

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

32 191

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C02F 11/18 (2006.01)

C02F 101/20 (2006.01)

C02F 1/30 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35283**

(22) Přihlášeno: **23.08.2018**

(47) Zapsáno: **16.10.2018**

(73) Majitel:
Ústav chemických procesů, AV ČR, v.v.i., Praha 6,
Lysolaje, CZ

(72) Původce:
Ing. Michal Šyc, Ph.D., Praha 3, Strašnice, CZ
doc. Ing. Karel Svoboda, CSc., Praha 6, Řepy, CZ
Ing. Šárka Václavková, Ph.D., Brno, Královo Pole,
CZ
doc. Ing. Michael Pohořelý, Ph.D., Chýnice, CZ

(74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák & Partners s.r.o., Husova tř.
1847/5, 370 01 České Budějovice, České
Budějovice 3

(54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro regeneraci fosforu z popela
čistírenského kalu**

CZ 32191 U1

Zařízení pro regeneraci fosforu z popela čistírenského kalu

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká oblasti čištění odpadních vod, konkrétně zařízení pro regeneraci fosforu z popela čistírenských kalů.

Dosavadní stav techniky

Jedním z nejkonzentrovanejších sekundárních zdrojů fosforu je čistírenský kal, odpad vznikající při čištění komunálních odpadních vod. V současné době dochází k zpříšňování kritérií, při jejichž dodržení je možné aplikovat čistírenský kal na zemědělské půdy jako zdroj živin, tedy i fosforu. V důsledku toho ubývá množství kalů, jež je možné aplikovat na zemědělskou půdu buď přímo, nebo po jejich zkompostování. Nejčastějšími kontaminanty, které jsou v současnosti v kalech detekovány a sledovány jsou patogenní mikroorganismy, těžké kovy a perzistentní organické polutanty. Nadto existuje důvodné podezření, že kaly obsahují značné množství reziduí člověkem zkonsumovaných léčiv, jejichž aktivní složky mohou mít zásadní vliv na chování a rozmnožování vodních bakterií a vyšších živočichů, do jejichž těl se tyto látky dostanou po splachu kalů z půd.

Je proto třeba čistírenský kal upravit tak, aby byly nežádoucí polutanty co nejúčinněji odstraněny při zachování co největšího surovinového, tj. v případě kalů živinového, potenciálu, přičemž z živin přítomných v odpadní vodě přechází do čistírenského kalu téměř veškeré množství přítomného fosforu. Ten byl navíc zařazen na seznam kritických surovin EU, a proto již dnes řada evropských zemí podniká kroky vedoucí k povinnému znovuvyužití fosforu z čistírenských kalů. S ohledem na odlišné vlastnosti přítomných polutantů nelze kal zcela dekontaminovat jednodívkově, přičemž je nutné využití různých chemických či fyzikálních principů k jejich odstranění.

Vysoce účinným způsobem hygienizace, tedy odstranění nežádoucích mikroorganismů, je tepelné sušení čistírenských kalů, kdy se pomocí teploty 80 až 180 °C, dle technologie sušárny, docílí vysokého hygienického ošetření a dlouhodobé skladovatelnosti kalu. Tento průmyslově běžný proces, při němž je významně snížen objem kalu a jeho výsledná vlhkost dosahuje maximálně 10 % hmotn., je však vysoce energeticky, a tím i ekonomicky náročný. Navíc, sušení nevede k rozkladu všech organických polutantů, ale naopak vede k jejich zkoncentrování ve vysušeném materiálu. To stejné platí pro znečištění těžkými kovy.

Organické polutanty mohou být z čistírenského kalu kompletně odstraněny jeho termickým zpracováním, kdy je kal spálen při teplotách nad 800 °C. Při tomto průmyslově dobře zvládnutém procesu přecházejí těkavé kovy částečně do vznikajících spalin, zbytek je zkoncentrován ve vznikajícím popelu společně s téměř veškerým fosforem, který je zde však koncentrován převážně ve formách ve vodě téměř nerozpustných, jež jsou pro rostliny prakticky nevyužitelné.

Proto je třeba dalšími úpravami popele ze spalování čistírenských kalů převést přítomný fosfor na pro rostliny lépe dostupnou formu a významně snížit obsah nežádoucích těžkých kovů. Úkolem technického řešení je vytvoření zařízení pro regeneraci fosforu z popele čistírenských kalů, jehož provoz by byl ekonomicky nenáročný a výhodný, které by zajišťovalo převedení fosforu na pro rostliny lépe dostupnou formu, čímž by došlo k jeho následnému možnému využití zejména v oblasti zemědělství.

55

Podstata technického řešení

5 Předkládané technické řešení umožňující znovuvyužití fosforu z čistírenských kalů je založeno na termochemické metodě zpracování popela z čistírenských kalů, kdy jsou z popela po spalování čistírenských kalů za vysokých teplot a v přítomnosti chemického činidla separovány těžké kovy, a to na základě jejich rozdílné těkavosti, přičemž je využíván efekt mikrovlnného dielektrického zahřívání popela. Mikrovlnné záření produkuje efektivní interní ohřev zprostředkovaný přímou
10 interakcí mikrovlnné energie s molekulami přítomnými v reakční směsi, což vede ke zvyšování teploty v celém objemu reakční směsi současně na rozdíl od konvenčního ohřevu, kdy se nejprve zahřívá reakční nádoba neboli reaktor a reakční směs, která je s reaktorem v přímém kontaktu. Mikrovlnný ohřev tak představuje pro materiály, jež jsou schopny mikrovlnné záření absorbovat a měnit na teplo, výrazně rychlejší a účinnější způsob ohřevu než ohřev konvenční.

15 Výše uvedený vytčený úkol je vyřešen pomocí zařízení pro regeneraci fosforu z popela čistírenských kalů podle tohoto technického řešení. Podstata zařízení podle tohoto technického řešení spočívá v tom, že zahrnuje alespoň jeden izolovaný reaktor opatřený alespoň jedním přívodem reakční směsi propojený se zásobníkem reakční směsi a dávkovačem reakční směsi, alespoň jedním výstupem termochemicky upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu a alespoň jedním výstupem spalin. Reakční směs je tvořená popelem z čistírenského kalu a reakčním činidlem. Zařízení dále zahrnuje alespoň jeden generátor mikrovlnného záření zaústěný do vnitřního prostoru izolovaného reaktoru pro zahřívání reakční směsi. Generátor mikrovlnného záření má frekvenci v rozmezí 0,3 až 300 GHz. Nastavení
25 frekvence generátoru mikrovlnného záření zajišťuje rozkmitání částic reakční směsi, čímž je předávána energie těmto částicím a reakční směs je zahřívána. Vlastní izolovaný reaktor s generátorem mikrovlnného záření představuje vsádkovou mikrovlnnou pec vyrobenou z materiálu, jímž mikrovlnné záření prochází bez interakce. Mikrovlnné záření produkuje efektivní interní ohřev zprostředkovaný přímou interakcí mikrovlnné energie s molekulami přítomnými
30 v reakční směsi, což vede ke zvyšování teploty v celém objemu reakční směsi současně na rozdíl od konvenčního ohřevu, kdy se nejprve zahřívá reaktor a reakční směs, která je s reaktorem v přímém kontaktu. Mikrovlnný ohřev tak představuje pro materiály, jež jsou schopny mikrovlnné záření absorbovat a měnit na teplo, výrazně rychlejší a účinnější způsob ohřevu než ohřev konvenční.

35 Ve výhodném provedení je zásobník reakční směsi napojen na mísicí nádrž reakční směsi, která je opatřena michadlem a peletizérem a do které je zaústěn zásobník popela čistírenského kalu a zásobník reakčního činidla pro vznik reakční směsi. Peletizace reakční směsi jednak zajišťuje těsný kontakt popele čistírenského kalu a chemického reakčního činidla, přičemž současně
40 zamezuje jeho předčasnému odtékání, čímž pomáhá správnému průběhu chemické reakce a jednak zamezuje úletu jemných prachových částic popela do spalin.

Výstup termochemicky upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu je s výhodou zaústěný do zásobníku termochemicky upraveného popela se zvýšeným podílem
45 biodostupného fosforu, tedy vzniklého produktu, opatřeného kontrolním zařízením kvality. Kontrola kvality produktu, tedy termochemicky upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu je založena na bázi metody rentgenové fluorescence neboli XRF. Výstup spalin je chlazený vzduchem a zaústěný do zařízení pro čištění spalin opatřené filtrem pro zachyt tuhých částic. Na toto zařízení může ve výhodném uspořádání navazovat nezávislá technologická
50 linka čištění spalin výstupem pro regeneraci reakčního činidla a výstupem těžkých kovů.

V zařízení pro regeneraci fosforu z popela čistírenského kalu podle předkládaného technického řešení je popel pomocí ohřevu a reakce s chemickým činidlem upraven tak, že se významně zvýší biologická dostupnost přítomného fosforu při snížení znečištění těžkými kovy. Takto upravený
55 popel čistírenských kalů je pak možno díky vysoké biodostupnosti přítomného fosforu, nulové

kontaminaci patogenními mikroorganismy i organickými polutanty a nízké zátěži těžkými kovy efektivně využít v zemědělství jako zdroj fosforu, prvku, jež je nutné do půd dodávat pro zabezpečení udržitelné zemědělské produkce. Využití navrhovaného technického řešení tak představuje metodu regenerace odpadního fosforu, jež je tak možné znovu využít v zemědělství.

Objasnění výkresů

Uvedené technické řešení bude blíže objasněno na následujících vyobrazeních, kde:

obr. 1 znázorňuje schéma zařízení.

Příklad uskutečnění technického řešení

Na obr. 1 je schematicky znázorněno zařízení 1 pro regeneraci fosforu z popela čistírenského kalu podle tohoto technického řešení pomocí kombinace reakce popela a chemického reakčního činidla a mikrovlnného ohřevu. Zařízení 1 se skládá ze zásobníků 6 popela a vhodného chemického reakčního činidla uloženého v zásobníku 7 reakčního činidla, které jsou společně zaústěny do mísící nádrže 8 reakční směsi. Mísící nádrž 8 reakční směsi je opatřena míchadlem a peletizérem pro vytvoření vhodné formy popela s reakčním činidlem. Po vytvoření optimální formy reakční směsi v mísící nádrži 8, je reakční směs přesunuta do zásobníku 9 reakční směsi, ze které je postupně přes dávkovač 10 reakční směsi přesouvána přívodem 3 reakční směsi do izolovaného reaktoru 2. Izolovaný reaktor 2 je opatřen generátorem 5 mikrovlnného záření generujícího elektromagnetického záření o frekvenci 0,3 až 300 GHz. Izolovaný reaktor 2 je vytvořen z materiálu neinteragující s mikrovlnným zářením, v tomto příkladu z nerezové oceli. Izolovaný reaktor 2 je dále opatřen výstupem 11 popela s biodostupným fosforem zaústěným do zásobníku 12 popela s biodostupným fosforem opatřeného kontrolním zařízením 13 kvality. Dále je izolovaný reaktor 2 opatřen výstupem 14 spalin, který je zaústěný do zařízení 15 pro čištění spalin opatřené filtrem pro zachyt tuhých částic. Zařízení 15 pro čištění spalin je opatřeno výstupem 16 pro regeneraci reakčního činidla a výstupem 4 těžkých kovů.

Regenerace fosforu z popela čistírenského kalu v zařízení 1 dle tohoto technického řešení probíhá následujícím způsobem. Popel po spalování čistírenských kalů je ve specifickém stechiometrickém poměru míchán v mísící nádrži 8 s vybraným chemickým reakčním činidlem, jako je CaCl_2 , MgCl_2 či Na_2CO_3 . Stechiometrický poměr je závislý na konkrétním chemickém reakčním činidle, v případě chloridů se přidává cca 100 g Cl na 1 kg popele, což odpovídá stechiometrickému poměru Cl : P 0,5 až 1,5. V případě použití sodných sloučenin je optimální stechiometrický poměr Na : P v rozmezí 1,0 až 1,6. Po případné peletizaci je reakční směs převedena do vsádky izolovaného reaktoru 2 s generátorem 5 mikrovlnného záření. V jedné sázce je možno zpracovat až 80 kg popele tedy cca 100 kg reakční směsi. Během následného zahřívání reakční směsi na cca 1000 °C uvnitř izolovaného reaktoru 2 odchází k termochemické reakci mezi popelem a chemickým reakčním činidlem. Při této reakci přecházejí těkavé těžké kovy z matrice popele do spalin a zároveň dochází ke změně speciace fosforu vázaného v popelu do více biodostupné formy. Částice reakční směsi jsou v izolovaném reaktoru 2 zahřívány díky generátoru 5 elektromagnetického záření o frekvenci 0,3 až 300 GHz tj. mikrovlnného záření. Reakce probíhá za přítomnosti vzduchu a spaliny jdou odtaženy ven z reaktoru 2 výstupem 14 spalin k případnému dalšímu čištění. Pevný produkt popsané termochemické reakce – upravený popel s vlastnostmi vhodnými pro zemědělské využití fosforu - je z reaktoru 2 přepraven do zásobníku 12 popela, kde je chlazen za atmosférických podmínek až na pokojovou teplotu. Následně je zkontrolována jeho kvalita v kontrolním zařízením 13 kvality, tedy množství a biodostupnost přítomného fosforu a míra zbytkové kontaminace těžkými kovy.

Průmyslová využitelnost

5

Zařízení pro regeneraci fosforu z popela čistírenského kalu podle tohoto technického řešení lze využít především v malokapacitních úpravnách popela navázaných na čistírny odpadních vod, jež disponují spalovnou kalů. Zařízení pro navrženou úpravu popela vedoucí k regeneraci fosforu vytvoří surovinu vhodnou k přímé aplikaci na zemědělské půdy, jež bude možné po úpravě stávající legislativy využívat jako alternativu k současným konvenčním hnojivům na bázi super fosfátu či stabilizovanému čistírenskému kalu.

10

NÁROKY NA OCHRANU

15

1. Zařízení (1) pro regeneraci fosforu z popela čistírenského kalu, **vyznačující se tím**, že zahrnuje alespoň jeden izolovaný reaktor (2) opatřený alespoň jedním přívodem (3) reakční směsi propojený se zásobníkem (9) reakční směsi a dávkovačem (10) reakční směsi tvořené popelem čistírenského kalu a reakčním činidlem, alespoň jedním výstupem (11) upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu a alespoň jedním výstupem (14) spalin, přičemž zařízení (1) dále zahrnuje alespoň jeden generátor (5) mikrovlnného záření zaústěný do vnitřního prostoru izolovaného reaktoru (2) pro zahřívání reakční směsi.

20

2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že zásobník (9) reakční směsi je napojen na mísicí nádrž (8) reakční směsi, do které je zaústěn zásobník (6) popela čistírenského kalu a zásobník (7) reakčního činidla pro vznik reakční směsi.

25

3. Zařízení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že mísicí nádrž (8) je opatřena míchadlem a peletizérem.

30

4. Zařízení podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že výstup (11) upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu je zaústěný do zásobníku (12) upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu opatřeného kontrolním zařízením (13) kvality a výstup (14) spalin je zaústěný do zařízení (15) pro čištění spalin opatřeného filtrem pro zachyt tuhých částic.

35

5. Zařízení podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že zařízení (15) pro čištění spalin je opatřeno výstupem (16) pro regeneraci reakčního činidla a výstupem (4) těžkých kovů.

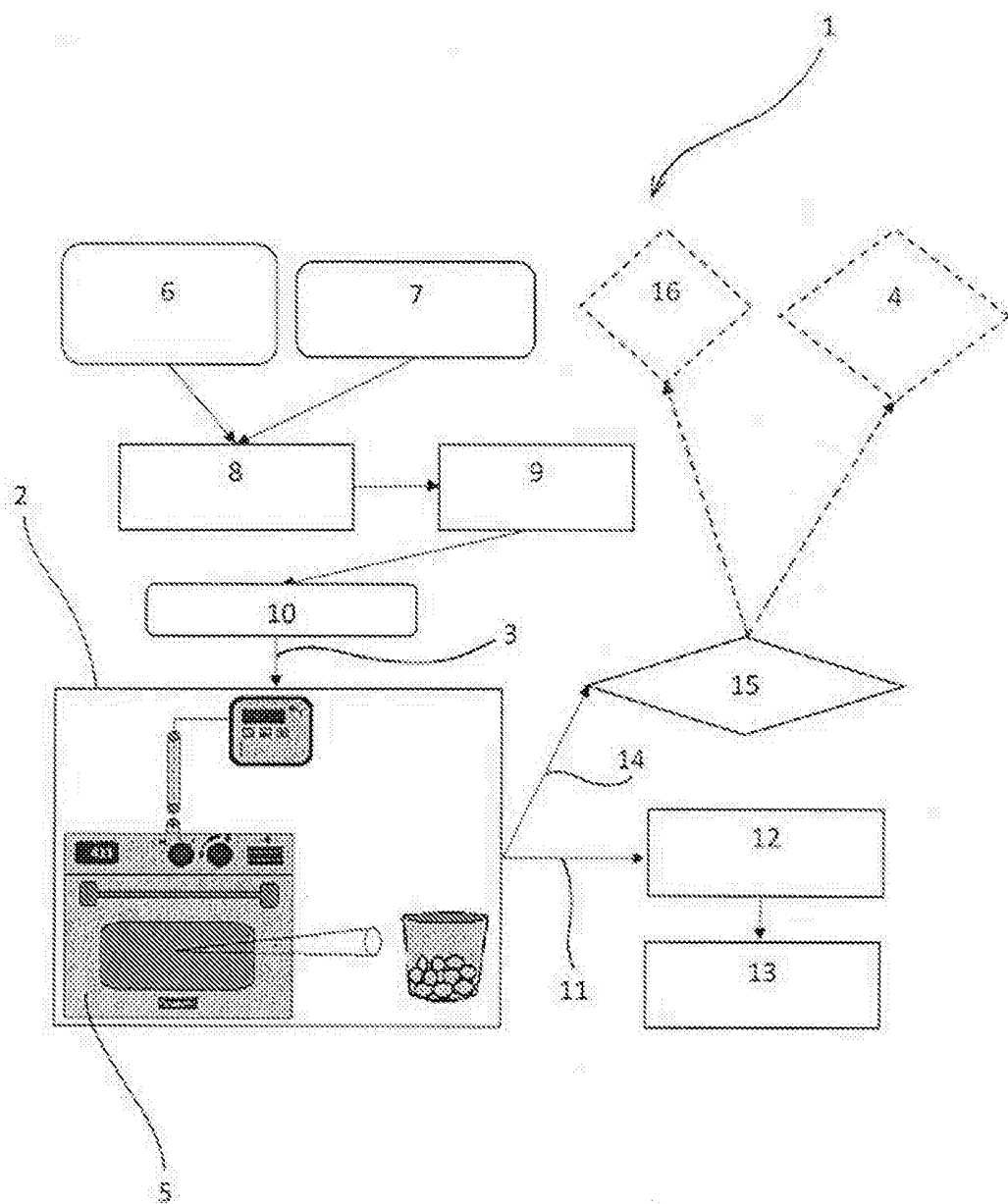
40

6. Zařízení podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že generátor (5) mikrovlnného záření má frekvenci v rozmezí 0,3 až 300 GHz.

1 výkres

Seznam vztahových značek:

- 1 zařízení
- 2 izolovaný reaktor
- 3 přívod reakční směsi
- 4 výstup těžkých kovů
- 5 generátor mikrovlnného záření
- 6 zásobník popela
- 7 zásobník reakčního činidla
- 8 mísicí nádrž reakční směsi
- 9 zásobník reakční směsi
- 10 dávkovač reakční směsi
- 11 výstup upraveného popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu
- 12 zásobník popela se zvýšeným podílem biodostupného fosforu
- 13 kontrolní zařízení kvality
- 14 výstup spalin
- 15 zařízení pro čištění spalin
- 16 výstup pro regeneraci reakčního činidla.



Obr. 1