

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 561

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C02F 11/18 (2006.01)
C02F 101/30 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-39194**
(22) Přihlášeno: **21.09.2021**
(47) Zapsáno: **22.11.2021**

(73) Majitel:
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Praha 6,
Ruzyně, CZ

(72) Původce:
Ing. Sergej Ust'ak, CSc., Spořice, CZ
Ing. Jakub Muňoz, Ph.D., Jirkov, CZ

(54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro hydrotermochemickou úpravu
bioodpadů na biouhel kombinovanou s
odstranění škodlivin**

Zařízení pro hydrotermochemickou úpravu bioodpadů na biouhel kombinovanou s odstraněním škodlivin

5 Oblast techniky

Řešení se týká zařízení pro kombinovanou hydrotermochemickou úpravu kontaminovaných bioodpadů, zejména kalů z čistíren odpadních vod (COV), na biouhel, umožňující částečné až úplné odstranění škodlivin, především organických polutantů, rizikových prvků a mikroorganismů.

Dosavadní stav techniky

15 Současná odpadová politika Evropské unie směřuje k vytvoření účinného systému nakládání s bioodpady se zvýšeným obsahem škodlivin, tzv. kontaminovanými bioodpady, zejména kalů z čistíren odpadních vod (COV) a digestátů z bioplynových stanic (BPS), s co nejmenším dopadem na životní prostředí. Stoupající trend produkce zmíněných bioodpadů lze očekávat i do budoucna z důvodu zpřísnění požadavků na kvalitu vyčištěné vody. Proto je důležitý vývoj
20 nových postupů a technologií pro úpravu takových bioodpadů za účelem jejich materiálového a energetického využití.

Jedním z nejvíce perspektivních způsobů zpracování bioodpadů, včetně kalů ČOV a digestátů BPS, se může stát jejich pyrolýzní úprava, pomocí které lze získat hodnotný výstupní produkt, tzv. uhlí podobnou hmotu neboli biouhel, který se může využívat buď jako zlepšovač neboli
25 kondicionér do půdy nebo jako biopalivo.

Zpracování biologických materiálů na uhlí podobnou hmotu je známo již dlouhou dobu. V poslední době jsou podobné hmoty často nazývány biouhlem, zejména v případě jejich použití
30 pro jiné než energetické účely. Doposud nejvíce rozšířeným, tisíce let známým způsobem, je výroba biouhlu ze dřeva, který je obecně známý pod názvem dřevěné uhlí. Vyrábí se spalováním dřeva v podmínkách omezeného přístupu vzduchu. Prakticky se jedná o tzv. suchou termickou pyrolýzu neboli o proces, při kterém se oddělí snadno zplynovatelné složky biomasy, které z větší části shoří a tím zajistí energii potřebnou pro celkový proces. Omezený přístup vzduchu zajišťuje,
35 že shoří především snadno zplynovatelné složky, ale tuhý podíl zůstane z větší části zachovaný. Hlavním účelem provedení takové úpravy je zkoncentrování energie a zvýšení výhřevnosti upraveného paliva, a to i za cenu ztráty nemalého dílu energie původní suroviny (např. u dřeva cca 20 až 40 %). Dřevěné uhlí jako energeticky koncentrované palivo se dříve (před rozšířením kamenného uhlí) využívalo především pro kovářské výhně, hutě a další provozy, závislé na
40 intenzivním zdroji tepla.

Obecně platí, že čím kvalitnější je dřevo, tím kvalitnější je vyrobené dřevěné uhlí. S omezením dostupných zásob kvalitního dřeva a zejména s rozvojem zájmu o zpracování rozličných procesních bioodpadů, který je patrný v posledních desetiletích, roste zájem o vývoj
45 a optimalizaci technologických postupů a zařízení vhodných pro úpravu na uhlí podobnou hmotu (neboli karbonizaci) rozličných bioodpadů a obecně biomasy. Nejčastěji se pro tyto účely používají rozličné modifikované technologie suché pyrolýzy, tj. technologie se stejným nebo podobným základem jako u výroby dřevěného uhlí. Obvykle se tyto procesy provádí při teplotách v rozmezí 300 až 600 °C. Mimo hlavního tuhého produktu - uhlí podobné hmoty, vznikají při
50 suché termické pyrolýze plynné a kapalně odpadní produkty karbonizace, tzv. karbonizační plyn a dehet.

Bez ohledu na různé způsoby a techniky provedení společným problémem rozličných technologií karbonizace biomasy a bioodpadů založených na suché pyrolýze je poměrně vysoký podíl
55 energie z původní suroviny nebo z externích zdrojů vynaložený na uskutečnění tohoto procesu.

Navíc, v případě zpracování bioodpadů se obvykle potýkáme s problémem vysokého obsahu vlhkosti a tím i větších ztrát energie potřebných na dosoušení suroviny. Proto v posledních letech roste zájem o výzkum a realizaci nových technologických postupů karbonizace biomasy a zejména bioodpadů založených na tzv. hydrotermální karbonizaci biomasy a bioodpadů. Jedná se o hydrotermochemický (HTCh) proces přeměny vlhké biomasy na homogenní pevnou látku bohatou na uhlík (uhlí podobná hmota) jako hlavní produkt, dále procesní kapalinu obsahující v roztoku různé meziprodukty přeměny biomasy (tzv. bioolej) a poměrně malé množství (cca 2 až 10 % hmotnosti původní biomasy) plynného produktu sestávajícího hlavně z oxidu uhličitého (CO_2). Hydrolýza, dehydratace, dekarboxylační aromatizace a kondenzační polymerace jsou hlavními HTCh reakcemi. Hlavními procesními parametry HTCh úpravy jsou reakční teplota (obvykle v rozsahu 180 až 250 °C), dále na teplotě závislý procesní tlak vodní páry (obvykle v rozsahu 1 až 5 MPa), reakční doba (obvykle v rozsahu 0,5 až 72 hodin), druh chemické sloučeniny a množství přídavné látky nebo katalyzátoru, vstupní podíl sušiny biomasy ve vodní suspenzi (obvykle v rozsahu 5 až 20 %). Velmi důležité je rovněž složení a původ samotného bioodpadu jako vstupní suroviny.

Tento postup má řadu předností ve srovnání s klasickou suchou pyrolýzou: 1) zpracovává se mokrá biomasa bez potřeby předběžného vysoušení, což mimo zjevné energetické výhody velmi rozšiřuje sortiment vhodných surovin; 2) nevytváří takové množství vedlejších odpadů, především ekologicky nebezpečného dehtu; 3) vyžaduje daleko nižší procesní teploty, obvykle do 250 °C, což je pod úroveň spodní hranice suché pyrolýzy. Jelikož proces HTCh úpravy probíhá v uzavřeném systému, nedochází k fázové změně vlhkosti během procesu. Vlhkost spotřebovává specifické teplo, zatímco odpařovací teplo se v procesu nevyužívá. Spotřeba energie by proto mohla být snížena až o 70 % ve srovnání s konvenčním sušením, které je nezbytné při suché pyrolýze.

Termín biouhel se používá pro produkty z více způsobů tepelné úpravy biomasy, proto je nutno striktně rozlišovat biouhel získaný termickou pyrolýzou suchou cestou a HTCh biouhel získaný mokrou cestou v hermeticky uzavřeném systému. První z nich je v zahraniční literatuře obvykle označován jako biochar, kdežto druhý jako hydrochar. Tyto biouhly mají topné vlastnosti podobné hnědému uhlí neboli lignitu, jsou docela hydrofobní, a hlavně mají ve srovnání s původní surovinou vyšší spalné teplo a výhřevnost, což je činí vhodnějšími pro spalování. Hydrochar je na rozdíl od biocharu jemnozrnný a snadno drobivý, a proto je vhodnější pro následné peletování.

V případě zpracování bioodpadů kontaminovaných vysokým obsahem patogenních mikroorganismů je HTCh úprava díky vysoké teplotě (obvykle od 180 do 250 °C), tlaku (obvykle od 1 do 5 MPa) a vlhkosti schopna zajistit dokonalou likvidaci veškerých patogenních mikroorganismů a tím minimalizovat hygienická rizika dalšího využití vzniklých produktů.

V případě zpracování bioodpadů kontaminovaných organickými polutanty je HTCh úprava schopna zajistit částečný až úplný rozklad většiny organických škodlivin, přičemž výstupní hladinu organických polutantů lze poměrně snadno regulovat změnou procesních parametrů, především teplotou, tlakem a dobou úpravy.

Nejsložitější je zpracování bioodpadů kontaminovaných rizikovými prvky, neboť HTCh úprava neumožňuje na rozdíl od organických škodlivin jejich rozložení na jednoduché netoxické produkty. Může se jednat pouze o jejich cílené snížení podle potřeby buď v tuhé nebo v kapalně složce výstupního produktu. Celkový obsah rizikových prvků ve vsádce suroviny do HTCh reaktoru vždy zůstane stejný, změní se akorát jejich podíl v tuhé a kapalně složce vstupní suroviny a výstupního produktu. Navíc, s ohledem na částečný rozklad organických složek bioodpadů a částečné rozpuštění jejich minerálních složek dojde v průběhu HTCh úpravy ke snížení hmotnosti celkové sušiny výstupního produktu, a proto dojde ke zkoncentrování obsahu většiny kovových prvků. Na druhou stranu, podíl obsahu rizikových prvků v tuhé a kapalně složce výstupního produktu lze poměrně snadno regulovat změnou procesních parametrů,

především teplotou, dobou úpravy, a hlavně přidáním vhodných chemických látek jako procesních katalyzátorů a/nebo podpůrných přípravků pro extrakci rizikových prvků z tuhé složky bioodpadů do kapaliny za účelem jejich následné separace a odstranění. Z výše uvedených důvodů musí zařízení pro HTCh úpravu kontaminovaných bioodpadů být doplněno

5 o technologické moduly umožňující snížení obsahu rozličných typů škodlivin v konečných produktech.

Podstata technického řešení

Výše uvedené nedostatky dosavadního stavu odstraňuje zařízení pro kombinovanou hydrotermochemickou úpravu kontaminovaných bioodpadů na uhlí podobnou hmotu neboli biouhel, zejména kalů z čistíren odpadních vod, umožňující částečné až úplné odstranění škodlivin, především organických polutantů, rizikových prvků a mikroorganismů. Hlavním technologickým prvkem zařízení je hermeticky uzavíratelný hydrotermální reaktor, dimenzovaný na pracovní teploty do 250 °C a tlak do 5 MPa, který je na straně vstupu propojen prostřednictvím přehřívajícího plnicího modulu s modulem příjmu a předúpravy vstupních surovin, který zajišťuje jejich homogenizaci drcením a promícháváním. Tento modul rovněž umožňuje přidání chemických katalyzátorů hydrotermochemické úpravy bioodpadů a/nebo chemických přípravků pro rozpuštění zvolených rizikových prvků kontaminujících výchozí surovinu a při potřebě též umožňuje ředění surovin vodou, s výhodou teplé vody vzniklé kondenzací procesních par. Surovinou mohou být rozličné druhy biomasy a bioodpadů, včetně kontaminovaných škodlivými látkami, s výhodou obsahu vody větším než 60 %, ale podmínkou je, aby tyto suroviny obsahovaly alespoň 50 % organické sušiny, s výhodou více než 75 %.

Za reaktor je zařazen výstupní modul, určený pro odvod a požadovanou úpravu výstupního produktu, kterým je suspenze vzniklé uhlí podobné hmoty neboli biouhlu. Energetický modul zajišťuje procesní ohřátí jak samotného reaktoru, tak přehřátí suroviny v předvstupním modulu a požadovanou tepelnou úpravu výstupního produktu. Hlavním energetickým zdrojem energetického modulu jsou s výhodou spaliny o teplotě 300 až 600 °C z výstupu spalovacího motoru externí kogenerační jednotky. Jako doplňkový energetický zdroj určený pro snadnější regulaci ohřevu a zvýšení celkového výkonu se může s výhodou použít plynový nebo elektrický kotel. Takový kotel se může použít i jako hlavní energetický zdroj, i když je to energeticky nevýhodné ve srovnání s variantou využití spalin z kogenerační jednotky.

Důvodem je, že hydrotermochemická úprava surovin vyžaduje nemalé množství energie, a proto je výhodné přiřadit zařízení dle tohoto technického řešení k provozu bioplynových stanic (BPS) nebo anaerobních čistíren odpadních vod (ČOV), produkujících bioplyn, který využívají v kogenerační jednotce s výrobou elektřiny a tepla. Podobné typy zařízení jako BPS a ČOV obvykle mají problémy s likvidací svých procesních odpadů (digestáty BPS a kaly ČOV) na jedné straně a současně produkují nadbytečné množství tepla na straně druhé. Samozřejmě, že zařízení dle tohoto technického řešení se nemusí omezovat na úpravu pouze digestátů nebo kalů, ale může zpracovávat i širokou paletu dalších surovin, především rozličných procesních bioodpadů, zejména ze zpracování zemědělské produkce, dále zbytkové zemědělské biomasy, separovaných komunálních bioodpadů apod. V případě zabezpečení plnění podmínek příslušných legislativních nařízení a dotčených orgánů státní správy lze uvažovat i o využití tohoto zařízení ke zpracování gastroodpadů, jatečních a kafilerních odpadů apod.

V případě použití výstupního produktu pro energetické účely je žádoucí, aby byl vysušen alespoň na 85 % obsah sušiny. Takto upravený produkt je výhodné dále použít pro přípravu pelet nebo briket. V případě jeho použití pro zemědělské nebo rekultivační účely je dostačující zahustit jej alespoň na 55 % obsah sušiny, ale v případě blízkých odvozních vzdáleností se může použít i nezahuštěný, s obsahem vody větším než 50 %. Výhodou takové úpravy biomasy a zejména bioodpadů je podstatné snížení jejich objemů, zvýšení biologické stability, likvidace patogenních mikroorganismů a celé řady škodlivých organických látek, zejména aromatických, přeměněných

na stabilní humusu nebo uhlí podobné látky, prospěšné pro zúrodnění půd. V případě využití výstupních produktů ve formě tvarovaných biopaliv dochází k výrazné koncentraci energie zvýšením jejich výhřevnosti.

5

Objasnění výkresu

Zařízení podle technického řešení je blíže osvětleno pomocí schematického výkresu na obr. 1. Rovnými nepřerušovanými čarami s šípkami je na obrázku značen směr látkového pohybu v průběhu provozu tohoto zařízení. Přerušovanými čarami s šípkami je značen směr pohybu teplotných tlakových plynů, případně recyklovaných tekutin.

15

Příklad uskutečnění technického řešení

Následující příklad provedení zařízení technické řešení pouze dokládá, aniž by ho jakkoliv omezoval.

Zařízení pro kombinovanou hydrotermochemickou úpravu kontaminovaných bioodpadů na uhlí podobnou hmotu, neboli biouhel, zejména kalů z čistíren odpadních vod, umožňující částečné až úplné odstranění škodlivin, především organických polutantů, rizikových prvků a mikroorganismů, které je podle schematického obr. 1 tvořeno hermeticky uzavíratelným hydrotermálním reaktorem 1 s oddělenou vstupní a výstupní částí pro průchod zpracovávaného substrátu, který slouží jako hlavní technologický modul celého zařízení a je dimenzovaný na pracovní teploty do 250 °C a tlak do 5 MPa. Na straně vstupuje reaktor 1 propojen prostřednictvím plnicího předehřívacího tlakového modulu 2 se vstupním modulem 3 určeným pro předúpravu vstupních surovin, který zajišťuje jejich homogenizaci drcením a promícháváním, případně umožňuje přidání katalyzátorů hydrotermochemické úpravy bioodpadů a/nebo chemických přípravků pro rozpuštění zvolených rizikových prvků kontaminujících výchozí surovinu, při potřebě umožňuje ředění surovin vodou, s výhodou teplou vodou vzniklou kondenzací procesních par. Za reaktor je zařazena výstupní expanzní nádrž 4, určená pro přetlakový příjem a chlazení výstupního produktu, kterým je vodní suspenze vzniklé uhlí podobné hmoty. Za expanzní nádrž je zařazen mechanický separátor určený pro oddělení tuhé a kapalné složek výstupního produktu, přičemž tuhá složka postupuje do sušárny 6 dimenzované na výstupní produkt o sušině větší než 85 %, kdežto kapalná složka postupuje do chemicko-mechanického separačního modulu 7 určeného pro chemické vysrážení nerozpustných sloučenin rizikových prvků, vyextrahovaných z bioodpadů do roztoku a následně mechanické filtrace těchto sraženin, které postupují do sběrné nádoby 8 na tuhý odpad, a vyčištěné filtrováním vody, která postupuje do sběrné nádoby 9 na odpadní vodu. Technologické moduly 1, 3 a 6 jsou vybaveny výměníky tepla a jsou propojeny rozvodem tepelných nosičů s ohřívacím modulem 10, který zajišťuje potřebnou tepelnou energii pro průběh celého procesu. Hlavním energetickým zdrojem ohřívacího modulu jsou s výhodou spaliny o teplotě 300 až 600 °C z výstupu spalovacího motoru externí kogenerační jednotky 11. Jako doplňkový energetický zdroj určený pro zvýšení celkového výkonu, snadnější regulaci a případnou náhradu přípojky externí kogenerační jednotky je použit plynový kotel 12.

Průmyslová využitelnost

Zařízení podle tohoto technického řešení umožňuje úpravu biologických odpadů, včetně kontaminovaných škodlivými látkami, na uhlí podobnou hmotu, využitelnou buď jako půdu vylepšující neboli meliorační přípravek v zemědělství, při rekultivacích a zúrodnění půd, nebo po vysušení jako biopalivo pro přímé spalování nebo pro výrobu palivových pelet a briket. Zařízení je určeno především pro doplnění bioplynových stanic a čistíren odpadních vod, vybavených kogeneračním zařízením na bioplyn, zejména v případě potřeby účinné likvidace odpadních

produktů anaerobní digesce, tj. digestátů BPS a anaerobně stabilizovaných kalů ČOV. Zařízení plní úlohu vhodného využití zbytkového tepla při provozu BPS, které je v ČR dle příslušné legislativy vyžadováno a umožňuje přístup k výhodnějším dotačním sazbám za produkci elektřiny.

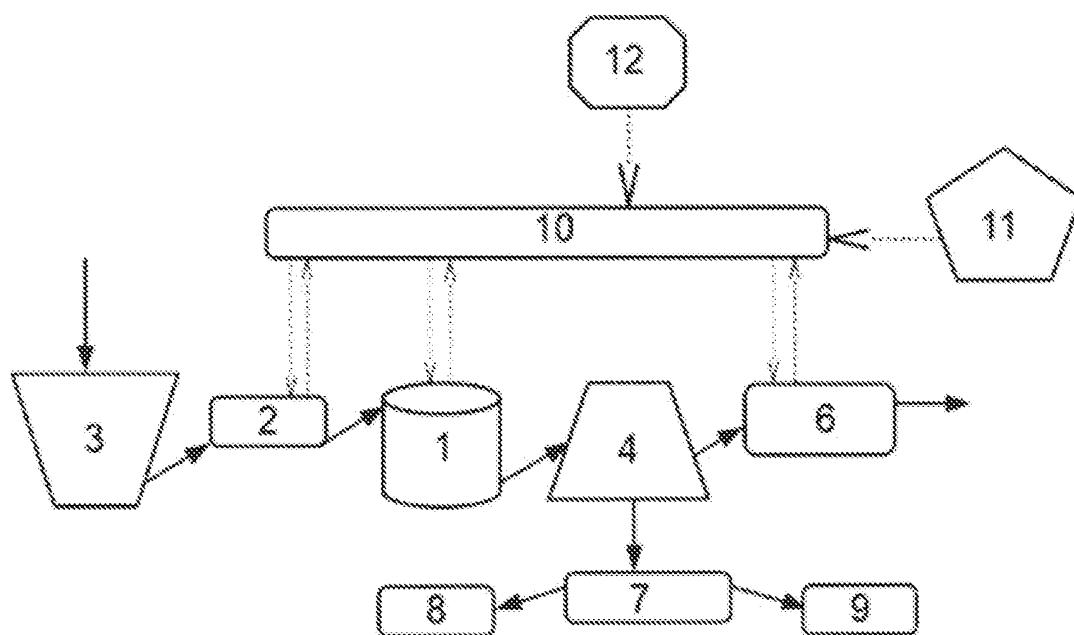
5

Výstup byl realizován v rámci projektu TA ČR evidovaném pod číslem TH03030452.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení pro kombinovanou hydrotermochemickou úpravu kontaminovaných bioodpadů na
5 uhlí podobnou hmotu neboli biouhel, zejména kalů z čistíren odpadních vod, umožňující částečné
až úplné odstranění škodlivin, především organických polutantů, rizikových prvků
a mikroorganismů podle technického řešení, **vyznačující se tím**, že jeho hlavním technologickým
modulem je hermeticky uzavíratelný hydrotermální reaktor (1) s oddělenou vstupní a výstupní částí
10 pro průchod zpracovávaného substrátu, dimenzovaný na pracovní teploty do 250 °C a tlak do
5 MPa, přičemž na straně vstupu je reaktor (1) propojen prostřednictvím plnicího přehřívacího
tlakového modulu (2) se vstupním homogenizačním modulem (3) určeným pro předúpravu
vstupních surovin jejich drcením a promícháváním, na straně výstupu je za reaktor (1) zařazena
expanzní nádrž (4), určená pro přetlakový příjem a chlazení výstupního produktu, kterým je vodní
15 suspenze vzniklé uhlí podobné hmoty, za níž je zařazen mechanický separátor určený pro oddělení
tuhé a kapalné složky výstupního produktu, za ním jsou zařazeny sušárna (6) pro zpracování tuhé
složky dimenzovaná na dosažení sušiny větší než 85 % a chemicko-mechanický separační modul
(7) pro zpracování kapalné složky určený pro chemické vysrážení nerozpustných sloučenin
rizikových prvků a jejich oddělení pomocí mechanické filtrace, za ním jsou zařazeny sběrné
20 nádoby (8) na tuhý odpad a sběrné nádoby (9) na odpadní vodu, přičemž technologické moduly
(1), (3) a (6) jsou propojeny rozvodem tepelných nosičů s ohřívacím modulem (10), který zajišťuje
potřebnou tepelnou energii pro průběh celého procesu, přičemž hlavním energetickým zdrojem
ohřívacího modulu jsou spaliny o teplotě 300 až 600 °C z výstupu spalovacího motoru externí
kogenerační jednotky (11) a doplňkovým energetickým zdrojem určeným pro zvýšení celkového
25 výkonu, snadnější regulaci a případnou náhradu hlavního zdroje je plynový nebo elektrický kotel
(12).

1 výkres



Obr. 1