

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKAÚŘAD
PRŮMYSLŮVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2019-150
 (22) Přihlášeno: 14.03.2019
 (40) Zveřejněno: 26.08.2020
 (Věstník č. 35/2020)
 (47) Uděleno: 15.07.2020
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: 26.08.2020
 (Věstník č. 35/2020)

C10J 3/58 (2006.01)
 C10J 3/66 (2006.01)
 C10J 3/84 (2006.01)
 C10B 47/02 (2006.01)
 C10B 53/02 (2006.01)
 C02F 11/127 (2019.01)
 C02F 11/10 (2006.01)
 C02F 11/04 (2006.01)
 B09B 3/00 (2006.01)

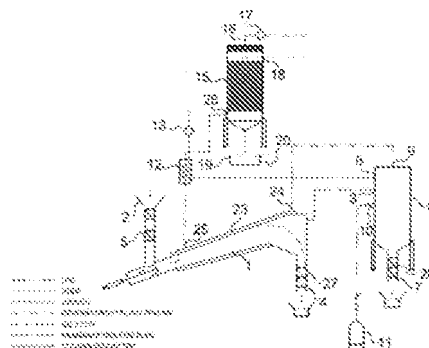
(56) Relevantní dokumenty:
 (Integrating anaerobic digestion and gasification to biomethane; Serge R Guiot, Ruxandra Cimpioia, Charles-David Dubé; Conference Paper; Conference: 4th International Conference on Renewable Energy Gas Technology, At Pacengo (Verona), Italy; https://www.researchgate.net/publication/317951414_Integrating_anaerobic_digestion_and_gasification_to_biomethane) květen 2017; (Anaerobic digestion and gasification coupling for wastewater sludge treatment and recovery; Nicolas Lacroix, Daniel R. Rousse, Robert Hausler; Waste Manage. Res., 32 (7) (2014), pp. 608-613; <https://pdfs.semanticscholar.org/841f/c10f7db32078ae14788538d2113402cb29d8.pdf>) 2014.
 DE 10021383 A1; WO 0179123 A1; CZ 26592 U1; US 2012073199 A1; US 9868964 B2; DE 10107712 A1.

(73) Majitel patentu:
 Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i., Praha 6,
 Lysolaje, CZ
 TARPO spol. s r.o., Kněžves, CZ
 Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
 Praha 6, Dejvice, CZ
 Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i.,
 Praha 8, Libeň, CZ

(72) Původce:
 doc. Ing. Michael Pohořelý, Ph.D., Chýnec, CZ
 Ing. Ivo Pícek, Kněžves, CZ
 Ing. Sjarhei Skoblia, Ph.D., Kralupy nad Vltavou,
 Měkovice, CZ
 Ing. Zdeněk Beňo, Ph.D., Kladno, Kročehlavy, CZ
 Ing. Olga Bičáková, Ph.D., Zdíby, Přemyslen, CZ

(74) Zástupce:
 HARBER IP s.r.o., Dukelských hrdinů 567/52,
 170 00 Praha 7, Holešovice

pevného popílku a výstupem (9) generátorového plynu.
 Výstup (9) generátorového plynu z parciálně oxidační
 komory (6) je dále veden do mokré pračky (15) a výstup
 (16) generátorového plynu z mokré pračky (15) je veden
 do fermentoru nebo do mísiče, do něhož je popřípadě
 veden i výstup bioplynu z fermentoru.



(54) Název vynálezu:
**Způsob a zařízení pro energetické
 zpracování sušeného čistírenského kalu**

(57) Anotace:
 Předkládané řešení poskytuje způsob a zařízení pro
 energetické zpracování sušeného čistírenského kalu. Při
 způsobu energetického zpracování sušeného
 čistírenského kalu se sušený čistírenský kal vnese do
 pyrolýzního reaktoru (1), kde se podrobí pyrolýze za
 vzniku kalouhlu a primárního pyrolýzního plynu.
 Primární pyrolýzní plyn se odvede z pyrolýzního reaktoru
 (1) do parciálně oxidační komory (6), kde se podrobí
 částečné oxidaci za vzniku generátorového plynu, který
 se následně odvede vstupem (26) do mokré pračky (15) a
 z ní do fermentoru nebo do mísiče generátorového plynu
 s bioplynem. Zařízení obsahuje pyrolýzní reaktor (1) se
 vstupem (2) pro sušený čistírenský kal a s výstupem (4)
 pro kalouhel a s výstupem (3) pro primární pyrolýzní
 plyn. Výstup (3) pro primární pyrolýzní plyn je spojen se
 vstupem parciálně oxidační komory (6), která je dále
 opatřena vstupem (8) oxidačního vzduchu, výstupem (7)

Způsob a zařízení pro energetické zpracování sušeného čistírenského kalu

Oblast techniky

5

Předkládaný vynález se týká zařízení a způsobu pro využití vyhnílych, odvodněných a usušených kalů na výstupu čističky odpadních vod, vznikajících při biologickém anaerobním čištění odpadních vod z městských kanalizací, k výrobě výhřevného plynu, a způsobu jeho napojení na plynové hospodářství čističky, a rovněž výroby kalouhlu jako hnojivého prvku s vysokým obsahem fosforu.

10

Dosavadní stav techniky

Existuje mnoho způsobů, jak zvýšit energetickou výtěžnost odpadních kalů vznikajících při biologickém čištění odpadních vod. Jsou známy a používány způsoby ke zvýšení výtěžnosti bioplynu vznikajícího ve fermentoru, například lyzační odstředivky, parní lyzace, ultrazvuková lyzace apod. Lyzace má sloužit k narušení a rozmělnění buněk biomasy vznikajících kalů, aby anaerobní proces mohl probíhat s větším podílem dostupného substrátu a s lepším přístupem bakterií k přítomnému organickému materiálu.

20

Přestože výše uvedené postupy vedou k významnému snížení produkce kalů díky lepšímu mikrobiologickému rozkladu v anaerobním fermentoru a tím vyšší produkci bioplynu, přesto v komunálních čistírnách odpadních vod vzniká velké množství anaerobně stabilizovaných kalů. V minulosti se odvodněný kal pravidelně ukládal na skládky, ze kterých se následně uvolňovaly znečišťující a kontaminující látky do životního prostředí. Tato praxe není v současné době z ekologického, zdravotního a bezpečnostního důvodu akceptovatelná.

25

Následně vznikly postupy na tepelné zpracování kalů, které představovaly buď přímé spalování kalů, nebo společné spalování s jinými palivy, případně odpadními materiály. Vznikající popel, má cca poloviční hmotnost a podstatně menší objem než odvodněný nebo sušený kal. Jsou známy i postupy termické konverze bez přístupu kyslíku (pyrolýza, termolýza, karbonizace apod.) nebo s přesně řízeným množstvím kyslíku/vzduchu (zplynování). Přehledový článek o metodách termické konverze kalů je např. Pohořelý M., Moško J., Šyc M., Václavková Š., Skoblia S., Beňo Z., Svoboda K.: Materiálové a energetické využití suchého stabilizovaného čistírenského kalu. (Czech) Material and Energy Utilization of Dry Stabilized Sewage Sludge. Kaly a odpady 2018, Sborník přednášek a posterů z 28. konference, pp. 29-38, Brno - hotel Myslivna, Czech Republic, 20-21 June 2018. Nevýhodou všech těchto metod je, že posunují problém s odstraňováním kalů ze skládek do atmosféry, kam se plynné produkty termické konverze kalů vypouštějí. Organické nečistoty a těžké kovy se při těchto termických procesech odstraní pouze částečně. Naopak nutrienty, včetně fosforu a dusíku, se při pyrolýze zachytí v pevném produktu, který se nazývá kalouhel (sludgechar). Kalouhel lze použít například pro aplikaci na půdu jako hnojivo.

35

40

US 9868964 A popisuje zařízení, kde se pyrolýzní plyn míchá s kapalinou vstupující do anaerobního fermentoru, což dovoluje převést alespoň část tohoto plynu na bioplyn. US 2019002323 A1 popisuje podobné zařízení, kde jsou za sebou řazeny dva pyrolýzní reaktory, první z nich pracuje při teplotě do 450 °C, druhý při teplotě o cca 50 °C vyšší zpracovává kalouhel získaný v prvním pyrolýzním reaktoru. Takto získaný kalouhel má vyšší obsah dusíku a fosforu. Tyto postupy však stále neodstraňují organické polutanty z výsledného plynu.

45

50

Předkládaný vynález si klade za cíl zefektivnit energetické využití sušených kalů z čističky odpadních vod k výrobě generátorového plynu a jeho vhodné přivedení do proudu bioplynu v čističce odpadních vod pro jeho smíchání a/nebo konverzi na bioplyn. Směs bioplynu a generátorového plynu pak následně může vstupovat do dalšího energetického využití. Dále si vynález klade za cíl snížit zatížení vznikajícího plynu organickými polutanty.

55

Podstata vynálezu

5 Předmětem předkládaného vynálezu je způsob energetického zpracování sušeného čistírenského kalu, při němž se sušený čistírenský kal vnese do pyrolýzního reaktoru, kde se podrobí pyrolýze za vzniku kalouhlu a primárního pyrolýzního plynu, primární pyrolýzní plyn se odvede z pyrolýzního reaktoru do parciálně oxidační komory, kde se uvede do kontaktu s oxidačním vzduchem a podrobí částečné oxidaci za vzniku generátorového plynu, který se následně odvede
 10 do mokré pračky, v níž se uvede do kontaktu s chladicí vodou, a z ní do fermentoru nebo do mísiče generátorového plynu s bioplynem.

S výhodou pyrolýza probíhá při teplotě 200 °C a vyšší, s výhodou 650 °C nebo vyšší, výhodněji 650 až 900 °C. S výhodou probíhá částečná oxidace při teplotě v rozmezí 900 až 1300 °C.

15 S výhodou se generátorový plyn z parciálně oxidační komory do mokré pračky vede přes vnější plášť pyrolýzního reaktoru, kde předává část tepla vsázce reaktoru a dovoluje ušetřit energii pro ohřev, a/nebo přes tepelný výměník pro předání tepla generátorového plynu oxidačnímu vzduchu.

20 Předmětem předkládaného vynálezu je zařízení pro energetické zpracování sušeného čistírenského kalu způsobem podle vynálezu, které obsahuje pyrolýzní reaktor se vstupem pro sušený čistírenský kal, s výstupem pro pevný produkt pyrolýzy, kalouhel, a s výstupem pro plynný produkt pyrolýzy, primární pyrolýzní plyn. Výstup pro primární pyrolýzní plyn je spojen
 25 se vstupem parciálně oxidační komory, ve které dochází k částečné oxidaci primárního pyrolýzního plynu zahrnující destrukci v něm obsažených organických látek (organických polutantů). Parciálně oxidační komora je opatřena vstupem oxidačního vzduchu, výstupem pevného popílku a výstupem plynné složky (generátorového plynu). Výstup generátorového plynu z parciálně oxidační komory je dále veden do mokré pračky, pro ochlazení a odstranění
 30 zbylých nečistot z generátorového plynu, a výstup generátorového plynu z mokré pračky je veden do fermentoru nebo do mísiče, do něhož může být veden i výstup bioplynu z fermentoru.

Sušený čistírenský kal je typicky anaerobně stabilizovaný sušený čistírenský kal. Sušení čistírenského kalu obvykle probíhá při teplotě 80 až 180 °C a výsledný obsah vody je do 20 %
 35 hmotn., lépe do 10 % hmotn. To odpovídá alespoň 80 % hmotn. sušiny, s výhodou alespoň 90 % hmotn. sušiny čistírenského kalu. Sušením kalu se mimo jiné docílí jeho vysokého hygienického zabezpečení.

40 Primární pyrolýzní plyn obsahuje kondenzovatelnou složku, která se při ochlazení pod kondenzační teplotu vody může zkapalnit. V kondenzovatelné složce i v nekondenzovatelné složce jsou obsaženy organické polutanty a těžké kovy.

S výhodou jsou vstupy a výstupy pevných složek (zejména sušeného kalu, kalouhlu a popílku) opatřeny plynotěsnými klapkami zabraňujícími vniknutí vzduchu a v případě vstupu pevné
 45 složky může být plynotěsná klapka upravena i pro dávkování.

S výhodou je parciálně oxidační komora cyklonového typu a/nebo typu s keramickou vyzdívkou.

50 Ve výhodném provedení je výstup plynu z parciálně oxidační komory do mokré pračky veden přes vnější plášť pyrolýzního reaktoru, kde předává část tepla vsázce reaktoru a dovoluje ušetřit energii pro ohřev, a/nebo přes tepelný výměník obsahující vedení plynu z parciálně oxidační komory a vedení oxidačního vzduchu, ve výměníku horký plyn předá teplo oxidačnímu vzduchu, který by měl být před vstupem do parciálně oxidační komory předehřátý.

V mokré pračce se plyn přivádí do kontaktu s chladicí vodou. Ve výhodném provedení je odvod chladicí vody z mokré pračky dále veden do fermentoru v čističce odpadních vod. Chladicí voda může být procesní (provozní) voda z čističky upravená mikrofiltrací, voda pitná z vodovodního řádu, s výhodou může být použita i voda z prvního stupně vyhnívací nádrže – fermentoru, do

5

10

kterého se po chlazení zase vrací, takže organické zbytky z vypírky plynu přispívají ve fermentoru ke zvýšení produkce bioplynu, a zbytkové a kondenzační teplo z vypírky je odváděno do fermentoru, kde přispívá k vylepšení jeho energetické bilance. Pokud se používá procesní voda nebo pitná voda, je vhodné ji vracet na vstup čističky, aby neředila zahuštěné kaly ve fermentoru.

15

Výstup plynu z mokré pračky může být veden přímo do fermentoru, nebo může být veden do mísiče, kde se smísí s bioplynem, a vede dále do kogenerační jednotky, plynového kotle, nebo do jiného využití. Při zavádění do fermentoru lze zavádět plyn například přímo do prvního stupně fermentorů, co nejvíce ke dnu, nebo do cirkulačního obvodu fermentorů pro míchání a ohřev

20

obsahu fermentorů. Zavádění do cirkulačního obvodu má tu výhodu, že plyn může předat zbytek svého tepla pro ohřev; rovněž se dosáhne lepšího rozdělení plynu v nádrži.

Fermentorem se zde rozumí anaerobní fermentor, nazývaný v technologii čističek odpadních vod také vyhnívací nádrž.

25

Přínosem předloženého vynálezu je efektivnější využití sušených kalů z čističky odpadních vod k výrobě generátorového plynu a jeho vhodné přivedení do proudu bioplynu směřujícího buď do kogenerační jednotky, nebo do plynového kotle umístěného v tepelném hospodářství čističky, případně k jinému využití. Průvodním efektem je kromě značného energetického přínosu také velmi podstatná redukce objemu původního nežádoucího kalu a možnost využití vzniklého pyrolýzního uhlikatého zbytku jako nového půdního aditiva/hnojiva s vysokým obsahem

30

nutričních prvků (zejména fosforu).

Energie uvolněná při pyrolýze původního čistírenského kalu a při parciální oxidaci těkavých pyrolýzních produktů se ve výhodných provedeních využije jednak na ohřev pyrolýzéro a jednak na zvýšení množství vyrobeného bioplynu, v důsledku čehož se zvýší využití energie původních čistírenských kalů, např. pro výrobu elektrické energie pomocí vysokoúčinných plynových motorů kogenerační jednotky.

35

Bilancí prováděnou na existujících čističkách odpadních vod se ukazuje, že zvýšení tepelného obsahu původního bioplynu nově vygenerovaným plynem je velmi podstatné a činí 15 až 30 %. O tolik je možné zvýšit elektrický i tepelný výkon kogeneračních jednotek. Využití předloženého vynálezu zasáhne podstatným způsobem do energetického hospodářství čističky odpadních vod.

40

Dalším přínosem je destrukce organických polutantů během částečné oxidace v parciálně oxidační komoře, takže výsledný plyn již toto znečištění nepřenáší dále v systému.

Objasnění výkresů

45

Obr. 1 schematicky znázorňuje zařízení popsané v příkladu provedení.

Příklady uskutečnění vynálezu

50

V tomto příkladu je zařízení podle vynálezu popsáno podrobněji s odkazem na obrázek 1 schematicky znázorňující zařízení podle tohoto příkladu:

55

Schéma na obrázku 1 znázorňuje pyrolýzní reaktor 1 se vstupem 2 paliva, výstupem 3 primárního pyrolýzního plynu a výstupem 4 pevného pyrolýzního zbytku, kalouhlu. Palivem je sušený

čistírenský kal, který může být například přiváděn ze sušárny čistírenského kalu. Vstup 2 paliva je opatřen vzduchotěsnými klapkami 5. Pyrolýzní reaktor je dále opatřen výstupem 4 kalouhlu s plynotěsnými klapkami 27. Výstup 3 pyrolýzního plynu je dále veden do cyklonové parciálně oxidační komory 6 s výstupem 7 prachového podílu opatřeným plynotěsnými klapkami 28,
 5 přívodem (vstupem) 8 oxidačního vzduchu a výstupem 9 generátorového plynu. Přívod 8 oxidačního vzduchu je veden od ventilátoru 13 oxidačního vzduchu přes rekuperační výměník 12, ve kterém dochází k výměně tepla mezi vystupujícím generátorovým plynem a oxidačním vzduchem. Výstup 9 generátorového plynu je veden ke vstupu 24 generátorového plynu do systému ohřevu pyrolýzního reaktoru v plášti pyrolýzního reaktoru, dále k výstupu 25 ze systému
 10 ohřevu pyrolýzního reaktoru. V systému ohřevu pyrolýzního reaktoru generátorový plyn předává část svého tepla pyrolýznímu reaktoru, následně je veden do rekuperačního výměníku 12, kde předává další část tepla oxidačnímu vzduchu. Od výměníku 12 je generátorový plyn veden ke vstupu 26 do mokré pračky 15, kde se uvede do kontaktu s chladicí vodou, která vstupuje vstupem 18. Zdrojem chladicí vody může být v některých provedeníh fermentor (neznázorněno). Mokrý pračka 15 má výstup 16 čistého ochlazeného plynu a za ním následuje
 15 dmychadlo 17 pro posun plynu do fermentoru (neznázorněn). Do mokré pračky 15 vstupuje horký generátorový plyn vstupem 26, vstupem 18 vstupuje chladicí voda, a ta po průchodu pračkou vytéká do sběrné nádrže 19, z níž se může prostřednictvím vstupu 20 vracet do čističky odpadních vod, například do fermentoru.

20

Zařízení pracuje dle následujícího popisu:

Násypka vstupu 2 paliva se postupně plní sušeným kalem, který se v dávkách sesouvá přes vzduchotěsné klapky 5 do podávacího prostoru pyrolýzního reaktoru. V pyrolýzním reaktoru
 25 dochází k termickému rozkladu organické části kalu při teplotách 200 až 900 °C, přičemž primární pyrolýzní plyn odchází výstupem 3 z pyrolýzéry do cyklonové parciálně oxidační komory 6. Částečnou oxidaci v komoře 6 se zvýší teplota na 900 až 1300 °C, a díky dostatečné době setrvání v oblasti vysoké teploty (cca 1 až 4 s) dojde k destrukci organických látek obsažených v primárním pyrolýzním plynu. Ke konverzi primárních pyrolýzních produktů
 30 přispívá i keramická vyzdívka parciálně oxidační komory 6 zajišťující dostatečně dlouhý kontakt s jejím povrchem. Co nejvyšší odstranění nežádoucích organických látek z produkovaného plynu je velmi důležité pro následné anaerobní mikrobiální procesy probíhající ve fermentoru, které by mohly být narušeny nebo dokonce zastaveny velkým znečištěním substrátu toxickými
 35 substancemi z pyrolýzního procesu. Při startu linky na pyrolýzu kalů je nutné použití startovacího hořáku 10 s pomocným zdrojem 11 plynu, který vygeneruje dostatek tepla pro zahájení pyrolýzního procesu. Spaliny z hořáku při startu linky a později generátorový plyn z parciálně oxidační komory o vysoké teplotě 900 až 1300 °C proudí do vnějšího pláště 23 pyrolýzéry 1, kterému předává teplo potřebné na termický rozklad dávkovaného kalu, a po částečném
 40 ochlazení v plášti 23 pyrolýzéry předává dále teplo oxidačnímu vzduchu ve výměníku 12. Za výměníkem 12 je teplota plynu již pouze 150 až 250 °C a jeho konečné dochlazení spojené s dočištěním se provede v mokré pračce 15. Plyn vstupující do mokré pračky 15 v dolní části vstupem 26 se postupně promývá chladicí vodou ze vstupu 18 a je vychlazován na konečnou teplotu 20 až 40 °C. Chladicí voda může být použita z různých zdrojů vody na čističce odpadních
 45 vod, např. procesní (provozní) voda upravená mikrofiltrací, voda pitná z vodovodního řádu. S výhodou může být použita i voda z 1. stupně vyhnivací nádrže – fermentoru, do kterého se po chlazení zase vrací, takže organické zbytky z vypírky plynu přispívají ve fermentoru ke zvýšení produkce bioplynu a zbytkové a kondenzační teplo z vypírky je odváděno do fermentoru, kde přispívá k vylepšení jeho energetické bilance. Pokud se používá procesní voda nebo pitná voda, je vhodné ji vracet na vstup čističky, aby neředila zahuštěné kaly ve fermentoru. Generátorový
 50 plyn na výstupu 16 mokré pračky 15 zvýší svůj tlak v dmychadle 17 a přivede se do fermentoru, například na vstup míchacích kompresorů, čímž je zajištěn dokonalý průběh anaerobních procesů ve fermentoru se současným dokonalým vyčištěním plynu. Původní složky plynu vyčištěného v pračce, jako například CO, CO₂ a H₂, se chemickými reakcemi a působením anaerobních mikroorganismů ve fermentoru částečně přemění na metan. Vzrůst energetického obsahu

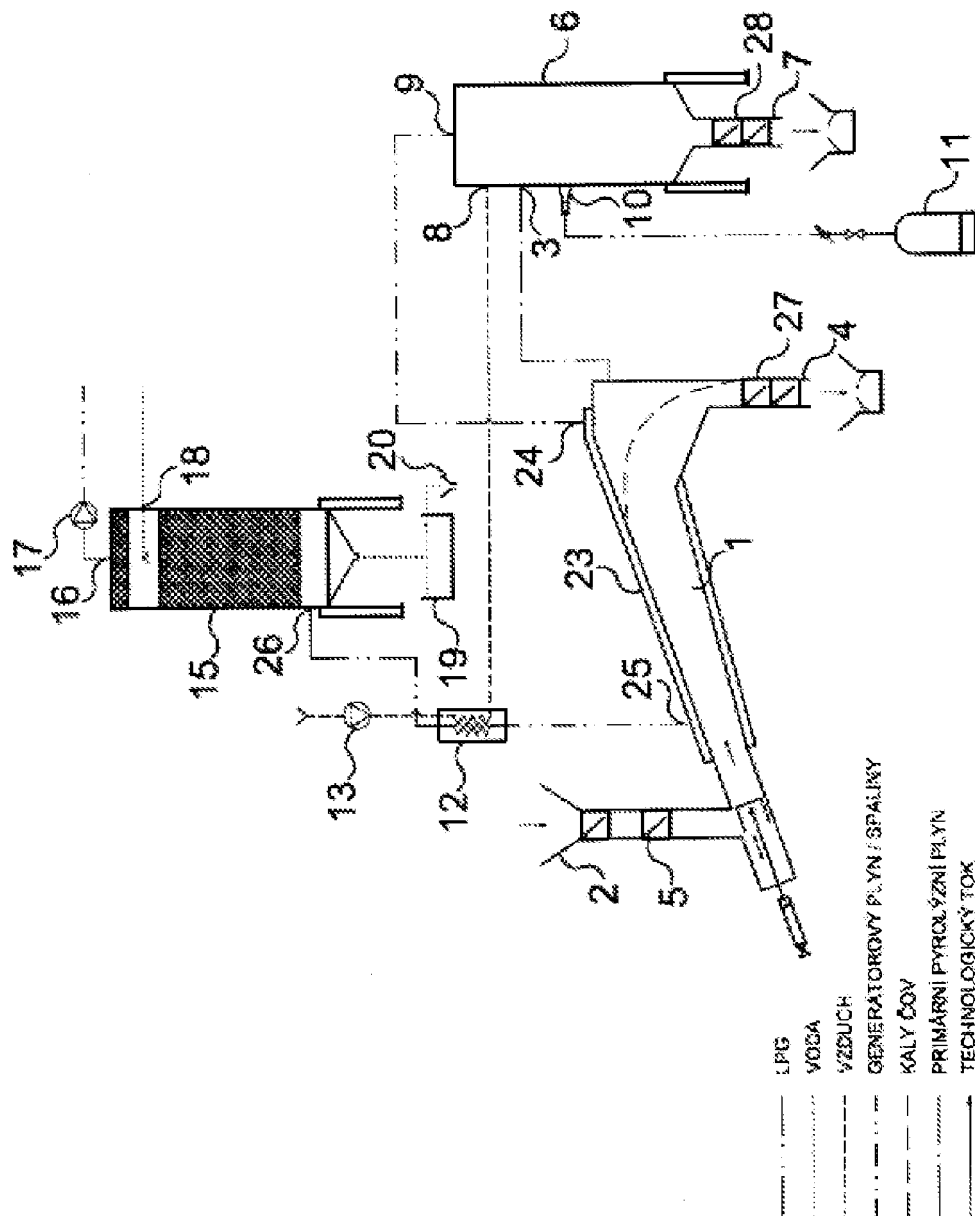
výstupního bioplynu je velmi podstatný a umožňuje zvýšit elektrický i tepelný výkon kogenerace o 15 až 30 %. Pro tepelnou bilanci čističky odpadních vod je toto zvýšení velmi podstatné.

- 5 Dalším produktem postupu je uhlíkatý zbytek vystupující z pyrolýzního reaktoru 1 přes chladicí část a plynotěsné klapky 27. Pyrolýzní zbytek, neboli kalouhel, má významně sníženou váhu a objem oproti původně vystupujícímu mokrému kalu, čímž rovněž podstatně snižuje náklady na odvoz kalů z čističky. Kalouhel je obchodovatelný produkt – hnojivý zemědělský přípravek s vysokým obsahem fosforu. Poslední studie různých druhů pevných karbonizačních produktů a možnosti jejich přidávání do půd ukazují na podstatné zlepšení strukturních, fyzikálních a chemických vlastností půdy pro zemědělské využití. Integrací malého množství biologicky rezistentního uhlíkatého zbytku (kalouhlu) s vysokou plochou povrchu a velkým objemem vnitřních pórů do masivní anorganické matrice vznikne nová komplexní struktura zvyšující adhezi a udržitelnost vody, snižující pohyblivost zbytkových těžkých kovů a umožňující pozvolné uvolnění přítomných anorganických živin do půdy. Struktura kalouhlu vyrobeného z čistírenských kalů tak zajišťuje optimální podmínky pro vývoj a život prospěšných půdních bakterií, mikroorganismů a hub.
- 10
- 15

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob energetického zpracování sušeného čistírenského kalu, při němž se sušený čistírenský kal vnese do pyrolýzního reaktoru (1), kde se podrobí pyrolýze za vzniku kalouhlu a primárního pyrolýzního plynu, **vyznačený tím**, že se primární pyrolýzní plyn odvede z pyrolýzního reaktoru (1) do parciálně oxidační komory (6), kde se uvede do kontaktu s oxidačním vzduchem a podrobí se částečné oxidaci za vzniku generátorového plynu, který se následně odvede vstupem (26) do mokré pračky (15), v níž se uvede do kontaktu s chladicí vodou, a z ní do fermentoru nebo do mísiče generátorového plynu s bioplynem.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačený tím**, že pyrolýza probíhá při teplotě 200 °C a vyšší, s výhodou 650 °C nebo vyšší, výhodněji 650 až 900 °C.
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačený tím**, že částečná oxidace probíhá při teplotě v rozmezí 900 až 1300 °C.
4. Způsob podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačený tím**, že se generátorový plyn z parciálně oxidační komory (6) do mokré pračky vede přes vnější plášť pyrolýzního reaktoru (1) vstupem (24) a výstupem (25) pláště pyrolýzního reaktoru (1) a/nebo přes tepelný výměník (12) pro předání tepla generátorového plynu oxidačnímu vzduchu.
5. Zařízení pro energetické zpracování sušeného čistírenského kalu způsobem podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, které obsahuje pyrolýzní reaktor (1) se vstupem (2) pro sušený čistírenský kal a s výstupem (4) pro kalouhel a s výstupem (3) pro primární pyrolýzní plyn, **vyznačené tím**, že výstup (3) pro primární pyrolýzní plyn je spojen se vstupem parciálně oxidační komory (6), která je dále opatřena vstupem (8) oxidačního vzduchu, výstupem (7) pevného popílku a výstupem (9) generátorového plynu, přičemž výstup (9) generátorového plynu z parciálně oxidační komory (6) je dále veden do vstupu (26) mokré pračky (15), a výstup (16) generátorového plynu z mokré pračky (15) je veden do fermentoru nebo do mísiče, do něhož je popřípadě veden i výstup bioplynu z fermentoru.
6. Zařízení podle nároku 5, **vyznačené tím**, že vstupy a výstupy pevných složek, zejména vstup (2) sušeného kalu, a výstupy (4, 7) kalouhlu a popílku, jsou opatřeny plynotěsnými klapkami zabráňujícími vniknutí vzduchu, a v případě vstupu pevné složky je volitelně plynotěsná klapka upravena i pro dávkování.
7. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 5 a 6, **vyznačené tím**, že parciálně oxidační komora (6) je cyklonového typu a/nebo typu s keramickou vyzdívkou.
8. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 5 až 7, **vyznačené tím**, že výstup (9) generátorového plynu z parciálně oxidační komory (6) je do mokré pračky veden přes vnější plášť pyrolýzního reaktoru (1) vstupem (24) a výstupem (25) pláště pyrolýzního reaktoru (1) a/nebo přes tepelný výměník (12) obsahující vedení plynu z parciálně oxidační komory a vedení oxidačního vzduchu.
9. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 5 až 8, **vyznačené tím**, že přívod chladicí vody do mokré pračky (15) je veden z fermentoru a odvod chladicí vody z mokré pračky (15) je veden zpět do fermentoru.
10. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 5 až 9, **vyznačené tím**, že výstup (16) generátorového plynu z mokré pračky (15) je veden do fermentoru, a to buď přímo do prvního stupně fermentorů ke dnu, nebo do cirkulačního obvodu fermentorů pro míchání a ohřev obsahu fermentorů.

I výkres



Obr. 1