

FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

270 412

(11)

(13) B 2

(51) Int. Cl.⁴
F 23 G 5/00,
F 23 G 7/00

(21) PV 8408-84.I
(22) Přihlášeno 05 11 84
(30) Právo přednosti od 14 11 83 (A 3997/83)
24 09 84 AT (A 3021/84)

(40) Zveřejněno 14 11 89
(45) Vydáno 04 06 91

(72) Autor vynálezu

WALLNER FELIX dr., KRIER ADAM dr.,
LUGSCHEIDER WALTER dr., UCKERT GOTTHARD dipl.
chem., LINZ, FREIMANN PAUL dipl. ing., TRAUN (AT)

(73) Majitel patentu

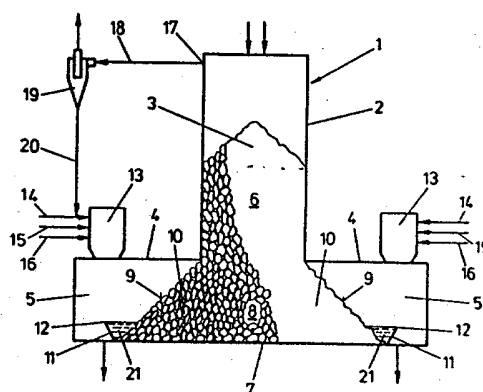
VOEST-ALPINE AKTIENGESELLSCHAFT LINZ (AT)

(54)

Způsob zpracování průmyslových zbytků, zejména
zbytků z chemického průmyslu, obsahujících těžké
kovy

(57) Ke zpracování a využití zbytků obsahujících těžké kovy, jako například těžkého oleje, se zbytky obsahující těžké kovy zavádou spolu s nosiči uhlíku, plynem obsahujícím kyslík a s vodní parou do primární plynové reakční zóny šachťového zplynovače vybavené hořákem, odtud se primární plyn vede do sekundární zóny obsahující alespoň jedno pevné lože z materiálu obsahujícího uhlík, spolu se vsázkovými látkami a/nebo spolu s látkami tvořícími pevné lože se dodají struskotvorné látky k pohlcování a vázání těžkých kovů, spodní zóna pevného lože se udržuje na teplotě nad teplotou tání strusky popřípadě popele, přičemž viskozita strusky obnáší méně než 10 Pa.s.

OBR. 1



Vynález se týká způsobu zpracování průmyslových zbytků, zejména zbytků z chemického průmyslu, obsahujících těžké kovy.

Problémem průmyslu, zejména průmyslu petrochemického je ekologicky neškodné zpracování, popřípadě zužitkování zbytků obsahujících těžké kovy, vznikajících například při rafinaci nebo hydrogenaci těžkého oleje. Tentýž problém vzniká při zpracování starého oleje.

Je známe spalovat takové zbytky v elektrárnách, přičemž těžké kovy přecházejí do kouřových plynů a popela a představují zátěž pro prostředí. Dochází k nepřipustnému obsahu těžkých kovů v odpadních plynech a v odpadních vodách.

Vynález má za úkol zajistit hospodárný a prostředím neznečišťující způsob zpracování zbytků obsahujících těžké kovy, při kterém by se těžké kovy převáděly ve formu nerozpustnou ve vodě a skladovatelnou a při kterém by se současně dal energeticky využít tepelný obsah zbytků.

Tento úkol se podle vynálezu řeší tím, že se zbytky obsahující těžké kovy spolu s nosiči uhlíku, plynem obsahujícím kyslík a s vodní parou zavedou do hořákem vybavené primární plynové reakční zóny šachtového zplynovače. Primární plyn opouštějící primární plynovou reakční zónu se vede sekundární zónou obsahující alespoň jedno pevné lože z materiálu obsahujícího uhlík, spolu se vsázkovými látkami a/nebo spolu s látkami tvořícími pevné lože se dodají látky tvořící strusku k pohlcování a vázání těžkých kovů a spodní zóna pevného lože se udržuje na teplotě nad teplotou tání strusky popřípadě popele, přičemž viskozita strusky je menší než 10 Pa.s.

Šachtové zplynovače k provádění způsobu jsou známe. Mají vertikální šachtu, která představuje sekundární plynovou reakční zónu a na spodním konci šachty přibližně horizontálně připojenou komoru, která tvoří primární plynovou reakční zónu. Do primární plynové reakční zóny ústí hořák, kterým se zbytky obsahující těžké kovy zplyňují. Vsázka obsahující uhlík vnesená do sekundární plynové reakční zóny tvoří v primární plynové reakční zóně násypový kužel s volným povrchem, který spočívá ve struskové lázni. Při zplyňování zbytků se těžké kovy z převážné části ve strusce roztaví a spolu se struskou jsou vynášeny ze šachtového zplynovače. Struska vznikající v šachtovém zplynovači tvoří při vynášení, v důsledku ochlazení vodou, sklovitě ztuhlý granulát, který obsahuje škodlivé podíly těžkých kovů. V důsledku sklovité strusky ztuhlé strusky se může struska bezpečně skladovat. Jak bylo zjištěno, k vyluhování sloučenin těžkých kovů nedochází.

Pro zpracování zbytků s obsahem vanadu se účelně do sekundární plynové reakční zóny navíc přidávají basické struskotvorné látky, zejména látky obsahující CaO.

Pro zpracování zbytků s obsahem železa se výhodně do sekundární plynové reakční zóny vnáší koks, zejména vysokopecní koks s obsahem 40 % SiO_2 v popelu, přičemž se tvoří kyselá struska s alespoň 40 % SiO_2 .

Aby se se surovým plynem vznikajícím při zplyňování odnášela pokud možno malá část těžkých kovů, používá se účelně jedno nebo několik z opatření snižujících tvorbu sazí v primární plynové reakční zóně:

- a) přivádění plynu s obsahem kyslíku, aby se získal mólový poměr C/O_2 alespoň 0,45 až 0,8 výhodně 0,6,
- b) upravení mólového poměru vodík/kyslík alespoň na 0,35 až 0,7, výhodně 0,5,
- c) upravení doby prodlení primárního plynu v primární plynové reakční zóně na 0,2 až 1,5 sek, výhodně na 0,4 až 0,6 sek,
- d) upravení doby prodlení sekundárního plynu v sekundární plynové reakční zóně na 1 až 6 sek, výhodně na 2 až 3 sek.

Výhodně se používají struskotvorné přídavné látky jako vápenec v zrnění až 20 mm.

Podle jedné přednostní formy provedení se produkční plyn vystupující ze šachtového zplynovače filtruje a odfiltrovaný prach se vede do primární plynové reakční zony. Tímto opatřením se dosáhne úplného oddělení těžkých kovů ve strusce. Pouze zcela malé procento se usazuje v žáruvzdorné vyzdívce šachtového zplynovače.

Vynález se dále zabývá zužitkováním kalové usazeniny. Pod pojmem "kalová usazenina" se rozumí jak komunální kalová usazenina, tak také kal ze zařízení zpracujících průmyslové odpadní vody. Složení kalu je při tom závislé od místa vzniku. Zásadně se však může používat každý kal nezávisle na jeho speciálním složení.

Kalová usazenina vznikající při odkalování odpadních vod obsahuje vždy podle původu často i škodlivé látky, zejména těžké kovy které omezují použití, popřípadě zpracování kalové usazeniny. Kalová usazenina obsahující těžké kovy se totiž nedá použít jako hnojivo, poněvadž může dojít k nežádoucím kontaminacím s těžkými kovy živných látek. Kalová usazenina obsahující těžké kovy není dále bez dalšího tepelně rozložitelná nebo spalitelná na popel, poněvadž jsou těžké kovy v odpadních plynech a v popelu obsažené ve vodorozpustné formě a představují nebezpečí pro prostředí.

Dalším úkolem vynálezu je, aby byl tepelný obsah kalové usazeniny energeticky využitelný a škodlivé látky eventuelně v kalové usazenině obsažené, zejména těžké kovy, aby se při tom převedly do formy ve vodě nerozpustné a skladovatelné.

Tento úkol se řeší tím, že se ke zbytkům obsahujícím těžké kovy jako vsádková látka dodatečně přivádí kalová usazenina do primární plynové reakční zony, přičemž se účelně kalová usazenina přivádí v množství až 30 % množství zbytků obsahujících těžké kovy.

Výhodně se kalová usazenina ke zbytku obsahujícímu těžké kovy přimíchá před jeho zaváděním.

Je výhodné, když se kalová usazenina před zaváděním vysuší na zbytkovou vlhkost maximálně 50 až 60 %.

Vynález se blíže vysvětluje na přiloženém výkrese, jehož obr. 1 a 2 vždy schematicky ukazují šachtový zplynovač různých forem provedení, jakož i uvedenými příklady.

Šachtový zplynovač 1 znázorněný v obr. 1 má vertikální horní úsek 2, který tvoří sekundární plynovou reakční zonu 3 a alespoň jeden (ve znázorněném příkladu jsou dva) postranní spodní úsek 4, který představuje primární plynovou reakční zonu 5. Do horního úseku se od shora přes neznázorněnou násypku plní kusovitá šachtová vsázka obsahující uhlík 6, jako například koks nebo uhlí, popřípadě spolu s látkami tvořícími strusku. Kusovitá vsázka tvoří na dně 7 šachtového zplynovače 1 pevné lože 8 s násypnými kužely 10 majícími volný povrch a čnějícími do primárních plynových reakčních zon 5. Tyto násypné kužely 10 ústí do struskové vany 11 s přetokovým jezem 12.

Na postranních spodních úsecích 4 je umístěn alespoň jeden hořák 13, vytvořený výhodně jako hořák cyklonový, do kterého se zužitkováný zbytek 14 přivádí jako palivo nebo jako přídavek k palivu. Doplnkově se přes hořák 13 do primární plynové reakční zony 5 přivádí pára 15 a kyslík 16. Produkční plyn 18 vycházející z horní části sekundární plynové reakční zony 3 plynovou výpustí 17 se přivádí do suchého odlučovače nebo mokrého absorberu 19. Prachové součásti 20 vyloučené z plynu se přes jeden z hořáků opět přivádějí do šachtového zplynovače 1.

Způsob podle vynálezu se vysvětluje následujícími příklady.

P ř í k l a d 1

Zbytek 14 obsahující těžké kovy (vakuový zbytek) ze zpracování těžkého oleje byl v množství 300 kg/h a s teplotou 200 °C přiváděn do hořáku 13. Tento zbytek měl následující složení (ve hmot. %):

C	H	O	N	S	H ₂	popel	V
85,6	10,5	0,09	0,55	3,05	0,1	0,11	560 ppm

Do hořáku 13 byla dále přiváděna pára 15 o tlaku 18.10⁵ Pa v množství 160 kg/h. Pára byla přehřátá na 240 °C. Kyslík 16 o teplotě 70 °C byl přiváděn v množství 380 m³/h za normálních podmínek (čistota 99,9%, zbytek N).

Do sekundární plynové reakční zony 3 byl jako vsázková látka 6 a jako struskotvorná látka vsazen vysokopecní koks o teplotě 20 °C v množství 137 kg/h.

Sítový rozbor vysokopecního koksu (v %)

>40 mm	40 - 20 mm	20 - 10 mm	<10 mm
15,2	82,6	0,9	1,3

Chemický rozbor vysokopecního koksu (hmot. %)

C	H	O	N	S	H ₂ O	popel
82,68	0,22	0,28	0,62	0,53	4,5	11,17 s 600 ppm V

Primární plyn vznikající v primární reakční plynové zóně měl teplotu 1770 °C a vznikl v množství 1099 m³/h za normálních podmínek. Jeho doba prodlení v primární plynové reakční zóně byla 0,3 sek.

Měl následující chemické složení (vztaženo na složení bez dusíku) (hmot. %)

CO ₂	H ₂	CO	CH ₄	(COS + H ₂ S)
22,2	26,1	50,7	0,0	1,0

Produkčního plynu 18 vystupujícího ze sekundární plynové reakční zony 3 vzniklo 1322 m³/h za normálních podmínek (vlhký). Teplota plynu byla 831 °C, doba prodlení v sekundární zplynovací zóně 2 sek. Jeho chemické složení (vztaženo na složení bez dusíku) bylo následující (hmot. %):

CO ₂	H ₂	CO	CH ₄	(COS + H ₂ S)
15,5	37,0	46,9	0,0	0,6

Struska 21 vznikající o teplotě 1500 °C a o viskozitě 8 Pa.s, přetéající přes přetokový jez 12 a vytékající z primární plynové reakční zony 3 byla granulována pomocí tlakové vody. Ve strusce jsou roztaveny podíly popele vsázky tvořené z uhlí a ze zbytku obsahujícího těžké kovy, takže těžké kovy, které jsou obsaženy v popelu jsou i ve strusce. Struska ztuhla sklovitě a vzniklo ji 15,3 kg/h.

Sítový rozbor strusky:

>20 mm	20 - 10 mm	10 - 5 mm	5 - 3 mm
0,0	0,1	1,2	5,8
3 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	<0,5 mm
11,2	30,2	32,4	19,1

Chemický rozbor strusky (hmot. %):

Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe	SiO ₂	CaO	MgO
25,0	n.n.	7,1	0,1	46,0	9,4	3,2
C _{ges}	S _{ges}	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	V
0,15	0,08	1,1	0,8	1,6	0,5	0,82

Prach 20 oddělený ze surového produkčního plynu 18, který za normálních podmínek vznikl v množství 2,49 g/m³, měl obsah popela 11,8 %, přičemž se v popelu nacházelo 12,4 % hmot. vanadu.

Z toho vyplývá, že z množství vanadu (177,18 g/h) přivedeného do šachtového zplynovače 1 a to do jeho primární plynové reakční zóny 5 a sekundární plynové reakční zóny 3, bylo ve strusce 125,46 g/h, v prachu surového plynu bylo obsaženo pouze 48,17 g/h a zbytek se nacházel v ohnivzdorné vyzdívce šachtové pece.

Při této vanadové bilanci se nepřihlíží k tomu, že prach po výstupu ze šachtového zplynovače 1 se přivádí do primární plynové reakční zóny 5, kterýmžto opatřením se téměř veškerý vanad nachází roztavený ve strusce. Při pokusném vyluhování ztuhlé strusky vodou nebyl ve vodě žádný vanad prokázán.

P ř í k l a d 2

Zbytek 14 obsahující těžké kovy (vakuový zbytek) ze zpracování těžkého oleje byl v množství 300 kg/h a s teplotou 200 °C přiváděn do hořáku 13. Tento zbytek měl následující složení (ve hmot. %):

C	H	O	N	S	H ₂ O	popel	V
85,0	10,5	0,09	0,55	3,05	0,1	0,11	560 ppm

Do hořáku 13 byla dále přiváděna pára 15 o tlaku 18,10⁵ Pa v množství 198 kg/h, přehřátá na 240 °C. Kyslík 16 o teplotě 70 °C byl přiváděn v množství 396 m³/h za normálních podmínek (čistota 99,9 %, zbytek N).

Do sekundární plynové reakční zóny 3 byl jako vsázková látka vsazen vysokopecní koks v množství 130 kg/h s teplotou 20 °C.

Sítový rozbor vysokopecního koksu (v %):

> 40 mm	40 - 20	20 - 10	< 10 mm
15,2	82,6	0,9	1,3

Chemický rozbor vysokopecního koksu (hmot. %):

C	H	O	N	S	H ₂ O	popel
82,68	0,22	0,28	0,62	0,53	4,5	11,17 s 600 ppm V

Pro zvýšení tvorby basické strusky byl s vysokopecním koksem dodán vápenec v množství 13 kg/h o teplotě 20 °C.

Chemický rozbor vápence:

MgO	CaO	jiné
0,7 %	59,0 %	0,3 %

Primární plyn vznikající v primární plynové reakční zóně měl teplotu 1839 °C a vznikal v množství 1152 m³/h za normálních podmínek. Jeho doba prodlení v primární plynové reakční zóně byla 0,28 sek. Měl následující chemické složení (vztaženo na složení bez dusíku) (hmot. %):

CO ₂	H ₂	CO	CH ₄	(COS + H ₂ S)
25,1	24,9	49,0	0,0	1,0

Produkční plyn 18 vystupující ze sekundární plynové reakční zóny 3 vznikal v množství 1364 m³/h za normálních podmínek vlhký. Teplota plynu byla 864 °C, doba prodlení v sekundární plynové zóně 1,9 sek. Jeho chemické složení (vztaženo na množství bez dusíku) bylo následující (hmot. %):

CO ₂	H ₂	CO	CH ₄	(COS + H ₂ S)
18,7	36,9	43,8	0,0	0,6

Struska 21 vytékající z primární plynové reakční zóny, přetékáající přes přetokový jez 12 a mající teplotu 1300 °C a viskozitu 3 Pa.s byla granulována pomocí tlakové vody. Struska sklovitě ztuhla a vznikla v množství 22,3 kg/h.

Sítový rozbor strusky:

> 20 mm	20 - 10 mm	10 - 5 mm	5 - 3 mm
0,0	0,1	1,2	5,8
3 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	≤ 0,5 mm
11,2	30,2	32,4	19,1

Chemický rozbor strusky (hmot. %)

Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe	SiO ₂	CaO	MgO
16,0	n.n.	4,6	0,06	29,4	40,2	2,6
C _{ges}	S _{ges}	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	V
0,2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,7

Prach 20 vyloučený ze surového produkčního plynu 18, který vznikal v množství 0,58 g/m³ za normálních podmínek, měl obsah popela 14,8 %, přičemž se v popelu nacházelo 13,6% hmot. vanadu.

Z toho vyplývá, že z množství vanadu (176,7 g/h) dodaného do šachtového zplynovače 1 a to do jeho primární plynové reakční zóny 5 a sekundární plynové reakční zóny 3 se dostalo do strusky 156,24 g/h, v prachu surového plynu bylo obsaženo pouze 15,92 g/h a zbytek se nacházel v ohnivzdorné vyzdívce šachtové pece. Při této vanadové bilanci není rovněž jako v příkladu 1 bráno v úvahu, že prach po výstupu ze šachtového zplynovače 1 se přivádí do primární plynové reakční zóny 5, kterýmžto opatřením se téměř veškerý vanad nachází roz-tavený ve strusce. Při pokusném vyluhování ztuhlé strusky vodou nebyl ve vodě žádný vanad prokázán.

P ř í k l a d 3

Složení směsi zaváděné do hořáku šachtového zplynovače bylo následující: bitumen, ka-lová usazenina, koks, kyslík a vodní pára. Množství a teploty přiváděných vsázkových látek jsou uvedeny v následující tabulce I.

T A B U L K A I

Vsázkové látky	Množství	Vnášecí teplota
Bitumen	245 kg/h	140 °C
Kalová usazenina	105 kg/h	20 °C
Koks	114 kg/h	20 °C
Kyslík	325 Nm ³ /h	50 °C
Pára	135 kg/h	165 °C

Produkční plyn měl chemické složení uvedené v tabulce II (objemová %):

T A B U L K A II

CO ₂	H ₂ O	H ₂	CO	N ₂	CH ₄	COS	H ₂ S
17,40	14,11	34,67	32,70	0,21	0,40	0,02	0,49

Produkční plyn vznikl v množství 1135 Nm³/h s tlakem 1.10⁵ Pa a s výstupní teplotou 728 °C.

Z následující tabulky III jsou patrná složení vsázkových složek a jejich obsah těžkých kovů

T A B U L K A III

	Bitumen	Koks	Kalová usazenina
H ₂ O % hmot.	0,40	8,00	65,75
Popel % hmot.	0,11	9,57	19,89
C % hmot.	85,20	80,41	6,52
H % hmot.	10,60	0,27	0,83
N % hmot.	0,57	0,88	0,59
S % hmot.	3,00	0,73	0,06
O % hmot.	0,12	0,14	6,36
V	530 ppm	49,6 ppm	0
Cd	0	0	2,3 ppm
Zn	0	0	491 ppm
H _u	9567	7894	3246

(kcal/kg bez vody a popele)

Následující tabulka IV uvádí bilanci těžkých kovů v g/h:

T A B U L K A IV

Prvek	Koks	Bitumen	kalová usazenina	Σ	Struska	Plyn
V	5,7	129,9	0	135,6	135,6	0
Cd	0	0	0,24	0,24	0,18	0,06
Zn	0	0	55,6	55,6	45,5	10,1

Z tabulky IV je zřejmé, že těžké kovy vnesené s koksem, bitumenem a kalovou usazeninou jsou téměř zcela obsažené ve strusce roztavené v šachtovém zplynovači.

Způsobem podle vynálezu je možné V, Fe, Ni, Cr a ostatní těžké kovy téměř úplně zatavit ve strusce. Zvlášť je výhodné, že se zabrání vzniku sazí v primární plynové reakční zóně, které zachycují těžké kovy.

Jak je patrné z obr. 2, ústí podle dalšího příkladu provedení do primární plynové reakční zony 5 přívodní potrubí 22, kterým se přivádí kalová usazenina 23 se zbytkovou vlhkostí maximálně 50 až 60 %. Kalová usazenina 23 se také může odbočným vedením 24, které ústí do vedení přivádějícího zužitkovávané zbytky 14, před plněním mísit se zužitkovávanými zbytky 14.

Kalová usazenina 23 se do primární plynové reakční zony 5 přivádí v množství až 30 % množství zužitkovávaných zbytků 14.

Ve sklovitě ztuhlé strusce jsou popelové podíly se vsázky obsahující uhlí, ze zbytku obsahujícího těžké kovy a z kalové usazeniny zataveny a tím jsou skladovatelné bez nebezpečí pro prostředí.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob zpracování průmyslových zbytků obsahujících těžké kovy, vyznačený tím, že se zbytky obsahující těžké kovy spolu s nosiči uhlíku, plynem obsahujícím kyslík a s vodní parou zavedou do hořákem vybavené primární plynové reakční zóny šachtového zplynovače, načež primární plyn přechází sekundární zónou obsahující alespoň jedno pevné lože z materiálu obsahujícího uhlík, spolu se vsázkovými látkami a/nebo spolu s látkami tvořícími pevné lože se dodají struskotvorné látky k pohlcování a vázání těžkých kovů, spodní zóna pevného lože se udržuje na teplotě nad teplotou tání strusky popřípadě popela, přičemž viskozita strusky je menší než 10 Pa.s, do primární plynové reakční zóny se přivádí plyn s obsahem kyslíku, aby se získal molpoměr C/O₂ alespoň 0,45 až 0,8 nebo se v primární plynové reakční zóně upraví poměr vodík/kyslík alespoň na 0,35 až 0,7, nebo/a se upraví doba prodlení primárního plynu v primární plynové reakční zóně na 0,2 až 1,5 sek, nebo/a se upraví doba prodlení sekundárního plynu v sekundární plynové reakční zóně na 1 až 6 sek.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se do primární plynové reakční zóny přivádí plyn s obsahem kyslíku, aby se získal molpoměr C/O₂ 0,6.

3. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se v primární plynové reakční zóně upraví molpoměr vodík/kyslík na 0,5.

4. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se doba prodlení primárního plynu v primární plynové reakční zóně upraví na 0,5 až 0,6 sek.

5. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se doba prodlení sekundárního plynu v sekundární plynové reakční zóně upraví na 2 až 3 sek.

6. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se pro zpracování zbytků obsahujících vanad do sekundární plynové reakční zóny šachtového zplynovače dávají navíc basicke struskotvorné

látky, zejména s obsahem oxidu vápenatého.

7. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že se pro zpracování zbytků obsahujících železo do sekundární plynové reakční zóny dává koks, zejména vysokopecní koks s obsahem 40 % oxidu křemičitého v popelu.

8. Způsob podle bodů 1 až 7, vyznačený tím, že se struskotvorné přídavné látky jako vápennec, používají v zrnění až 20 mm.

9. Způsob podle bodů 1 až 8, vyznačený tím, že se produkční plyn vystupující ze šachtového zplynovače filtruje a odfiltrovaný se přivádí do primární reakční zóny.

10. Způsob podle bodů 1 až 9, vyznačený tím, že se jako vsázka navíc ke zbytkům obsahujícím těžké kovy přivádí do primární plynové reakční zóny kalová usazenina.

11. Způsob podle bodů 1 až 10, vyznačený tím, že se kalová usazenina přivádí v množství až 30 % množství zbytků obsahujících těžké kovy.

12. Způsob podle bodů 10 nebo 11, vyznačený tím, že se kalová usazenina přimísí ke zbytku obsahujícímu těžké kovy před jeho zavedením do primární zóny.

13. Způsob podle bodů 10 až 12, vyznačený tím, že se kalová usazenina před použitím suší na zbytkovou vlhkost maximálně 50 až 60 %.

OBR. 1

