PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2023-206

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

B28B 1/14	(2006.01)
B33Y 30/00	(2015.01)
B01F 33/50	(2022.01)
B28C 5/12	(2006.01)

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **22.05.2023**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.04.2024**

(Věstník č. 16/2024)

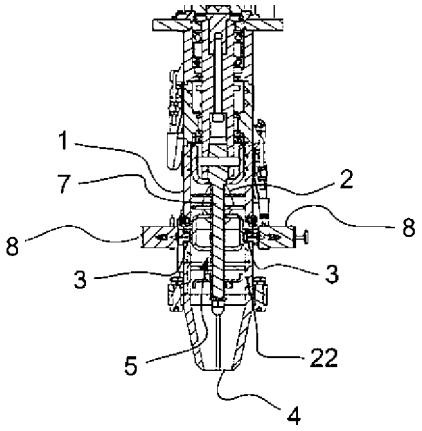
(71) Přihlašovatel:
ICE Industrial Services a.s., Praha 1, Nové Město, CZ

(72) Původce:
Marek Zloch, Bukovinka, CZ
Dominik Stupka, Oslavice, CZ
Petr Fajt, Ždírec nad Doubravou, CZ

(74) Zástupce:
Mgr. Michal Poljak, patentový zástupce, Nové sady 988/2, 602 00 Brno, Staré Brno

(54) Název přihlášky vynálezu:

Tisková hlava pro 3D tisk betonu



(57) Anotace:
Tisková hlava pro 3D tisk betonu obsahuje míchací trubici (1), která obsahuje hlavní přívodní otvor (2) pro přívod betonu, alespoň jeden vedlejší přívodní otvor (3) pro přívod aditiva, hlavní výstupní otvor (4) pro výstup betonu smíchaného s aditivem, a míchací zařízení (5) spojené s pohonem (6), umístěné alespoň mezi vedlejším přívodním otvorem (3) a hlavním výstupním otvorem (4), a obsahující otočný hřídel (7), na kterém jsou uspořádány míchací prvky (9 až 12). Míchací zařízení (5) obsahuje alespoň jeden první míchací prvek (9) první homogenizační zóny pro homogenizaci směsi betonu a vody na vstupu do tiskové hlavy, alespoň jeden druhý míchací prvek (10) míchací zóny pro promíchání směsi betonu a vody s aditivem pomocí horizontálního a/nebo vertikálního střihu, alespoň jeden třetí míchací prvek (11) druhé homogenizační zóny pro dodatečnou homogenizaci směsi betonu, vody a aditiva a/nebo pro zpomalení toku této směsi, a alespoň jeden čtvrtý míchací prvek (12) výstupní zóny pro čištění vnitřního povrchu hlavního výstupního otvoru (4) a/nebo pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru (4).

CZ 2023 - 206 A3

Tisková hlava pro 3D tisk betonu

Oblast techniky

Tento vynález se týká tiskové hlavy pro realizaci betonových konstrukcí, staveb a objektů z materiálů pro stavebnictví a stavební výrobu technologií aditivní výroby (3D tisku betonu, „3DCP“, „3D concrete printing“).

Dosavadní stav techniky

3D tisk betonu je technologie výroby konstrukcí, staveb a jejich částí vrstvením tenkých vrstev cementových směsí, malt a betonů. Umožňuje velkou tvarovou variabilitu, materiálovou úsporu a rychlejší realizaci stavebních projektů. Důležitou součástí technologie pro tvorbu 3D objektů z cementových směsí je tisková hlava a její součásti umožňující modifikaci stavební směsi v průběhu tiskového procesu.

V 3D tisku betonu se převážně používá jednokomponentní materiál, kde všechny složky jsou již připraveny v hotových suchých směsích, do kterých se při realizaci přidává pouze voda. Do tiskové hlavy je poté dopravována již hotová mokrá směs a tisková hlava slouží jen k regulaci výstupního materiálu.

Existuje rovněž technologie přídavku aditiv do betonové směsi až před samotnou tryskou, ale vykazuje problémy špatného přívodu a vmíchání aditiv do tiskové směsi. Hlavním řešením v tomto případě jsou šnekové podavače (např. tisková hlava společnosti COBOD), nebo jednoduché tyčové míchadlo s nízkou účinností (např. tisková hlava společnosti VERTICO).

Promíchání aditiv je dáno rychlostí reakce akcelerátoru s cementem v tiskové směsi. K reakci dochází velmi rychle (řádově za 1 až 2 minuty), je tedy nezbytné dynamicky vmíchávat aditiva do směsi tak, aby nedocházelo k tvorbě hrudek nebo nedostatečné homogenizaci směsi, což má za následek suboptimální pevnostní vlastnosti betonu.

V evropské patentové přihlášce EP 3431172 A1 je popsána tisková hlava pro 3D tisk betonu nebo malty, obsahující hlavní přívodní otvor pro přívod betonu nebo malty, alespoň jeden vedlejší přívodní otvor pro přívod aditiv, hlavní výstupní otvor pro výstup betonu nebo malty smíchaného s aditivem (např. urychlovačem hydratace betonu (síranem hlinitým)), a míchací trubici obsahující aktivně poháněné míchací zařízení umístěné mezi vedlejším přívodním otvorem a hlavním výstupním otvorem. Vnitřní průměr míchací trubice činí maximálně 8 cm, s výhodou maximálně 6 cm, výhodněji 2 až 4 cm, což umožňuje přesnější dávkování menšího množství betonu nebo malty pro potřeby 3D tisku. Míchací zařízení obsahuje poháněný otočný hřídel, na kterém jsou umístěny míchací prvky, zejména lopatky, křídla, žebra nebo míchací prvky s vřetenovým posuvem nebo míchací prvky ve tvaru klikového hřídele, s výhodou s příčnými a podélnými žebry. Příčná žebra zajišťují intenzivní promíchání proudu betonu nebo malty v kolmém směru na osu proudění, a podélná žebra působí střihovými silami a zajišťují vnitřní promíchání. Mezi míchacím zařízením a hlavním výstupním otvorem může být umístěn pneumatický hadicový ventil pro krátkodobé zastavení toku tisknutého betonu nebo malty. Ve vedlejším přívodním otvoru může být umístěn trojcestný injekční ventil, s výhodou jehlový ventil řízený pneumaticky (tlakem vzduchu) umožňující přerušení kontaktu aditiva s promíchávaným houstnoucím betonem nebo maltou, a rovněž umožňující proplach proplachovacím prostředkem (např. vodou).

Nevýhodami výše uvedené tiskové hlavy jsou:

- míchací zařízení s neměnným průběhem míchacím prvků, kde se stejné míchací prvky (viz obr. 3 a 6 z EP 3431172 A1) nebo skupiny stejných míchacích prvků (viz obr. 7 a 8 z EP 3431172 A1) opakují v periodách, a tím pádem nereflektují stupňovitost promíchávání betonu nebo malty;

- pevně sestavené míchací zařízení, které lze při opotřebení vyměnit pouze celé, ačkoliv různé míchací prvky mají různý stupeň opotřebení v závislosti na jejich poloze vůči hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru;

- pevně daná nemodulární sestava míchací komory, která neumožňuje změnu délky míchací zóny, počet vstupů aditiv a velikost jednotlivých míchacích zón, stejně jako neumožňuje výměnu pouze mechanicky nejexponovanější části míchací komory;

- pneumatické řízení jehlového ventilu pro přívod aditiva, které pro manipulaci s přívodem aditiva vyžaduje dodatečnou pneumatickou aparaturu, a které promícháváním vzduchu s betonem vede k jeho pevnostní degradaci.

V japonské patentové přihlášce JPH 04269299 A a japonském patentu JP 2566179 B2 je popsáno zařízení pro zabránění ucpávání přívodu tvrdicího činidla do míchací komory pro míchaní betonu při stavbách tunelů. Míchací komora obsahuje hlavní přívodní otvor pro přívod betonu, vedlejší přívodní otvor pro přívod aditiva (tvrdicího činidla), hlavní výstupní otvor pro výstup betonu smíchaného s aditivem, a míchací trubici obsahující aktivně poháněné míchací zařízení s míchacími prvky (lopatkami uspořádanými na otočném hřídeli), umístěné mezi vedlejším přívodním otvorem a hlavním výstupním otvorem. Do vedlejšího přívodního otvoru ústí trubice s přetlakovým vzduchem (viz obr. 4 z JP 04269299 A), umožňující přerušení kontaktu aditiva s promíchávaným houstnoucím betonem za činnosti pružiny v pružinové komoře, která udává ventilu otevřenou nebo uzavřenou polohou. Nevýhodou pneumatického řízení vedlejšího přívodního otvoru je požadavek dodatečné pneumatické aparatury, a dále skutečnost, že promíchávání vzduchu s betonem vede k jeho pevnostní degradaci. Dále toto řešení umožňuje zaplnění pružinové komory roztokem aditiva, kde může způsobit zablokování nebo poškození pružiny.

V čínské patentové přihlášce CN 114932609 A je popsána tisková hlava pro 3D tisk betonu, obsahující jednoduchou míchací trubici obsahující dva přívody dvousložkové směsi, a aktivně poháněné míchací zařízení s míchacími prvky, kterými jsou lopatky uspořádané na otočném hřídeli a pod nimi uspořádané šnekové podavače. Nevýhodou tiskové hlavy je nedostatečné promíchání obou složek v míchací trubici.

V české patentové přihlášce CZ 2021124 A3 je popsána tisková hlava zahrnující alespoň dvě ve vzájemném odstupu v rovině tisku provedené tiskové jednotky pro současný tisk v různých, vzájemně odsazených rovinách tisku, přičemž každá tisková jednotka zahrnuje extruder, podavač filamentu, chladicí mechanismus a trysku. Tiskovou hlavu lze použít při jednosložkovém 3D tisku modulárních stavebních bloků. Nevýhodou tiskové hlavy je její limitace na jednosložkové směsi bez možnosti kontinuálního přimíchávání dalších složek.

V českém užitném vzoru CZ 34847 U1 je popsána tisková hlavy s rotací trysky pro 3D tisk betonových směsí (např. kontinuální tisk betonové směsi s obsahem kameniva s max. zrnem 8 mm a dalších aditiv). Tisková hlava je tvořena tělem s vstupním otvorem pro přívod jednosložkové zpracovávané směsi, šnekovým mechanismem pro regulaci množství vytlačovaného materiálu, a výstupní tryskou opatřenou natáčecím mechanismem pro tvarování a nanášení zpracovávané směsi v požadovaném tvaru na podložku. Nevýhodou tiskové hlavy je její limitace na jednosložkové směsi bez možnosti kontinuálního přimíchávání dalších složek.

Ve stavu techniky tedy vzniká potřeba poskytnout variabilní, modulární a konstrukčně jednoduchou tiskovou hlavu pro 3D tisk betonu, která reflektuje variabilitu stupňovitosti promíchávání betonu, umožňuje modulární výměnu nejvíce opotřebených prvků, a nevyžaduje pro zamezení ucpávání přívodu aditiva dodatečná zařízení.

Podstata vynálezu

Cílem vynálezu je poskytnout tiskovou hlavu pro 3D tisk betonu se stupňovitým a modulárním míchacím zařízením, která jednoduše zamezí ucpávání přívodu aditiva promíchávaným betonem. Uvedená tisková hlava je navržena tak aby nedocházelo k usazování betonu v míchací komoře a hlavním výstupním otvoru (tj. výstupní trysce), aby docházelo k dostatečnému a homogennímu promíchání směsi, a to i při různých viskozitách vstupní směsi.

V prvním aspektu tohoto vynálezu je uvedeného cíle dosaženo tiskovou hlavou pro 3D tisk betonu, obsahující míchací trubici, která obsahuje:

a. hlavní přívodní otvor pro přívod betonu;
b. alespoň jeden vedlejší přívodní otvor pro přívod aditiva;
c. hlavní výstupní otvor pro výstup betonu smíchaného s aditivem; a
d. míchací zařízení spojené s pohonem (např. aktivně poháněným motorem), umístěné alespoň mezi vedlejším přívodním otvorem a hlavním výstupním otvorem, a obsahující otočný hřídel, na kterém jsou uspořádány míchací prvky.

Podstata uvedené tiskové hlavy spočívá v tom, že míchací zařízení obsahuje:

e. alespoň jeden první míchací prvek první homogenizační zóny pro homogenizaci směsi betonu a vody na vstupu do tiskové hlavy, přičemž první míchací prvek je uspořádán na otočném hřídeli v podstatě nad úrovní vedlejšího přívodního otvoru;
f. alespoň jeden druhý míchací prvek míchací zóny pro promíchání směsi betonu a vody s aditivem pomocí horizontálního a/nebo vertikálního střihu, přičemž druhý míchací prvek je uspořádán na otočném hřídeli v podstatě na úrovni vedlejšího přívodního otvoru;
g. alespoň jeden třetí míchací prvek druhé homogenizační zóny pro dodatečnou homogenizaci směsi betonu, vody a aditiva a/nebo pro zpomalení toku této směsi, přičemž třetí míchací prvek je uspořádán na otočném hřídeli v podstatě pod úrovní vedlejšího přívodního otvoru; a
h. alespoň jeden čtvrtý míchací prvek výstupní zóny pro čištění vnitřního povrchu hlavního výstupního otvoru a/nebo pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru, přičemž čtvrtý míchací prvek je uspořádán na otočném hřídeli v podstatě na úrovni hlavního výstupního otvoru.

Rozdělením míchacího zařízení do zón umožňuje reflektovat stupňovitost promíchávání betonu, zejména v závislosti na jeho posunu tiskovou hlavou v čase a na průběhu hydratační reakce betonu s vodou a aditivy. Důkladné promíchání aditiv do tiskové směsi je dosaženo míchacími prvky umožňujícími kontinuální horizontální a vertikální promíchávání, homogenizaci a redukci efektu vznikajícího při rotaci nenewtonovských kapalin, a současně zabraňuje odstředění hrubých frakcí směrem k okraji míchací trubice.

Jednotlivé míchací prvky mohou být na otočném hřídeli uspořádány jako odnímatelné segmenty nebo pevně, a dále mohou být odděleny vymezovacími prvky. Odnímatelné segmenty lze při opotřebení vyměnit podle potřeby (při mechanické expozici betonem), jelikož různé míchací prvky mají různý stupeň opotřebení v závislosti na jejich poloze vůči hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru. Odnímatelné segmenty dále umožňují změnu délky míchací zóny, počet vedlejších přívodních otvorů pro více aditiv a velikost jednotlivých míchacích zón. Pevné uspořádání míchacích prvků naopak umožňuje poskytnutí konkrétního hotového výrobku, který nelze dále rozebírat.

Prvním míchacím prvkem může být příčné žebro, tj. žebro vystupující radiálně vzhledem k ose otočného hřídele. Příčných žeber může být uspořádáno v rovině více (nebo i ve více rovinách), např. čtyři do tvaru čtyřcípé hvězdy s otvorem uprostřed pro provlečení otočného hřídele.

Druhým míchacím prvkem může být C-profil, zahrnující dvě příčná žebra spojená podélným žebrem, tj. dvě žebra vystupující radiálně vzhledem k ose otočného hřídele, a spojená žebrem probíhajícím rovnoběžně s osou otočného hřídele. C-profilů může být na otočném hřídeli uspořádáno více, přičemž se mohou lišit délkou žeber (např. kratší příčná žebra i podélné žebro v jednom C-profilu a delší příčná žebra i podélné žebro v jiném C-profilu). C-profily s výhodou vystupují radiálně vzhledem k ose otočného hřídele do různých směrů.

Třetím míchacím prvkem může být první vratná lopatka, zahrnující příčné žebro, ze kterého směrem k hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru (tj. směrem nahoru) vystupuje lopatka pod ostrým až kolmým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru.

Třetím míchacím prvkem může být i druhá vratná lopatka vystupující příčně vzhledem k otočnému hřídeli (tj. bez příčného žebra), přičemž plocha uvedené vratné lopatky je tvořena rovinou nakloněnou kolem osy kolmé na osu otočného hřídele.

Třetím míchacím prvkem může být dále brzdicí lopatka zahrnující příčné žebro, ze kterého směrem k hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru (tj. směrem nahoru) i hlavnímu výstupnímu otvoru (tj. směrem dolů) vystupuje alespoň jedna lopatka pod v podstatě kolmým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru.

Třetím míchacím prvkem může být kruhový prvek vystupující příčně vzhledem k otočnému hřídeli, tj. tvořící kruh v rovině kolmé na osu otočného hřídele.

Třetím míchacím prvkem může být i příčné žebro, jak bylo popsáno výše u prvního míchacího prvku.

Čtvrtým míchacím prvkem může být čisticí vidlice zahrnující dvě příčná žebra, přičemž z každého příčného žebra směrem k hlavnímu výstupnímu otvoru vystupuje šikmé podélné žebro (tj. samotný hrot vidlice), s výhodou zakončené hrotem, pod takovým ostrým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru, který v podstatě kopíruje vnitřní stěnu hlavního výstupního otvoru pro otírání uvedené vnitřní stěny šikmým podélným žebrem. Tento prvek zajišťuje průchodnost hlavního výstupního otvoru, rovnoměrnost tisku a zabraňuje usazování výstupního materiálu v klidových zónách míchací trubice a jejímu postupnému zarůstání.

Čtvrtým míchacím prvkem může být i obrácený kužel pro zamezení dostředění vody ve středu toku vystupujícího betonu a pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru, přičemž povrch obráceného kužele může být v podstatě hladký nebo může zahrnovat vystupující závit vedený helikálně podél uvedeného povrchu, což umožňuje regulovat (tisknout nebo zastavit) tok vystupujícího tištěného betonu. Obrácený kužel může být uspořádán uprostřed čisticí vidlice uvedené výše.

Ve vedlejším přívodním otvoru může být uspořádán jehlový ventil pro přerušení kontaktu aditiva s promíchávaným betonem v míchací zóně. Tento jehlový ventil obsahuje ventilovou komoru obsahující posuvný píst rozdělující ventilovou komoru na pružinovou část a pracovní část. V pružinové části je uspořádána vratná pružina spojená s posuvným pístem pro posuv posuvného pístu mezi otevřenou a uzavřenou polohou. V pracovní části se nachází vstup roztoku aditiva a výstup roztoku aditiva ústící do míchací trubice (tj. spojený s míchací komorou), přičemž na posuvném pístu je ze strany pracovní části uspořádána jehla vyčnívající směrem k výstupu roztoku aditiva pro umožnění ponechání uvedeného výstupu roztoku aditiva v otevřené poloze za přítomnosti přetlaku roztoku aditiva v pracovní části (tj. jehla neuzavře výstup roztoku

aditiva) nebo pro umožnění ponechání uvedeného výstupu roztoku aditiva v uzavřené poloze bez přítomnosti uvedeného přetlaku roztoku aditiva v pracovní části (tj. jehla neuzavře výstup roztoku aditiva). Tento přetlak roztoku aditiva může s výhodou činit 1 až $5 \cdot 10^5$ Pa, např. 1, 2, 3, 4 nebo $5 \cdot 10^5$ Pa, a tedy jehlový ventil je přímo a samočinně řízený tlakem vstupujícího roztoku aditiva, nikoliv dodatečnou pneumatickou aparaturou. Uvedený jehlový ventil zamezuje usazování a postupnému zarůstání vedlejšího přívodního otvoru promíchávaným betonem, jakož i pronikání mechanických nečistot směrem do prostoru jehlového ventilu.

Na posuvném pístu může být ze strany pružinové části uspořádáno táhlo vyčnívající mimo ventilovou komoru pro ruční otevření uvedeného výstupu roztoku aditiva. Na posuvném pístu může být umístěno těsnění pro kapalinotěsné rozdělení pružinové a pracovní části ventilové komory. Na posuvném pístu mohou být umístěny kluzné kroužky pro vycentrování polohy posuvného pístu a jehly vzhledem k výstupu roztoku aditiva.

Míchací trubice může obsahovat rozebíratelné segmenty, přičemž alespoň jeden segment má vnitřní vložku pro zabránění otěru míchací trubice promíchávaným betonem.

Vedlejší přívodní otvor, zejména vstup roztoku aditiva jehlového ventilu, může být napojen na čerpadlovou stanici pro přípravu roztoku aditiva. Čerpadlová stanice může obsahovat dávkovací čerpadlo, zásobník aditiva, čerpadlo pro přípravu vody pro čištění tiskové hlavy a expanzní nádobu. Čerpadlová stanice a přívod aditiva může být řízena panelem operátora propojeným s centrálním řídicím systémem.

Ve druhém aspektu tohoto vynálezu je uvedeného cíle dosaženo tiskovou hlavou pro 3D tisk betonu, obsahující míchací trubici, která obsahuje:

a. hlavní přívodní otvor pro přívod betonu;
b. alespoň jeden vedlejší přívodní otvor pro přívod aditiva;
c. hlavní výstupní otvor pro výstup betonu smíchaného s aditivem; a
d. míchací zařízení spojené s pohonem (např. aktivně poháněným motorem), umístěné alespoň mezi vedlejším přívodním otvorem a hlavním výstupním otvorem, a obsahující otočný hřídel, na kterém jsou uspořádány míchací prvky.

Podstata uvedené tiskové hlavy spočívá v tom, že ve vedlejším přívodním otvoru může být uspořádán jehlový ventil pro přerušení kontaktu aditiva s promíchávaným betonem v míchací zóně. Tento jehlový ventil obsahuje ventilovou komoru obsahující posuvný píst rozdělující ventilovou komoru na pružinovou část a pracovní část. V pružinové části je uspořádána vratná pružina spojená s posuvným pístem pro posuv posuvného pístu mezi otevřenou a uzavřenou polohou. V pracovní části se nachází vstup roztoku aditiva a výstup roztoku aditiva ústící do míchací trubice (tj. spojený s míchací komorou), přičemž na posuvném pístu je ze strany pracovní části uspořádána jehla vyčnívající směrem k výstupu roztoku aditiva pro umožnění ponechání uvedeného výstupu roztoku aditiva v otevřené poloze za přítomnosti přetlaku roztoku aditiva v pracovní části (tj. jehla neuzavře výstup roztoku aditiva) nebo pro umožnění ponechání uvedeného výstupu roztoku aditiva v uzavřené poloze bez přítomnosti uvedeného přetlaku roztoku aditiva v pracovní části (tj. jehla neuzavře výstup roztoku aditiva). Tento přetlak roztoku aditiva může s výhodou činit 1 až $5 \cdot 10^5$ Pa, např. 1, 2, 3, 4 nebo $5 \cdot 10^5$ Pa, a tedy jehlový ventil je přímo a samočinně řízený tlakem vstupujícího roztoku aditiva, nikoliv dodatečnou pneumatickou aparaturou. Uvedený jehlový ventil zamezuje usazování a postupnému zarůstání vedlejšího přívodního otvoru promíchávaným betonem, jakož i pronikání mechanických nečistot směrem do prostoru jehlového ventilu.

Další volitelné znaky tiskové hlavy podle druhého aspektu tohoto vynálezu jsou totožné se znaky tiskové hlavy dle prvního aspektu tohoto vynálezu.

Ve třetím aspektu tohoto vynálezu je uvedeného cíle rovněž dosaženo systémem pro 3D tisk betonu, obsahujícím výše uvedenou tiskovou hlavu. Systém může dále obsahovat pohon otočného hřídele (aktivně poháněný motor), těsnění míchací trubice pro oddělení a ochranu prostoru s pohonem, trysky proplachu tiskové hlavy vodou nebo čisticím roztokem. Těsnění míchací trubice pro oddělení a ochranu prostoru s pohonem zamezuje průniku jemných částí směsi do hnacího mechanismu, a může být řešeno pomocí sestavy stíracích manžet (gufer) s náplní maziva, případně mechanickou ucpávkou nebo těsnicím provazem.

Uvedená tisková hlava umožňuje zpracování materiálu o velikosti zrna 0 až 4 mm, 0 až 8 mm a 0 až 16 mm. Jedná se zejména o maltové směsi, betony, polymerní materiály.

Tiskové hlavy dle dosavadního stavu techniky využívají zpravidla jednokomponentní maltové nebo betonové směsi bez přidávání aditiv v průběhu tiskového procesu. Stávající tiskové hlavy jsou zpravidla pouze trubka, usměrňující tok betonu nebo nízkootáčkové zařízení s gravitačním šnekovým podavačem materiálu do výstupní trysky. Uvedená tisková hlava s přímým dávkováním aditiv řeší přípravu standardního betonu s přídavnými aditivy vstřikovanými a promíchávanými v tiskové hlavě těsně před výstupem z hlavního výstupního otvoru, čímž umožňuje modifikaci tiskové směsi v průběhu tiskového procesu, a rovněž použití mokrých betonových nebo maltových směsí vyráběných z lokálních zdrojů. Důležitým prvkem je rychlost a kvalita promíchání aditiva do betonové směsi a její dostatečná homogenizace při průchodu tiskovou hlavou.

Smyslem tohoto vynálezu je zpracovávat materiály z místních zdrojů za použití běžných komponent betonu, malt a cementových směsí, jejich modifikace dle klimatických a výrobních podmínek, bez nutnosti používání předem vyrobených prefabrikovaných směsí. Dále možnost variace množství a druhu přidávaných aditiv dle okamžité potřeby, důkladné promíchání aditiv, homogenizace směsi a možnost přidávat další aditiva dle podmínek nutných pro kvalitní zpracování směsi.

Uvedená tisková hlava přináší úsporu v nákladech, možnost modifikace vlastností výstupního materiálu v průběhu procesu, regulaci rychlosti tuhnutí a reologii betonu. Řeší také možnost probarvování betonové směsi v průběhu tiskového procesu.

Objasnění výkresů

Obr. 1 znázorňuje boční pohled v řezu na tiskovou hlavu.

Obr. 2 znázorňuje detail jednotlivých zón míchacích prvků tiskové hlavy.

Obr. 3A a 3B znázorňují míchací zařízení tiskové hlavy.

Obr. 4 znázorňuje boční pohled v řezu na obrácený kužel v hlavním výstupním otvoru.

Obr. 5A a 5B znázorňují boční pohled v řezu na jehlový ventil.

Obr. 6 znázorňuje perspektivní pohled na systém pro 3D tisk betonu.

Obr. 7 znázorňuje boční pohled na systém pro 3D tisk betonu.

Obr. 8 znázorňuje perspektivní pohled na čerpadlovou stanici.

Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1

Jedním příkladem uskutečnění je tisková hlava dle obr. 1, obsahující míchací trubici 1, která obsahuje hlavní přívodní otvor 2 pro přívod betonu, dva vedlejší přívodní otvory 3 pro přívod aditiva (ale pro potřeby přidání aditiva postačuje i jeden), hlavní výstupní otvor 4 pro výstup betonu smíchaného s aditivem, a míchací zařízení 5 umístěné mezi hlavním přívodním otvorem 2 a hlavním výstupním otvorem 3, a obsahující otočný hřídel 7, na kterém jsou uspořádány míchací prvky 9 až 12. Rozdělení míchacích prvků 9 až 12 do jednotlivých zón je znázorněno na obr. 2 a míchací zařízení 5 je znázorněno na obr. 3A a 3B.

Dle obr. 1 až 3, míchací zařízení 5 obsahuje osm (viditelně pouze čtyři) prvních míchacích prvků 9 první homogenizační zóny pro homogenizaci směsi betonu a vody na vstupu do tiskové hlavy v podobě dvou skupin po čtyřech příčných žeber, resp. dvou čtyřcípých hvězd po čtyřech příčných žeber. První míchací prvky 9 jsou uspořádány na otočném hřídeli 7 v podstatě nad úrovní vedlejšího přívodního otvoru 3.

Dle obr. 1 až 3, míchací zařízení 5 dále obsahuje čtyři (viditelně pouze dva) druhé míchací prvky 10 míchací zóny pro promíchání směsi betonu a vody s aditivem pomocí horizontálního a vertikálního střihu v podobě C-profilů 14 zahrnujících (každý) dvě příčná žebra spojená podélným žebrem. Druhé míchací prvky 10 jsou uspořádány na otočném hřídeli 7 v podstatě na úrovni vedlejšího přívodního otvoru 3.

Dle obr. 1 až 3, míchací zařízení 5 dále obsahuje dva třetí míchací prvky 11 druhé zóny pro dodatečnou homogenizaci homogenizační směsi betonu, vody a aditiva a/nebo pro zpomalení toku této směsi. Jedním třetím míchacím prvkem 11 je druhá vratná lopatka 16 vystupující příčně vzhledem k otočnému hřídeli 7, přičemž plocha uvedené vratné lopatky 16 je tvořena rovinou nakloněnou kolem osy kolmé na osu otočného hřídele 7. Dalším třetím míchacím prvkem 11 je brzdicí lopatka 17 zahrnující příčné žebro, ze kterého směrem k hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru 2, 3 i hlavnímu výstupnímu otvoru 4 vystupuje alespoň jedna brzdicí lopatka 17 pod v podstatě kolmým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru. Dalším třetím míchacím prvkem 11 může být první vratná lopatka 15 zahrnující příčné žebro, ze kterého směrem k hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru 2, 3 vystupuje lopatka 15 pod ostrým až kolmým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru. Dalším třetím míchacím prvkem 11 může být kruhový prvek 19 vystupující příčně vzhledem k otočnému hřídeli 7, tj. tvořící kruh v rovině kolmé na osu otočného hřídele, a/nebo příčné žebro 13, jak bylo popsáno výše u prvního míchacího prvku 9. Třetí míchací prvky 11 jsou uspořádány na otočném hřídeli 7 v podstatě pod úrovní vedlejšího přívodního otvoru 3.

Dle obr. 2 až 3, míchací zařízení 5 dále obsahuje jeden čtvrtý míchací prvek 12 výstupní zóny pro čištění vnitřního povrchu hlavního výstupního otvoru 4 a pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru 4 v podobě čisticí vidlice 18 zahrnující dvě příčná žebra, přičemž z každého příčného žebra směrem k hlavnímu výstupnímu otvoru 4 vystupuje šikmé podélné žebro, s výhodou zakončené hrotem, pod takovým ostrým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru, který v podstatě kopíruje vnitřní stěnu hlavního výstupního otvoru 4 pro otírání uvedené vnitřní stěny šikmým podélným žebrem. Čtvrtý míchací prvek 12 je uspořádán na otočném hřídeli 7 v podstatě na úrovni hlavního výstupního otvoru 4.

Dle obr. 4, míchací zařízení dále obsahuje jeden čtvrtý míchací prvek 12 výstupní zóny pro čištění vnitřního povrchu hlavního výstupního otvoru 4 a pro zajištění homogenního výstupu

betonu z hlavního výstupního otvoru 4 v podobě obráceného kužele 20 pro zamezení dostředění vody ve středu toku vystupujícího betonu a pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru 4, přičemž povrch obráceného kužele 20 je v podstatě hladký (neznázorněno na obr. 5) nebo zahrnuje vystupující závit 21 vedený helikálně podél uvedeného povrchu.

Příklad 2

Dalším příkladem uskutečnění je jehlový ventil 8 pro přerušení kontaktu aditiva s promíchávaným betonem v míchací zóně podle obr. 5, uspořádaný ve vedlejším přívodním otvoru 3 (dle obr. 1 až 3). Jehlový ventil 8 obsahuje ventilovou komoru 23 obsahující posuvný píst 24 rozdělující ventilovou komoru 23 na pružinovou část 25 a pracovní část 26. V pružinové části 25 je uspořádána vratná pružina 27 spojená s posuvným pístem 24 pro posuv posuvného pístu 24 mezi otevřenou a uzavřenou polohou. V pracovní části 26 se nachází vstup 28 roztoku aditiva a výstup 29 roztoku aditiva ústící do míchací trubice 1. Na posuvném pístu 24 je ze strany pracovní části 26 uspořádána jehla 30 vyčnívající směrem k výstupu 29 roztoku aditiva pro umožnění ponechání uvedeného výstupu 29 roztoku aditiva v otevřené poloze za přítomnosti přetlaku roztoku aditiva v pracovní části 26 nebo pro umožnění ponechání uvedeného výstupu roztoku aditiva v uzavřené poloze bez přítomnosti uvedeného přetlaku roztoku aditiva v pracovní části 26. Na posuvném pístu je ze strany pružinové části 25 uspořádáno táhlo 31 vyčnívající mimo ventilovou komoru 23 pro ruční otevření uvedeného výstupu 29 roztoku aditiva. Na posuvném pístu 24 je umístěno těsnění 32 pro kapalinotěsné rozdělení pružinové a pracovní části 25, 26 ventilové komory 23. Na posuvném pístu 24 jsou umístěny kluzné kroužky 33 pro vycentrování polohy posuvného pístu 24 a jehly 30 vzhledem k výstupu 29 roztoku aditiva. Uskutečnění dle obr. 5A se od obr. 5B liší polohou vstupu 28 roztoku aditiva, přičemž obr. 5B znázorňuje kompaktnější uspořádání.

Příklad 3

Dalším příkladem uskutečnění je systém pro 3D tisk betonu dle obr. 6 a 7, obsahující výše uvedenou tiskovou hlavu, a dále pohon 6 otočného hřídele 7 (aktivně poháněný motor), těsnění 35 otočného hřídele 7 pro oddělení a ochranu prostoru s pohonem 6 od míchací trubice 1, proplachové trysky 36 tiskové hlavy pro proplach vodou nebo čisticím roztokem. Systém rovněž zahrnuje čerpadlovou stanici pro přípravu roztoku aditiva, dle obr. 8, napojenou na vedlejší přívodní otvor 3, zejména vstup 28 roztoku aditiva jehlového ventilu_8. Čerpadlová stanice obsahuje dávkovací čerpadlo 39, zásobník 37 aditiva, čerpadlo 38 pro přípravu vody pro čištění tiskové hlavy a expanzní nádobu 40. Čerpadlová stanice a přívod 28 roztoku aditiva může být řízena panelem operátora propojeným s centrálním řídicím systémem.

Průmyslová využitelnost

Výše popsanou tiskovou hlavu lze využít pro vícekomponentní 3D tisk betonu, maltových směsí, cementových i bezcementových stavebních materiálů a polymerních materiálů o zrnitosti max. 16 mm, výhodně max. 8 mm, výhodněji max. 4 mm.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Tisková hlava pro 3D tisk betonu, obsahující míchací trubici (1), která obsahuje:

a. hlavní přívodní otvor (2) pro přívod betonu;
b. alespoň jeden vedlejší přívodní otvor (3) pro přívod aditiva;
c. hlavní výstupní otvor (4) pro výstup betonu smíchaného s aditivem; a
d. míchací zařízení (5) spojené s pohonem (6), umístěné alespoň mezi vedlejším přívodním otvorem (3) a hlavním výstupním otvorem (4), a obsahující otočný hřídel (7), na kterém jsou uspořádány míchací prvky (9 až 12),
vyznačující se tím, že míchací zařízení (5) obsahuje:
e. alespoň jeden první míchací prvek (9) první homogenizační zóny pro homogenizaci směsi betonu a vody na vstupu do tiskové hlavy, přičemž první míchací prvek (9) je uspořádán na otočném hřídeli (7) v podstatě nad úrovní vedlejšího přívodního otvoru (3);
f. alespoň jeden druhý míchací prvek (10) míchací zóny pro promíchání směsi betonu a vody s aditivem pomocí horizontálního a/nebo vertikálního střihu, přičemž druhý míchací prvek (10) je uspořádán na otočném hřídeli (7) v podstatě na úrovni vedlejšího přívodního otvoru (3);
g. alespoň jeden třetí míchací prvek (11) druhé homogenizační zóny pro dodatečnou homogenizaci směsi betonu, vody a aditiva a/nebo pro zpomalení toku této směsi, přičemž třetí míchací prvek (11) je uspořádán na otočném hřídeli (7) v podstatě pod úrovní vedlejšího přívodního otvoru (3); a
h. alespoň jeden čtvrtý míchací prvek (12) výstupní zóny pro čištění vnitřního povrchu hlavního výstupního otvoru a/nebo pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru (4), přičemž čtvrtý míchací prvek (12) je uspořádán na otočném hřídeli (7) v podstatě na úrovni hlavního výstupního otvoru (4).

2. Tisková hlava podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že jednotlivé míchací prvky (9 až 12) jsou na otočném hřídeli (7) uspořádány jako odnímatelné segmenty nebo pevně.

3. Tisková hlava podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že prvním míchacím prvkem (9) je příčné žebro (13).

4. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že druhým míchacím prvkem (10) je C-profil (14), zahrnující dvě příčná žebra spojená podélným žebrem.

5. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že třetím míchacím prvkem (11) je první vratná lopatka (15), zahrnující příčné žebro, ze kterého směrem k hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru (2, 3) vystupuje lopatka (15) pod ostrým až kolmým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru, a/nebo druhá vratná lopatka (16) vystupující příčně vzhledem k otočnému hřídeli (7), přičemž plocha uvedené vratné lopatky (16) je tvořena rovinou nakloněnou kolem osy kolmé na osu otočného hřídele (7).

6. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že třetím míchacím prvkem (11) je brzdicí lopatka (17), zahrnující příčné žebro, ze kterého směrem k hlavnímu a vedlejšímu vstupnímu otvoru (2, 3) i hlavnímu výstupnímu otvoru (4) vystupuje alespoň jedna lopatka pod v podstatě kolmým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru.

7. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že čtvrtým míchacím prvkem (12) je čisticí vidlice (18), zahrnující dvě příčná žebra, přičemž z každého příčného žebra směrem k hlavnímu výstupnímu otvoru (4) vystupuje šikmé podélné žebro, s výhodou zakončené hrotem, pod takovým ostrým úhlem vzhledem k uvedenému příčnému žebru, který v podstatě kopíruje vnitřní stěnu hlavního výstupního otvoru (4) pro otírání uvedené vnitřní stěny šikmým podélným žebrem.

8. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že čtvrtým míchacím prvkem (12) je obrácený kužel (20) pro zamezení dostředění vody ve středu toku vystupujícího betonu a pro zajištění homogenního výstupu betonu z hlavního výstupního otvoru (4), přičemž povrch obráceného kužele (20) je v podstatě hladký nebo zahrnuje vystupující závit (21) vedený helikálně podél uvedeného povrchu.

9. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že ve vedlejším přívodním otvoru (3) je uspořádán jehlový ventil (8) pro přerušení kontaktu aditiva s promíchávaným betonem v míchací zóně, přičemž jehlový ventil (8) obsahuje ventilovou komoru (23) obsahující posuvný píst (24) rozdělující ventilovou komoru na pružinovou část (25) a pracovní část (26),

přičemž v pružinové části (25) je uspořádána vratná pružina (27) spojená s posuvným pístem (24) pro posuv posuvného pístu (24) mezi otevřenou a uzavřenou polohou, a

přičemž v pracovní části (26) se nachází vstup (28) roztoku aditiva a výstup (29) roztoku aditiva ústící do míchací trubice (1), přičemž na posuvném pístu (24) je ze strany pracovní části (26) uspořádána jehla (30) vyčnívající směrem k výstupu (29) roztoku aditiva pro umožnění ponechání uvedeného výstupu (29) roztoku aditiva v otevřené poloze za přítomnosti přetlaku roztoku aditiva v pracovní části (26) nebo pro umožnění ponechání uvedeného výstupu (29) roztoku aditiva v uzavřené poloze bez přítomnosti uvedeného přetlaku roztoku aditiva v pracovní části (26).

10. Tisková hlava podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že na posuvném pístu (24) je ze strany pružinové části (25) uspořádáno táhlo (31) vyčnívající mimo ventilovou komoru (23) pro ruční otevření uvedeného výstupu (29) roztoku aditiva.

11. Tisková hlava podle nároku 9 nebo 10, **vyznačující se tím**, že na posuvném pístu (24) je umístěno těsnění (32) pro kapalinotěsné rozdělení pružinové části (25) a pracovní části (26) ventilové komory (23).

12. Tisková hlava podle kteréhokoliv z nároků 9 až 11, **vyznačující se tím**, že na posuvném pístu (24) jsou umístěny kluzné kroužky (33) pro vycentrování polohy posuvného pístu (24) a jehly (30) vzhledem k výstupu (29) roztoku aditiva.

13. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že míchací trubice (1) obsahuje rozebíratelné segmenty (34), přičemž alespoň jeden segment (34) má vnitřní vložku (22) pro zabránění otěru míchací trubice (1) promíchávaným betonem.

14. Tisková hlava podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že vedlejší přívodní otvor (3), zejména vstup (28) roztoku aditiva jehlového ventilu (8), je napojen na čerpadlovou stanici pro přípravu roztoku aditiva.

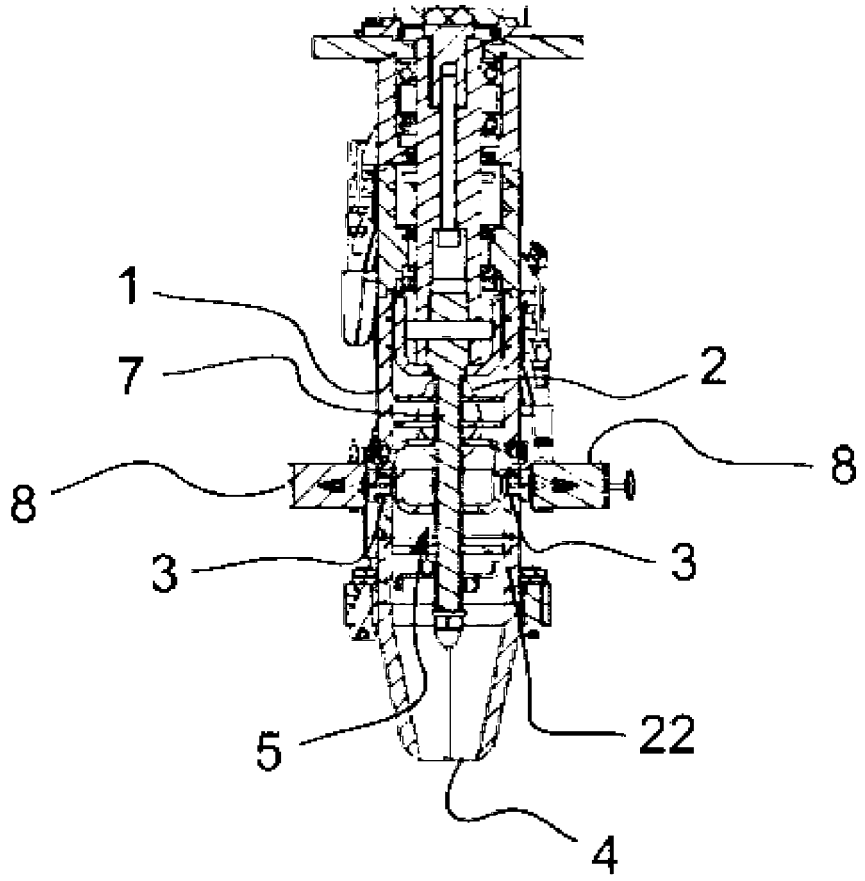
15. Systém pro 3D tisk betonu, **vyznačující se tím**, že obsahuje tiskovou hlavu podle kteréhokoliv z předchozích nároků.

5 výkresů

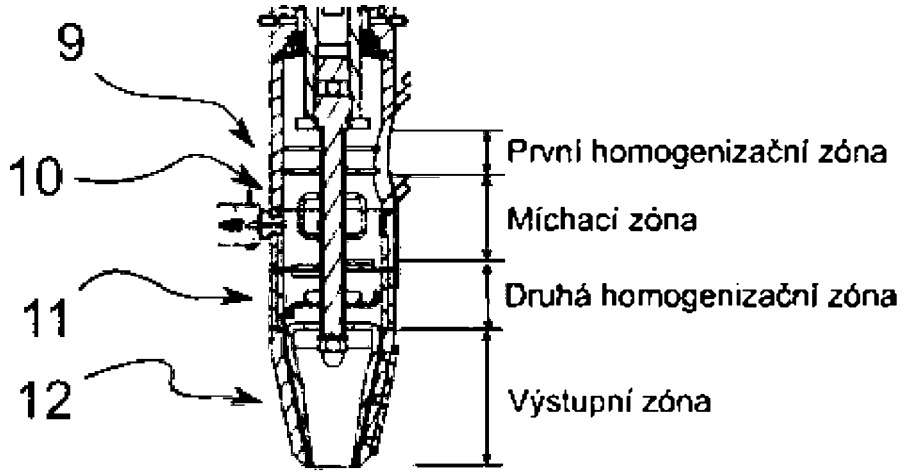
Seznam vztahových značek:

1 míchací trubice
2 hlavní přívodní otvor
3 vedlejší přívodní otvor
4 hlavní výstupní otvor
5 míchací zařízení

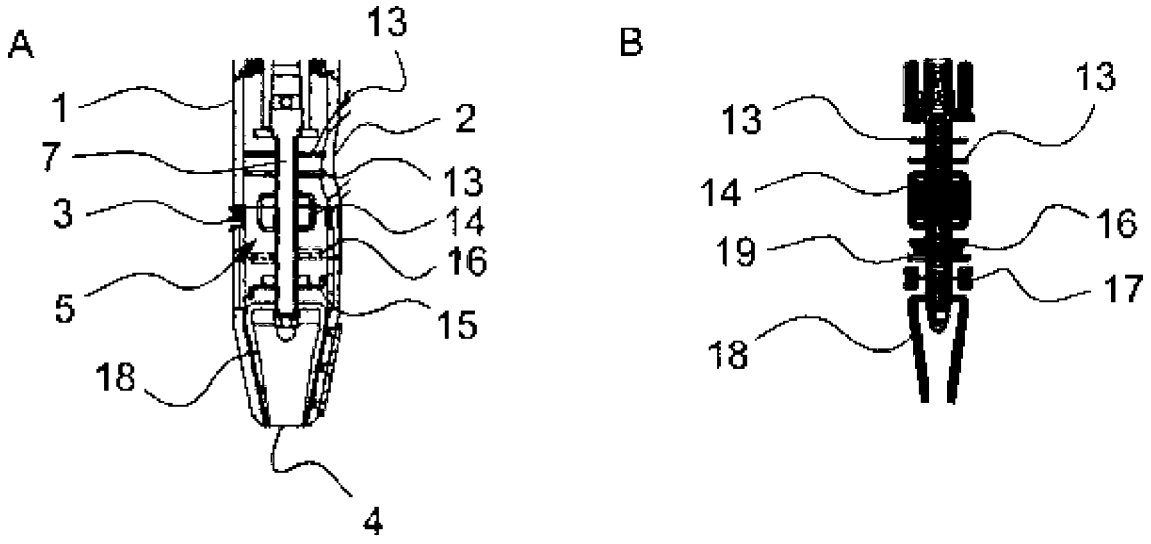
6 pohon
7 otočný hřídel
8 jehlový ventil
9 první míchací prvek
10 druhý míchací prvek
11 třetí míchací prvek
12 čtvrtý míchací prvek
13 příčné žebro
14 C-profil
15 první vratná lopatka
16 druhá vratná lopatka
17 brzdicí lopatka
18 čisticí vidlice
19 kruhový prvek
20 obrácený kužel
21 závit
22 vnitřní vložka
23 ventilová komora
24 posuvný píst
25 pružinová část
26 pracovní část
27 vratná pružina
28 vstup roztoku aditiva
29 výstup roztoku aditiva
30 jehla
31 táhlo
32 těsnění
33 kluzný kroužek
34 rozebíratelný segment míchací trubice
35 těsnění otočného hřídele
36 proplachová tryska
37 zásobník aditiva
38 čerpadlo vody nebo čisticího roztoku
39 dávkovací čerpadlo aditiva
40 expanzní nádoba


1
7
2
8
8
3
3
5
22
4

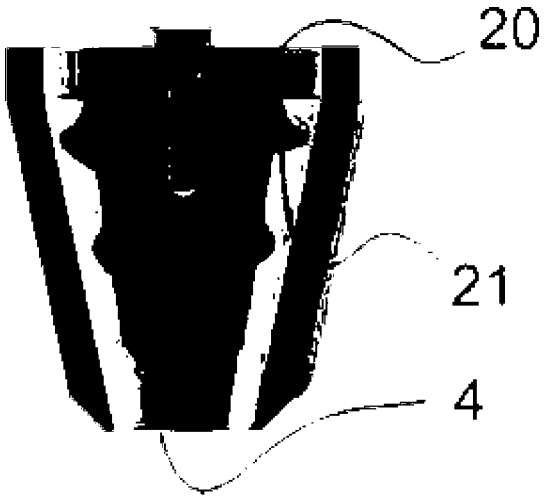
Obr. 1


9
10
11
12
První homogenizační zóna
Míchací zóna
Druhá homogenizační zóna
Výstupní zóna

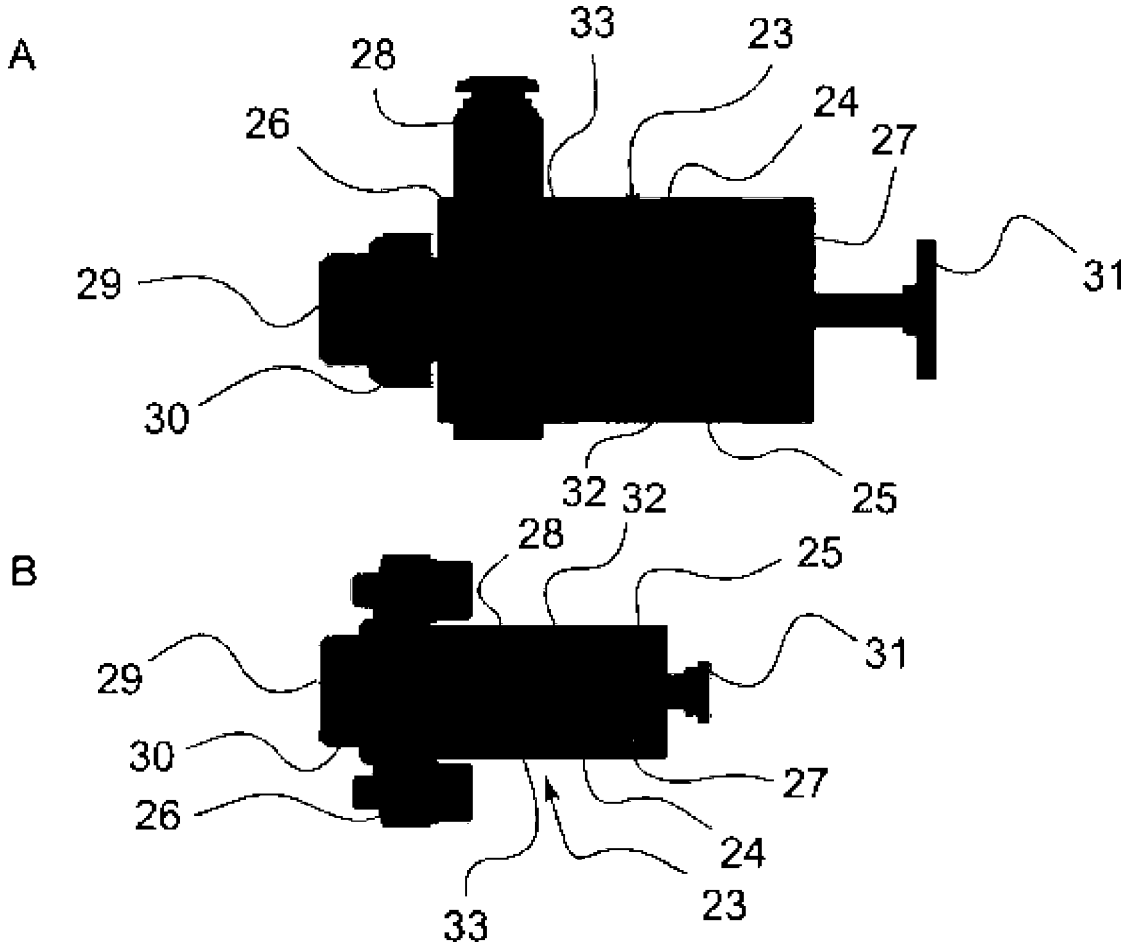
Obr. 2



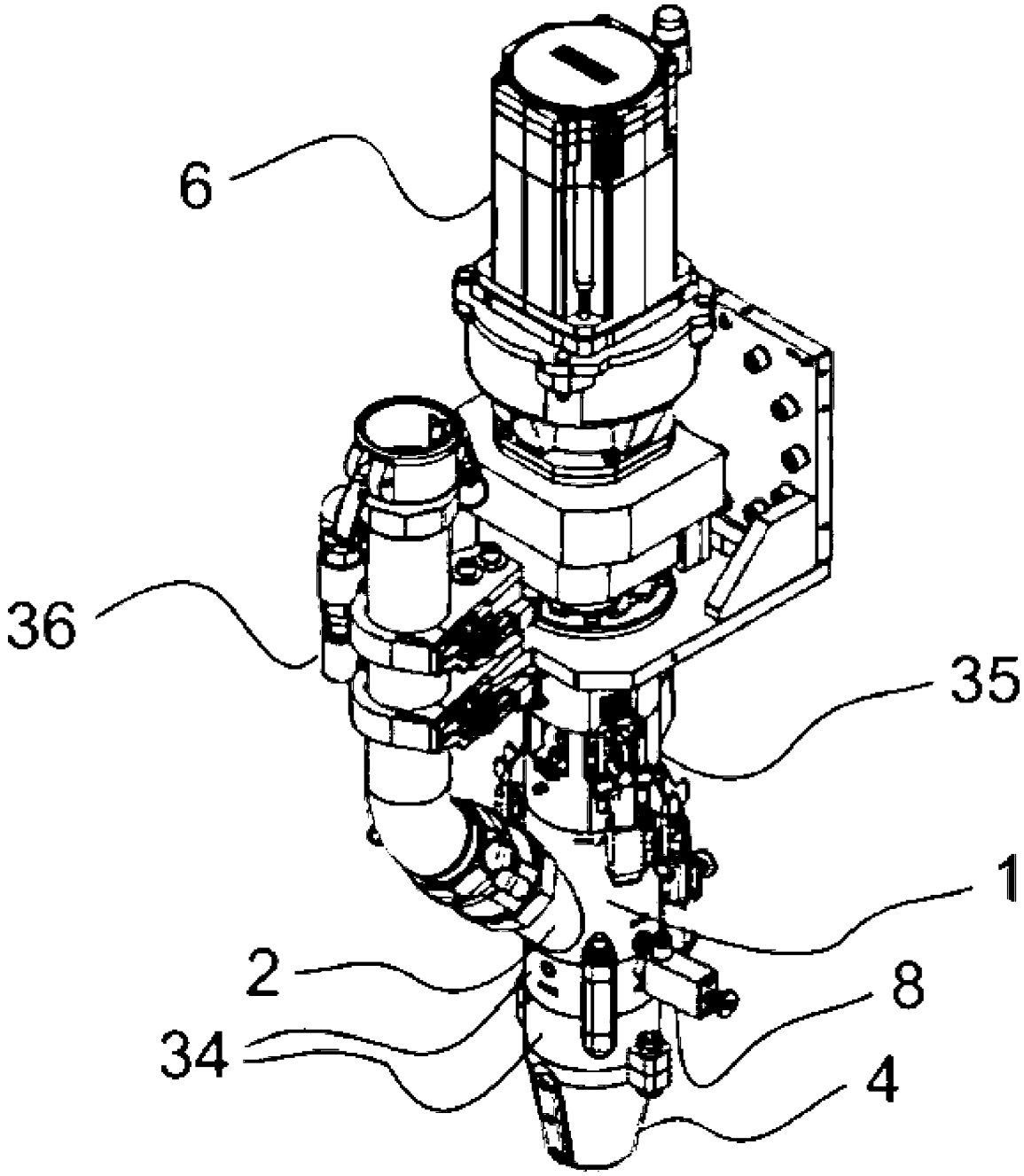
Obr. 3



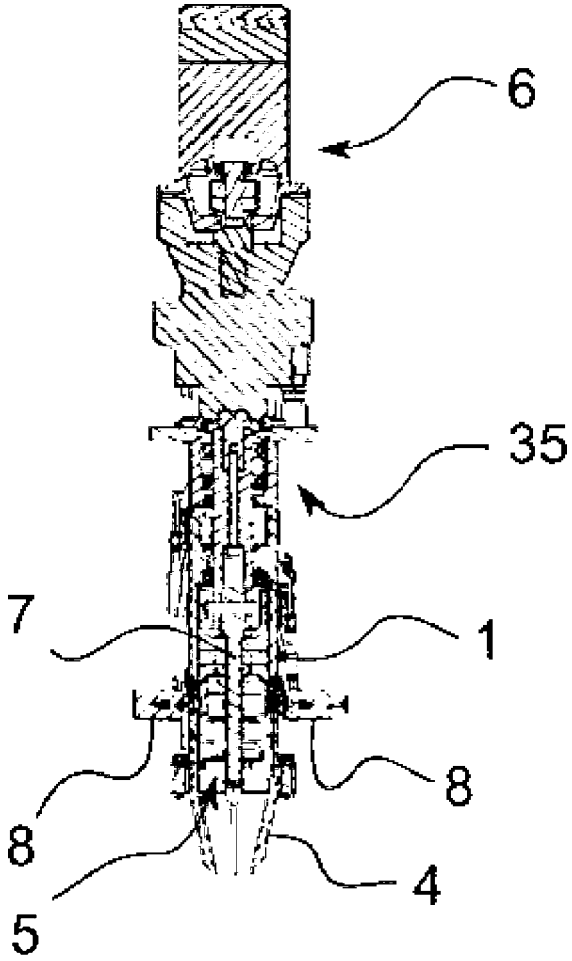
Obr. 4



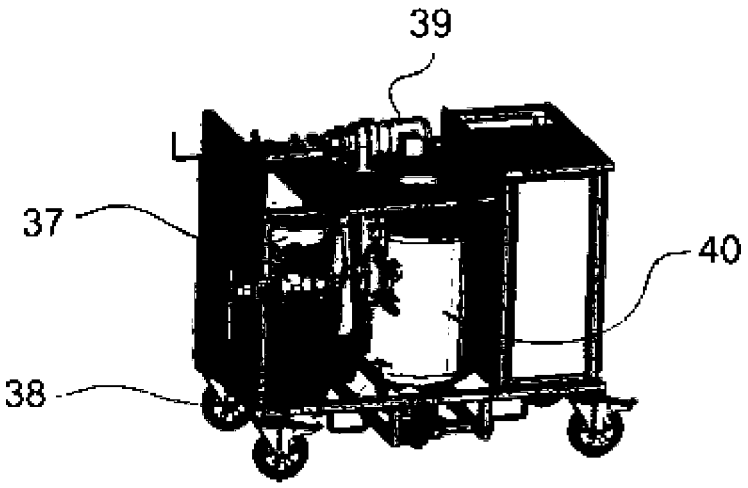
Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8