29C 64/209 (2017.01)
B29C 64/30 (2017.01)
B29C 64/118 (2017.01)
B29C 35/16 (2006.01)
B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 40/00 (2020.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 10.01.2024

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 19.02.2025
(Věstník č. 8/2025)

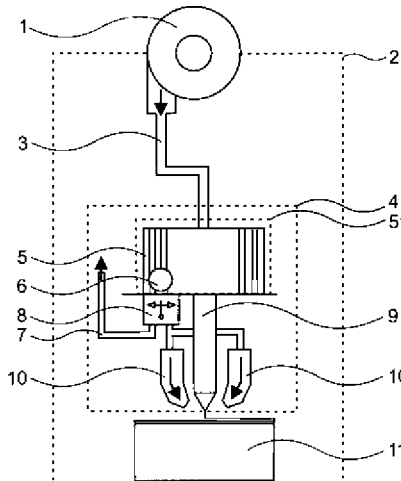
(71) Přihlašovatel:
TRILAB Group s.r.o., Hradec Králové, CZ

(72) Původce:
Ing. Petr Brandejs, Čeperka, CZ
Matěj Supík, Blovice, CZ

(74) Zástupce:
Mgr. Matěj Machů, Ph.D., Senovážné náměstí
978/23, 110 00 Praha 1, Nové Město

(54) Název přihlášky vynálezu:
Systém chlazení výtisku pro 3D tiskárny

(57) Anotace:
Systém chlazení výtisku pro 3D tiskárny, kde je zdroj (1) chladicího vzduchu, příkladně v podobě ventilátoru, umístěn mimo tiskovou hlavu (4), příkladně na rámu (2) 3D tiskárny, a je spojen prostřednictvím vedení (3) chladicího vzduchu s kanálem osazeným klapkou (8) pro přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu mezi alespoň jednu trysku (10) směřující k vyústění extrudéru (9) pro chlazení deponovaného materiálu (11) a mezi výfuk (7) ústící do volného prostoru, přičemž kanál osazený klapkou (8) je umístěn na tiskové hlavě (4) a dále je ke klapce (8) připojen prostřednictvím táhla (61) motor (6) pro zajištění pohybu klapky (8). Výhodně se mezi vedením (3) chladicího vzduchu a kanálem osazeným klapkou (8) nachází skříň (51) chladiče (5) extrudéru (9) pro chlazení žebër chladiče (5) extrudéru (9).



System chlazení výtisku pro 3D tiskárny

Oblast techniky

Vynález spadá do oblasti aditivní výroby trojrozměrných předmětů nanášením kontinuální kapky viskózního materiálu v podobě roztaveného vláknitého materiálu a týká se zařízení pro takovou aditivní výrobu, a to specificky jejich součástí pro nanášení vrstev v podobě tiskové hlavy a systému chlazení výtisku, a dále se týká postupů aditivní výroby s využitím těchto zařízení.

Dosavadní stav techniky

Chlazení výtisku je u 3D tiskáren založených na metodě postupného vrstvení roztaveného plastového filamentu jedním z kritérií klíčových pro vytvoření kvalitního výtisku. Jednak proto, že tisk musí být vždy prováděn na již vytvrzené vrstvě extrudovaného materiálu, jelikož v opačném případě hrozí deformace výtisku, kdy se poslední nevytvrzená vrstva extrudovaného materiálu bude oddělovat od vrstvy předchozí, a dále je při tisku převisů nebo mostů důležité co nejdříve zchladit a zpevnit plast na místě, aby nedošlo k prověšení takovéto struktury. Koncept 3D tiskárny využívající aktivní chlazení výtisku je znám příkladně z dokumentu US 2018056608 A1, v němž ovšem není specifikována konstrukce či princip zdroje chladicího plynu, či z dokumentu EP 4275868 A1.

Za účelem chlazení je většina 3D tiskáren na svých tiskových hlavách opatřena ventilátory pro chlazení výtisku, které foukáním okolního vzduchu na deponovaný materiál chlazení výrazně zrychlují. Takovéto řešení je známo příkladně z dokumentu EP 3323594 A1, kde je tisková hlava osazena ventilátorem vhánějícím vzduch do vnitřního prostoru krytu extrudéry, který je dále trubicemi veden a zacílen do vnějšího okolí trysky extrudéry, přičemž řízení hodnoty průtoku vzduchu k výtisku je u tohoto řešení možné pouze změnou otáček ventilátoru. Jelikož roztočení ventilátoru z úplného klidu na požadovanou hodnotu otáček trvá významně dlouhou dobu, která by celkový tiskový čas neúměrně prodlužovala a významně snižovala dynamiku systému chlazení výtisku, je u těchto řešení a jim podobných systémů za účelem zkrácení celkového tiskového času ventilátor udržován v chodu, a to alespoň minimální rychlostí. U některých deponovaných plastových materiálů ovšem může takovéto kontinuální, byť minimální, chlazení naopak kvalitu výtisku zhoršit a způsobit deformaci nebo oddělení vrstev. Další nevýhodou takového řešení je přítomnost ventilátoru přímo na tiskové hlavě, kdy vibrace způsobené rotujícím ventilátorem negativně ovlivňují přesnost depozice materiálu, a v důsledku tak limitují tiskové rozlišení. Umístění ventilátoru na tiskové hlavě má také při vysokých rychlostech zásadní vliv na životnost komponent tiskové hlavy, jakožto i samotného ventilátoru. Skutečnost, že je ventilátor zdrojem podstatných vibrací, a současně také vliv vibrací na životnost samotného ventilátoru jakožto technický problém jsou demonstrovány příkladně dokumentem US 8043049 B2.

Z dokumentu US 2022203613 A1 je známo řešení systému přivádějícího chladicí vzduch do okolí extrudéry tiskové hlavy, přičemž zdrojem chladicího vzduchu je externí kompresorová jednotka vedoucí vzduch přes redukční ventil do tepelného výměníku umožňujícího chlazení i ohřev protékajícího vzduchu a dále do trojcestného ventilu řídícího průtok vzduchu k extrudéru tak, že proud variabilně rozděluje mezi trubici zakončenou tryskami ústícími u extrudéry a výdech vedoucí do volného prostoru tiskárny. Vzhledem k principiální objemnosti třicestných ventilů jakožto ucelených komponent nemůže být samotný ventil umístěn na tiskové hlavě v těsné blízkosti extrudéry, a mezi ventilem a extrudérem tedy musí být vzduchové vedení, které vzhledem ke stlačitelnosti vzduchu jako média způsobuje prodlevu mezi změnou polohy ventilu a změnou proudění chladicího vzduchu u samotného ústí extrudéry. Vzhledem k této prodlevě, která vychází již ze samotné koncepce tohoto řešení, neumožňuje řešení popsané v citovaném dokumentu tisk ve velmi vysokém rozlišení teplotní depoziční mapy.

Úkolem předkládaného vynálezu je představit řešení chlazení výtisku pro 3D tiskárny odstraňující identifikované nedostatky stavu techniky tím, že umožňuje měnit hodnotu průtoku chladicího vzduchu v rozmezí od nulového do maximálního průtoku, a to v tak krátkém časovém intervalu, že chlazení deponované vrstvy zbytečně neprodlužuje dobu trvání tisku. Dále umožňuje kontinuální depozici vrstvy společně s rozdílnou mírou chlazení vybraných úseků, a to ve velmi vysokém rozlišení teplotní depoziční mapy i při vysokých tiskových rychlostech. V neposlední řadě se vyznačuje jednoduchou strukturou, která nevytváří vibrace negativně ovlivňující přesnost depozice. Tyto výhody společně vedou k vysoké kvalitě a mechanické stabilitě tištěného předmětu.

Podstata vynálezu

Podstatou vynálezu je systém chlazení výtisku pro 3D tiskárny odstraňující výše identifikované nedostatky stavu techniky tím, že zahrnuje zdroj chladicího vzduchu umístěný na těle 3D tiskárny mimo tiskovou hlavu, flexibilní vedení vzduchu hnaného od zdroje chladicího vzduchu ke klapce umístěné v těsné blízkosti extrudéry tiskové hlavy, přičemž klapka je uzpůsobena tak, že přesměrovává či rozděluje proudění chladicího vzduchu mezi alespoň jednu trysku ústící k vyústění extrudéry, tedy do prostoru depozice, a výfuk vedoucí do volného prostoru 3D tiskárny.

Prvek v podobě klapky přesměrovávající či rozdělující proudění chladicího vzduchu mezi trysky ústící k vyústění extrudéry tiskové hlavy, kde chladí deponovaný materiál, a mezi výfuk ústící do volného prostoru umožňuje, aby zdroj chladicího vzduchu, kterým je příkladně ventilátor, zajišťoval kontinuální a dostatečné množství přiváděného chladicího vzduchu tak, aby v každém momentu probíhajícího 3D tisku bylo toto množství k dispozici pro přesměrování k chlazení deponovaného materiálu. Vzhledem k umístění ventilátoru mimo tiskovou hlavu může být 3D tiskárna osazena větším a výkonnějším ventilátorem či dmychadlem nebo turbínou, které z rozměrových důvodů nelze umístit na tiskovou hlavu, a díky tomu je možné docílit daleko většího průtoku vzduchu než s řešením ventilátoru umístěným na tiskové hlavě. V případě využití nižšího než nejvyššího provozního průtoku či nulového průtoku k chlazení deponovaného materiálu je množství chladicího vzduchu, které není k chlazení využito, vypuštěno do prostoru tiskárny mimo prostor depozice.

Oproti teoretickému řešení, které omezuje průtok chladicího vzduchu příkladně škrticím ventilem, nedochází v systému podle vynálezu ke zvýšení tlaku v části systému přivádějící chladicí vzduch. Tímto je dosaženo okamžité dispozice chladicího vzduchu ve kterémkoli momentu depozice. V případě, že by ke zvýšení tlaku docházelo, muselo by toto být příkladně kompenzováno snížením výkonu zdroje chladicího vzduchu, přičemž následné navýšení výkonu zpět na nejvyšší provozní průtok by vyžadovalo příliš dlouhý čas, a to řádově v jednotkách sekund. Změna tlaku v části systému přivádějící chladicí vzduch by zároveň vyžadovala zpětnovazební mechanismus zahrnující tlakoměr a upravující polohy prvku dávajícího chladicí vzduch do prostoru depozice v závislosti na aktuálním systémovém tlaku, což by představovalo významně komplikované řešení. Systém podle vynálezu s konstantním tlakem v části systému přivádějící chladicí vzduch a konstantním průtokem přiváděného chladicího vzduchu je současně konstrukčně jednodušším a efektivnějším.

Kontinuální průtok přiváděného chladicího vzduchu v systému podle vynálezu dále umožňuje tento vzduch využít k chlazení dalších součástí tiskárny, zejména chladiče (takzvaného heatsinku) extrudéry, průtokem přiváděného chladicího vzduchu přes tento chladič. Odvod tepla z chladiče extrudéry je běžně u 3D tiskáren podle stavu techniky řešen druhým samostatným ventilátorem umístěným přímo na tiskové hlavě, což představuje zdroj významných vibrací tiskové hlavy omezujících možnosti tisku o vysokém prostorovém rozlišení. Systém podle vynálezu eliminuje nutnost přítomnosti tohoto ventilátoru v či na konstrukci tiskové hlavy, a tím

také dosahuje snížení hmotnosti tiskové hlavy.

Pro dosažení účinku vynálezu je nezbytné, aby k přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu docházelo v těsné blízkosti prostoru depozice. Komponenta přesměrovávající či rozdělující proudění chladicího vzduchu tedy musí splňovat zástavbové podmínky definované velmi omezeným prostorem v okolí extrudéru. Z tohoto důvodu je ze stavu techniky známé řešení v podobě trojcestného ventilu neaplikovatelné. Konstrukce podle vynálezu proto zahrnuje klapku umístěnou v těsné blízkosti prostoru depozice, jakožto komponentu přesměrovávající či rozdělující proudění chladicího vzduchu, čímž je dosaženo minimalizace vzdálenosti mezi touto komponentou a prostorem depozice, a je tak minimalizována prodleva mezi změnou polohy a přívodem chladicího vzduchu do prostoru depozice. Pro dosažení účinku vynálezu je dále nezbytné zajistit velmi rychlou změnu polohy klapky k přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu. Klapka je za tímto účelem ovládána krokovým motorem či servomotorem dosahujícím vysoké úhlové rychlosti řízeným výpočetní jednotkou 3D tiskárny, jež obsahuje firmware s tím, že jeho program je před tiskem konfigurován pro ovládání klapky ve vztahu k programu tisku a jemu příslušné teplotní mapě.

Výše popsaný systém podle vynálezu dosahuje času, který je nutný pro změnu rychlosti proudění chladicího vzduchu do prostoru depozice k chlazení deponovaného materiálu, v řádu jednotek až nižších desítek milisekund, což umožňuje rozdílnou míru chlazení vybraných úseků výtisku v rámci jedné tiskové vrstvy ve velmi vysokém rozlišení teplotní depoziční mapy. I v extrémním případě nejvyšší praktické rychlosti tiskové hlavy v tiskové rovině, která je 0,6 m/s, a se změnou intenzity chlazení deponovaného materiálu z 0 % na 100 %, které je přesměrováním chladicího vzduchu dosaženo za 40 ms, vykazuje systém rozlišení teplotní depoziční mapy 24 mm. Typicky se však jedná o požadovanou změnu intenzity chlazení deponovaného materiálu ve významně nižším procentuálním rozsahu při výrazně nižší rychlosti tiskové hlavy v tiskové rovině, kdy systém dosahuje přesměrování chladicího vzduchu v jednotkách milisekund.

Výhodně může být systém opatřen ještě druhou klapkou předsazenou chladiči extrudéru, která přesměrovává či rozděluje proudění vzduchu mezi vedení přes žebra chladiče pro jejich ochlazení a mezi obtok ve skřini chladiče, kdy chladicí vzduch není veden přes žebra chladiče, ale směřuje přímo k hlavní klapce, tedy ke klapce k přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu mezi trysky ústící k vyústění extrudéru tiskové hlavy, kde chladí deponovaný materiál, a mezi výfuk ústící do volného prostoru. Tato předsazená klapka přispívá k omezení nadměrného ochlazování chladiče extrudéru při vysokých průtocích vzduchu, přičemž neomezuje fungování hlavní klapky u extrudéru podle vynálezu, jelikož neomezuje proudění vzduchu vedené do prostoru depozice v žádné ze svých poloh tím, že všechny chladicí vzduch je vždy směřován k ní. Předsazená klapka je ovládána vlastním krokovým motorem či servomotorem řízeným výpočetní jednotkou 3D tiskárny, jež obsahuje firmware s tím, že jeho program volí polohu předsazené klapky v závislosti na aktuální teplotě chladiče.

Objasnění výkresů

V připojených výkresech zobrazuje:

obr. 1 schéma 3D tiskárny se systémem podle vynálezu s klapkou v tiskové hlavě;

obr. 2 axonometrický pohled na tiskovou hlavu 3D tiskárny se systémem podle vynálezu;

obr. 3 axonometrický pohled na kanál osazený klapkou v poloze přesměrování chladicího vzduchu k tryskám směřujícím k vyústění extrudéru tiskové hlavy;

obr. 4 axonometrický pohled na kanál osazený klapkou v poloze přesměrování chladicího vzduchu k výfuku ústícímu do volného prostoru 3D tiskárny;

obr. 5 axonometrický pohled na kanál osazený klapkou v poloze rozdělení chladicího vzduchu mezi trysky a výfuk;

5 obr. 6 schéma 3D tiskárny se systémem podle vynálezu ve výhodném provedení se dvěma klapkami; a

obr. 7 axonometrický pohled na tiskovou hlavu 3D tiskárny se systémem podle vynálezu s druhou klapkou předsazenou chladiči extrudéru.

10

Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1

15

Příklad popisuje konstrukci systému chlazení výtisku pro 3D tiskárny podle vynálezu s klapkou v tiskové hlavě.

Zdroj 1 chladicího vzduchu v podobě ventilátoru je umístěn na rámu 2 3D tiskárny mimo tiskovou hlavu 4. Ke zdroji 1 chladicího vzduchu je připojen jeden konec flexibilní hadice vedení 3 chladicího vzduchu, přičemž druhý konec flexibilní hadice vedení 3 chladicího vzduchu je připojen ke skříni 51 chladiče 5 extrudéru 9 tak, že chladicí vzduch hnaný zdrojem 1 chladicího vzduchu je veden kolem žeber chladiče 5 extrudéru 9 pro jejich chlazení. Skříň 51 chladiče 5 ve své dolní části obsahuje otvor pro odvod chladicího vzduchu, přičemž na otvor navazuje kanál osazený klapkou 8 pro přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu odváděného ze skříně 51 chladiče 5 mezi trysky 10 směřující k vyústění extrudéru 9 pro chlazení deponovaného materiálu 11 a mezi výfuk 7 ústící do volného prostoru 3D tiskárny. Klapka 8 je dále připojena prostřednictvím táhla 61 ke krokovému motoru 6 pro zajištění pohybu klapky 8 a nastavení její zvolené pozice v každém okamžiku tisku.

30

Příklad 2

Příklad popisuje konstrukci systému chlazení výtisku pro 3D tiskárny podle vynálezu ve výhodném provedení s předsazenou klapkou.

35

Zdroj 1 chladicího vzduchu v podobě dmyhadla je umístěn na rámu 2 3D tiskárny mimo tiskovou hlavu 4. Ke zdroji 1 chladicího vzduchu je připojen jeden konec flexibilní hadice vedení 3 chladicího vzduchu, přičemž druhý konec flexibilní hadice vedení 3 chladicího vzduchu je připojen ke skříni 51 chladiče 5 extrudéru 9 opatřené obtokem 52, kde je vstupní kanál do skříně 51 osazen předsazenou klapkou 80 pro přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu přiváděného do skříně 51 chladiče 5 s tím, že chladicí vzduch hnaný zdrojem 1 chladicího vzduchu je veden kolem žeber chladiče 5 extrudéru 9 pro jejich chlazení, nebo obtokem 52 mimo chladič 5 ke klapce 8. Předsazená klapka 80 je dále připojena prostřednictvím táhla ke krokovému motoru 60 pro zajištění pohybu předsazené klapky 80 a nastavení její zvolené pozice v každém okamžiku tisku. Skříň 51 chladiče 5 ve své dolní části obsahuje otvor pro odvod chladicího vzduchu od chladiče 5 či z obtoku 52, přičemž na otvor navazuje kanál osazený klapkou 8 pro přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu odváděného ze skříně 51 chladiče 5 mezi trysky 10 směřující k vyústění extrudéru 9 pro chlazení deponovaného materiálu 11 a mezi výfuk 7 ústící do volného prostoru 3D tiskárny. Klapka 8 je dále připojena prostřednictvím táhla 61 ke krokovému motoru 6 pro zajištění pohybu klapky 8 a nastavení její zvolené pozice v každém okamžiku tisku.

50

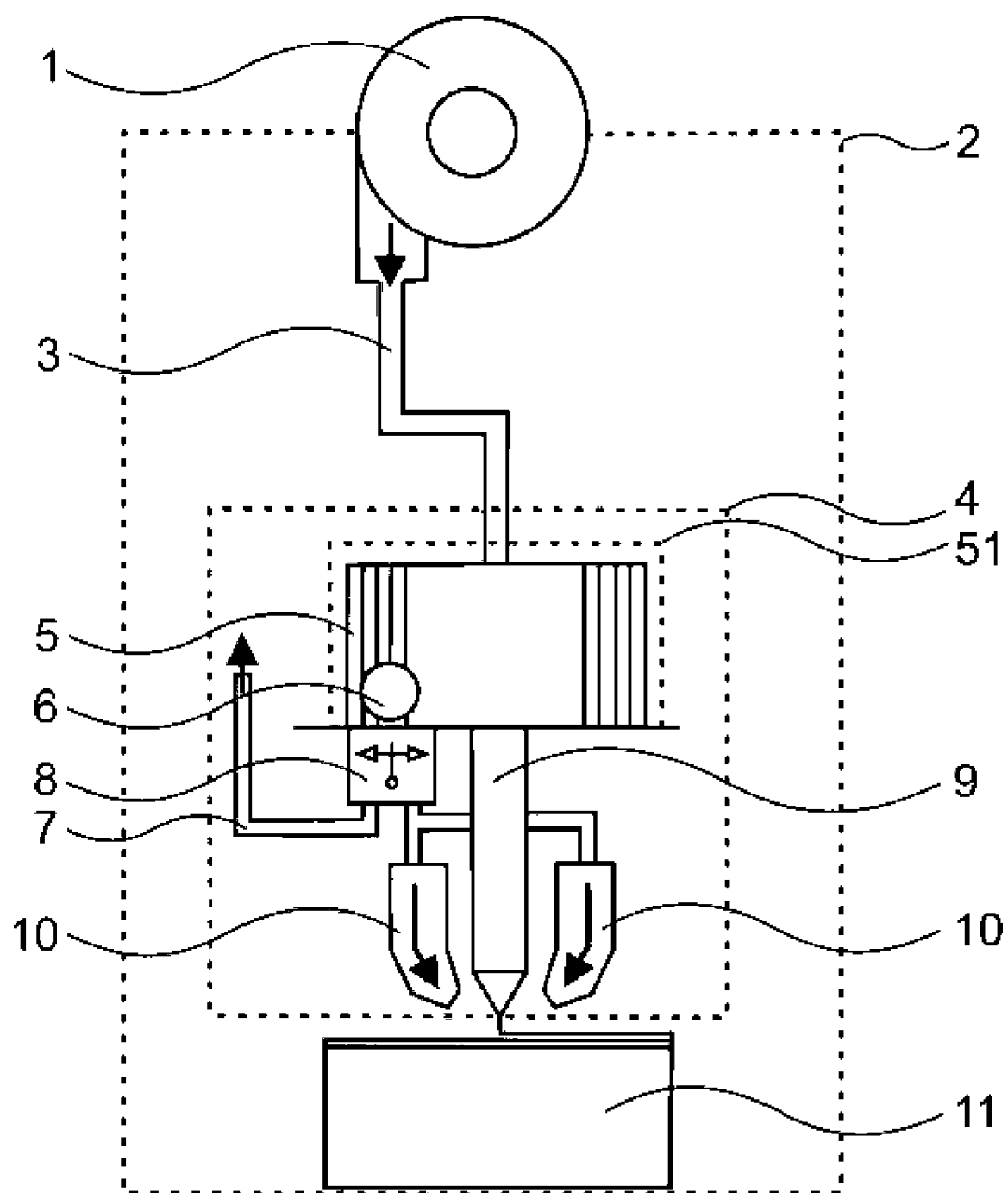
Průmyslová využitelnost

- 5 Systém chlazení výtisku pro 3D tiskárny je průmyslově využitelný v konstrukcích 3D tiskáren založených na metodě postupného vrstvení plastového materiálu.

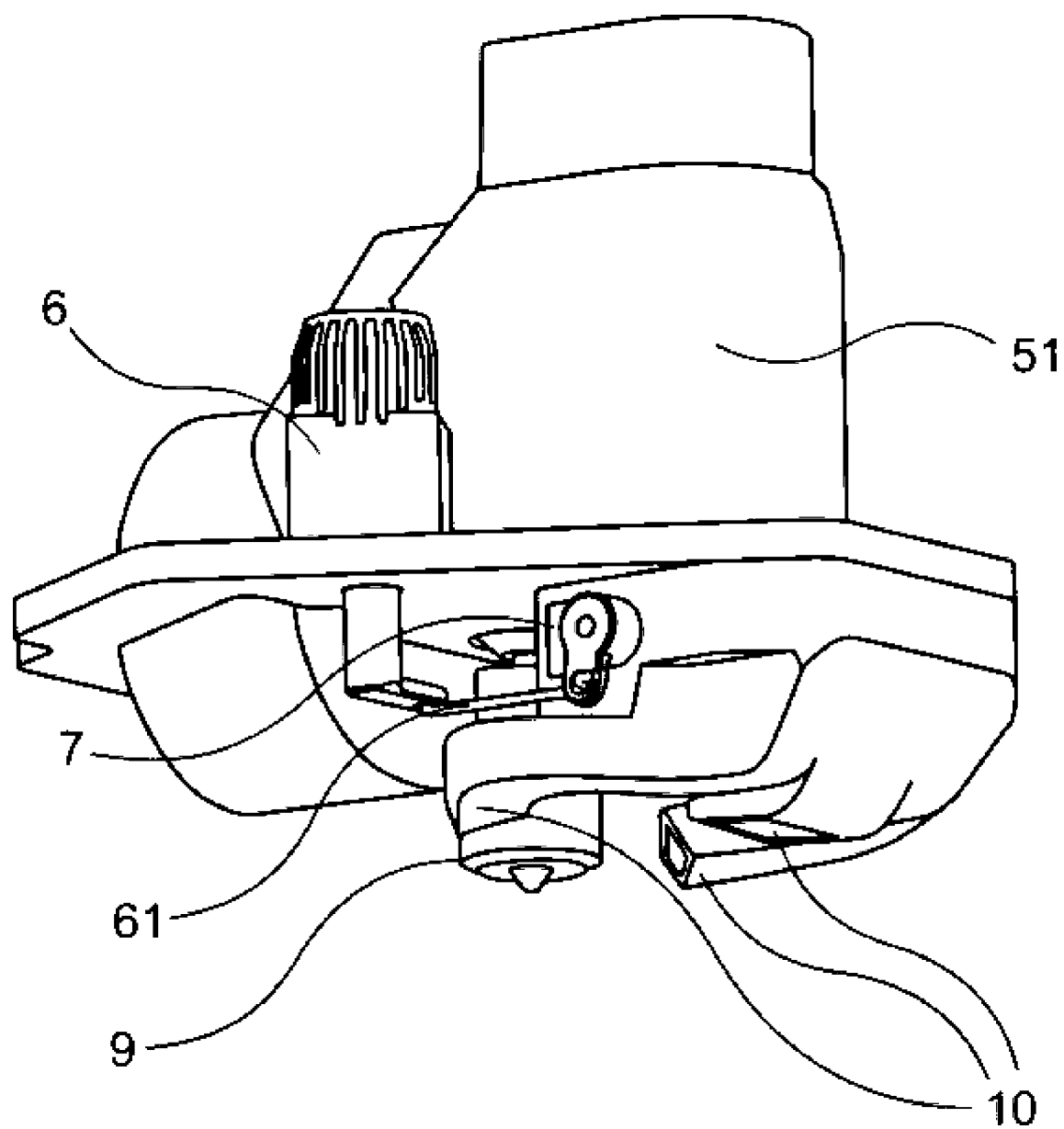
PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Systém chlazení výtisku pro 3D tiskárny, **vyznačující se tím**, že zdroj (1) chladicího vzduchu je umístěn mimo tiskovou hlavu (4) a je spojen prostřednictvím vedení (3) chladicího vzduchu s kanálem osazeným klapkou (8) pro přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu mezi alespoň jednu trysku (10) směřující k vyústění extrudéru (9) pro chlazení deponovaného materiálu (11) a mezi výfuk (7) ústící do volného prostoru, přičemž kanál osazený klapkou (8) je umístěn na tiskové hlavě (4) a dále je ke klapce (8) připojen motor (6) pro zajištění pohybu klapky (8).
- 10 2. Systém chlazení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že mezi vedením (3) chladicího vzduchu a kanálem osazeným klapkou (8) se nachází skříň (51) chladiče (5) extrudéru (9) pro chlazení žeber chladiče (5) extrudéru (9).
- 15 3. Systém chlazení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že vstupní kanál do skříně (51) je osazen předsazenou klapkou (80) pro přesměrování či rozdělení proudění chladicího vzduchu mezi chladič (5) extrudéru (9) a obtok (52) a dále je k předsazené klapce (80) připojen motor (60) pro zajištění pohybu předsazené klapky (80).
4. Systém chlazení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že zdrojem (1) chladicího vzduchu je ventilátor.
5. Systém chlazení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že zdrojem (1) chladicího vzduchu je dmychadlo.
- 20 6. Systém chlazení podle kteréhokoliv z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že zdroj (1) chladicího vzduchu je umístěn na rámu (2) 3D tiskárny.

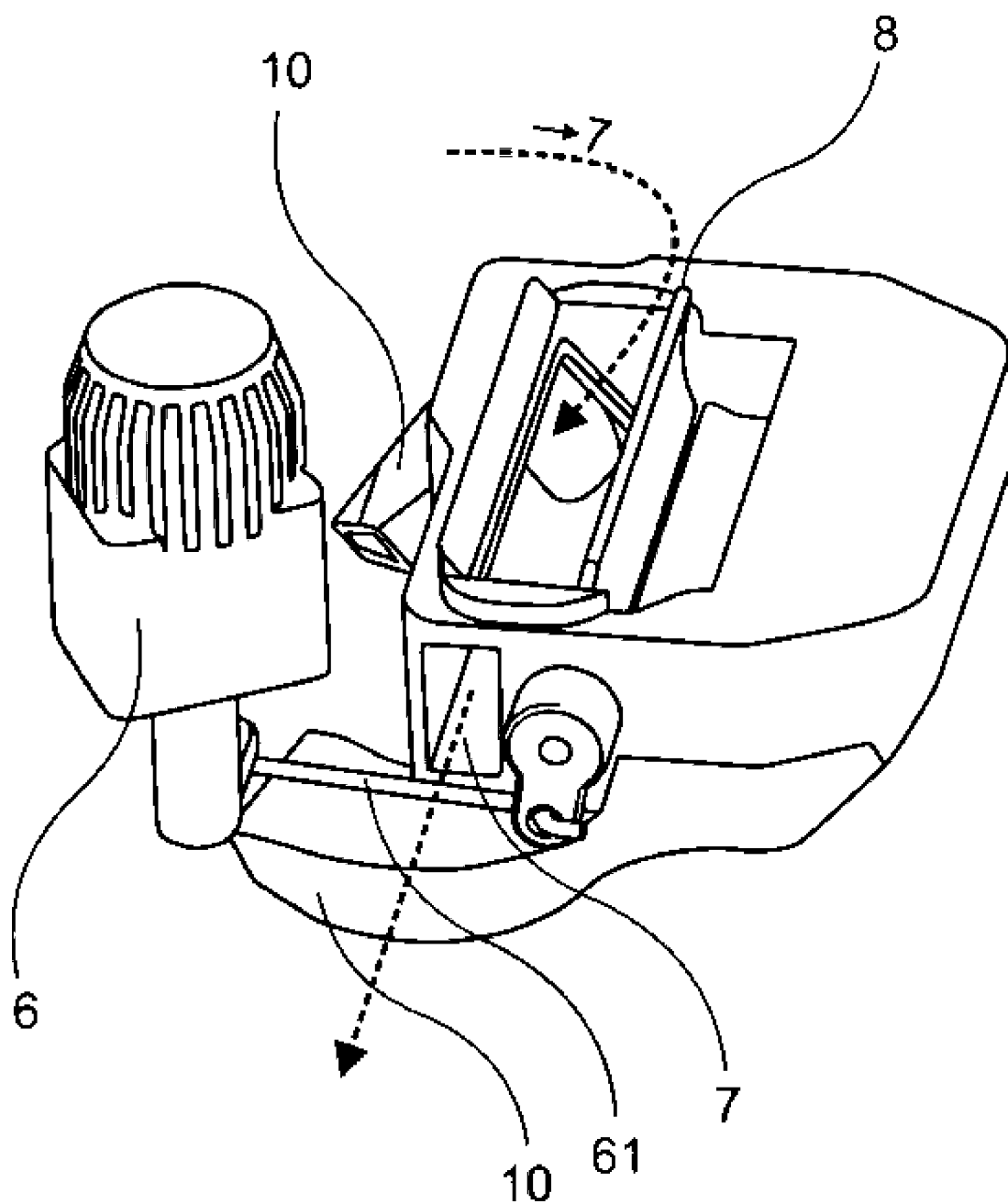
7 výkresů



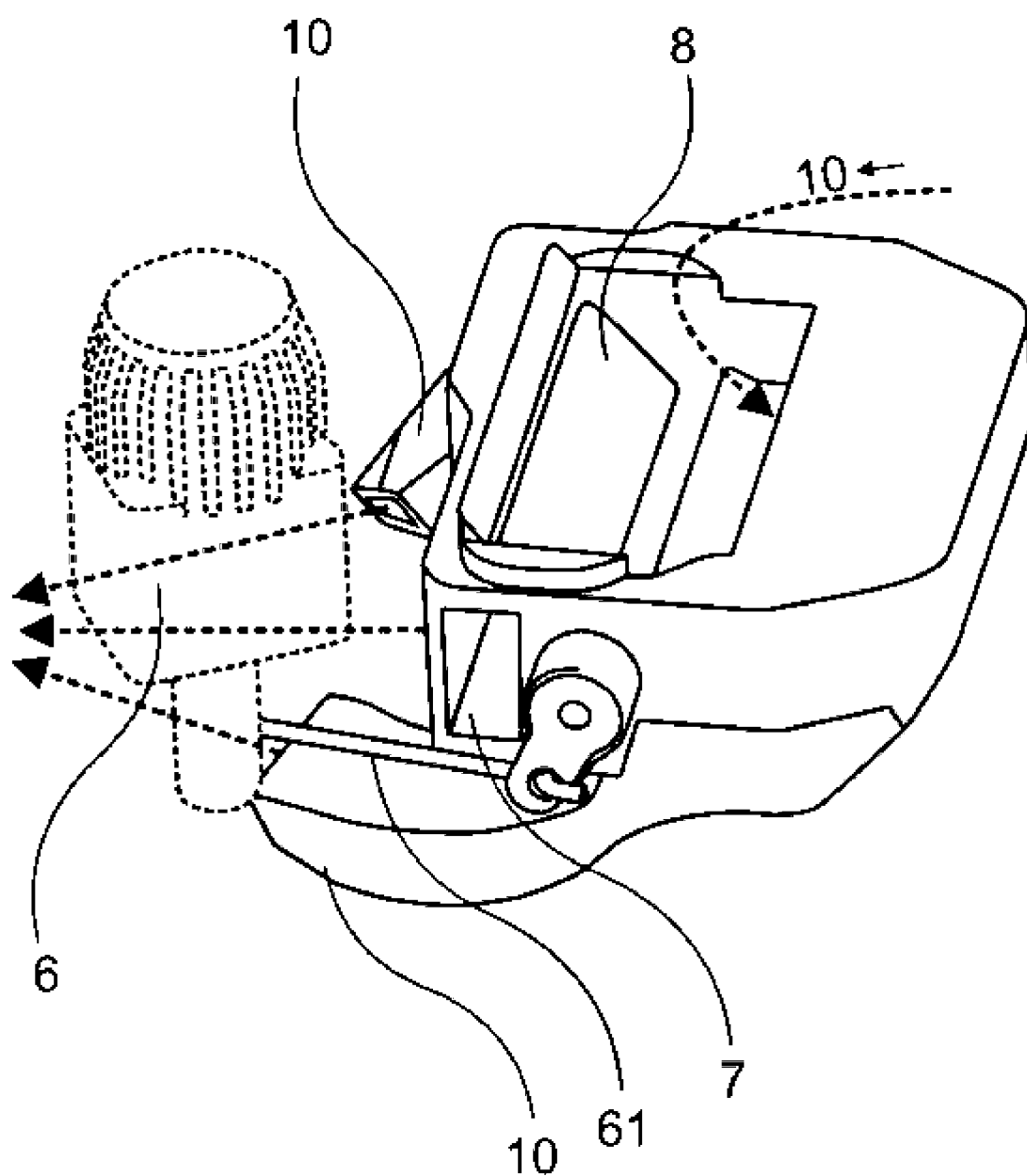
Obr. 1



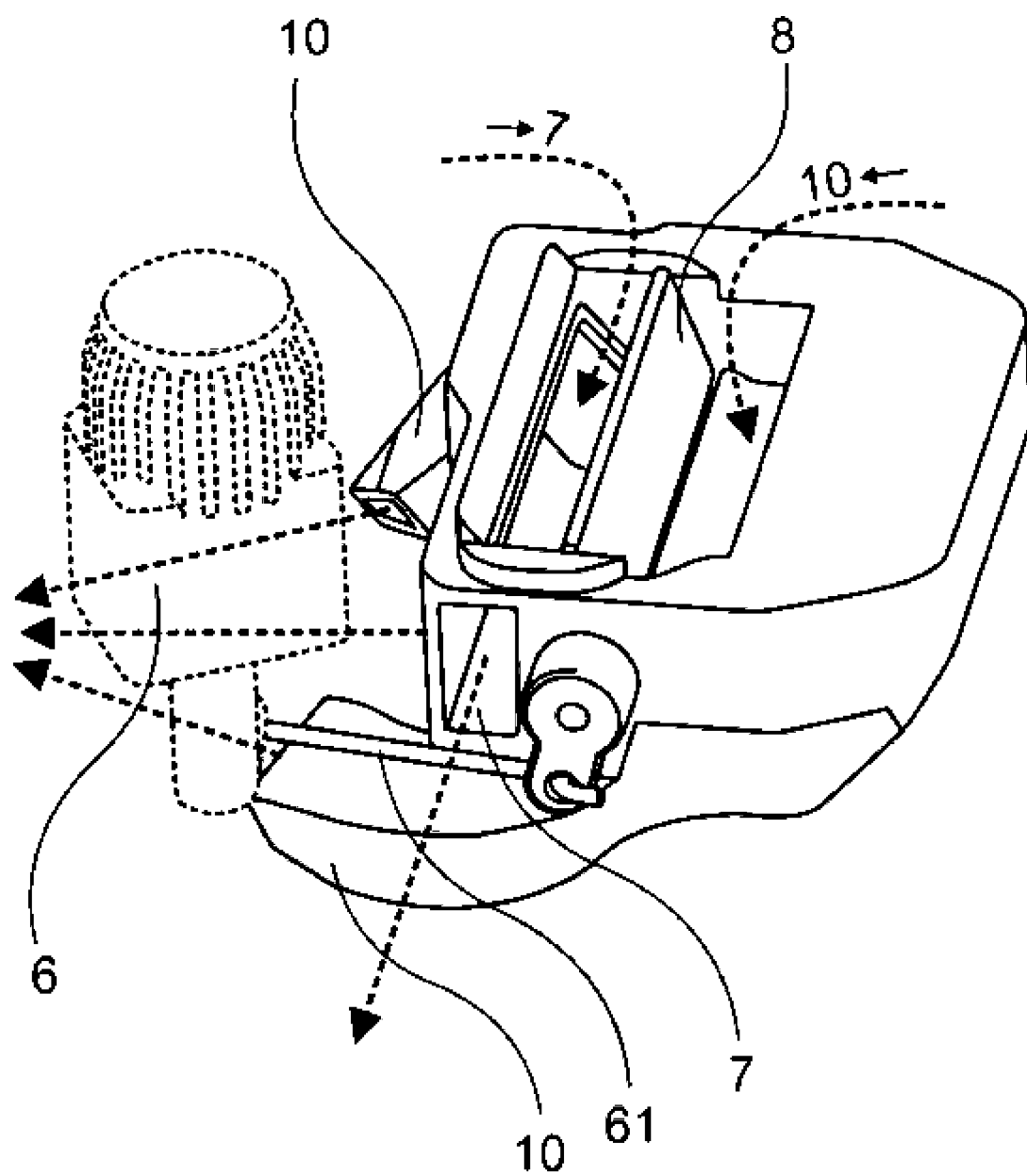
Obr. 2



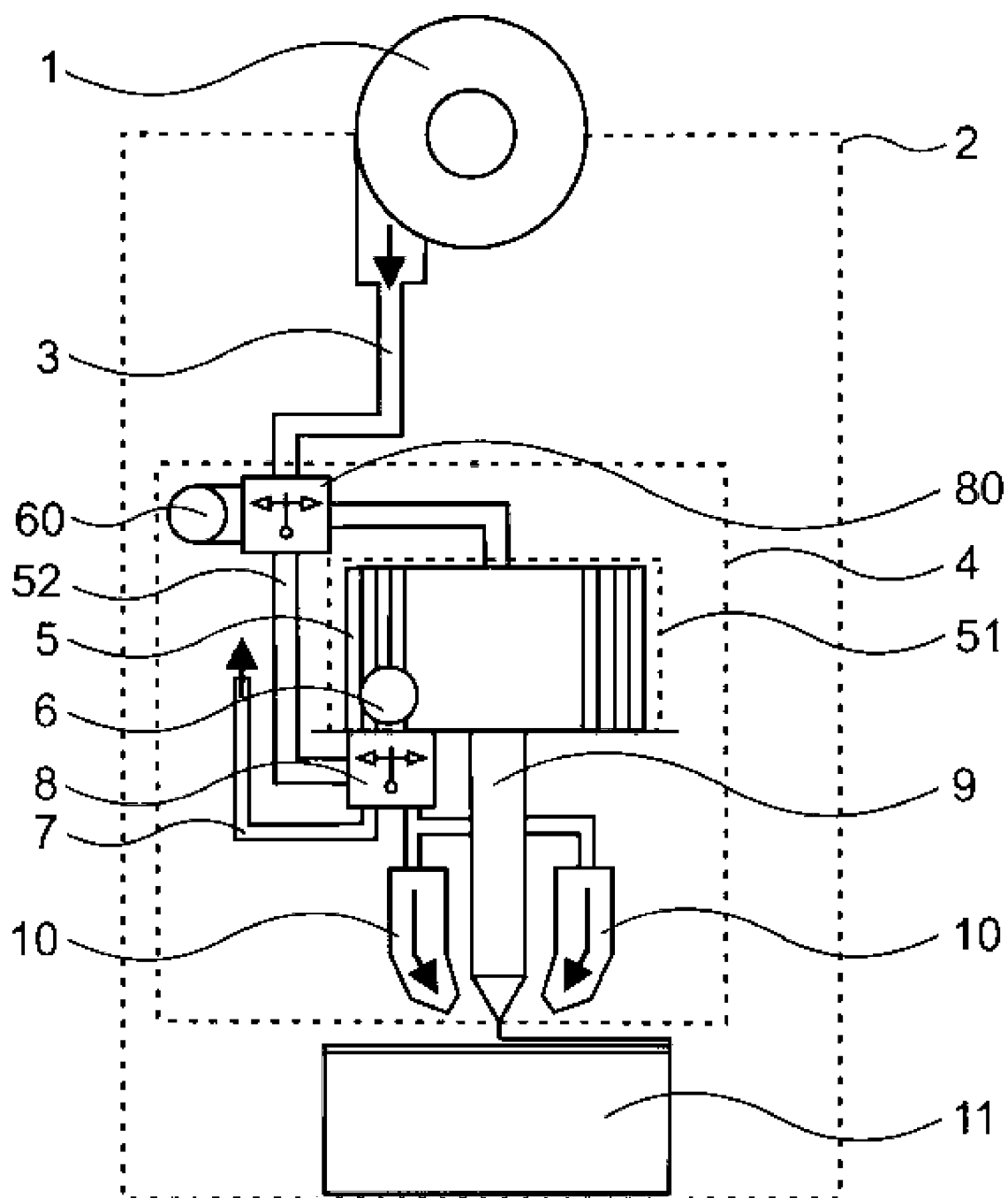
Obr. 3



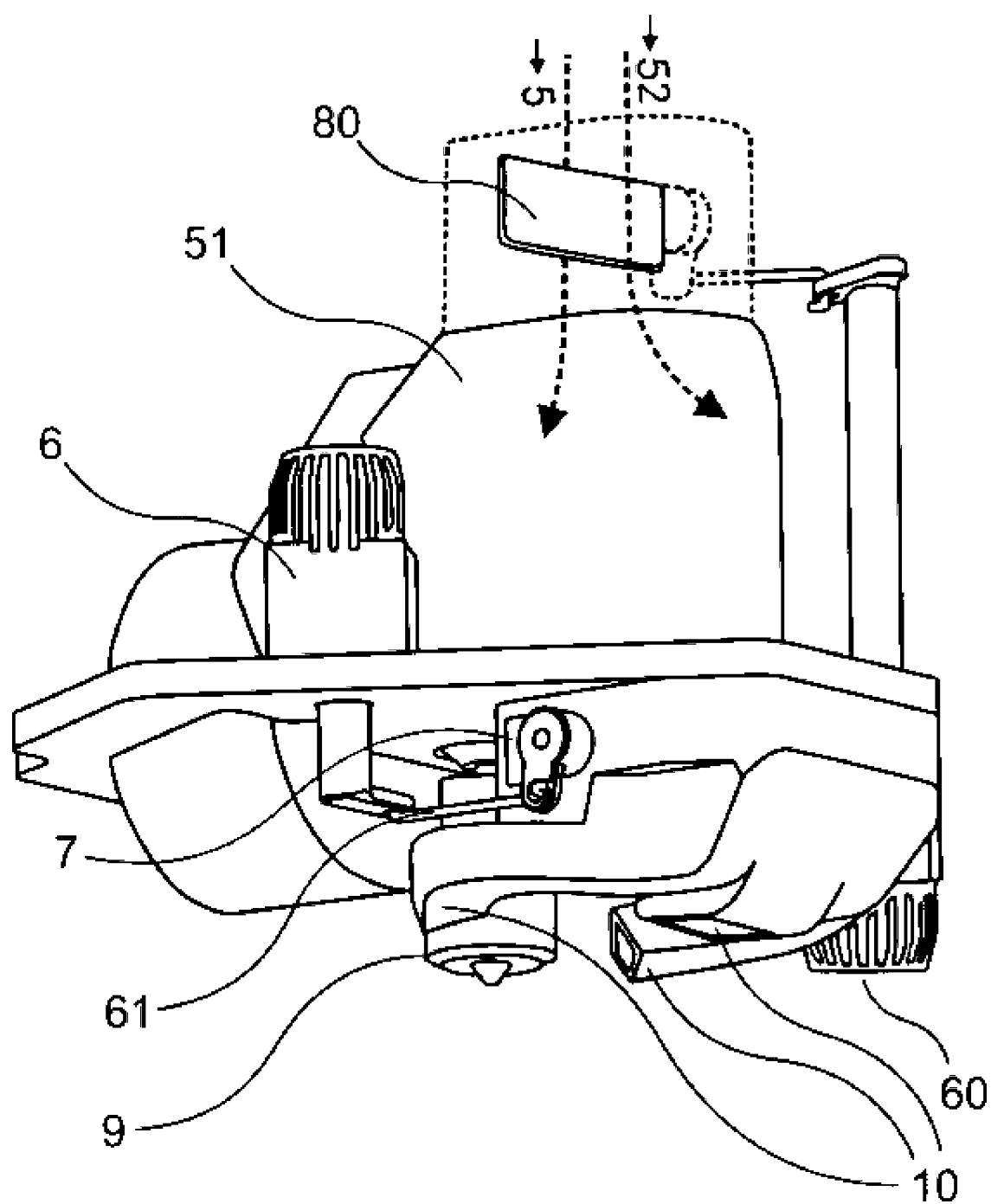
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7