

C02F 1/58 (2006.01)
C01C 1/02 (2006.01)
C01C 1/10 (2006.01)
C01C 1/12 (2006.01)
B01D 19/00 (2006.01)
B01D 53/58 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

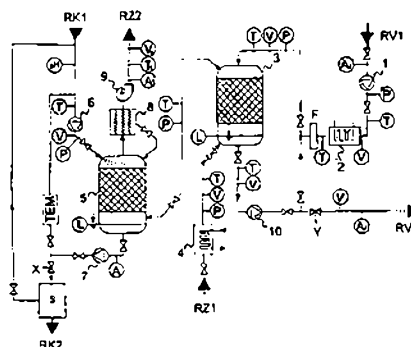
(21) Číslo přihlášky: 2022-10
(22) Přihlášeno: 07.01.2022
(40) Zveřejněno: 23.11.2022
(Věstník č. 47/2022)
(47) Uděleno: 12.10.2022
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 23.11.2022
(Věstník č. 47/2022)

(56) Relevantní dokumenty:
US 3920419 A; EP 0029536 A1; EP 2239030 A1; GB 2576518 A; WO 2020260866 A1; DE 3831013 A1.

(73) Majitel patentu:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverčí, CZ
MVB OPAVA CZ s.r.o., Opava, Komárov, CZ
agriKomp Bohemia s.r.o., Střelice, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Tomáš Svěrák, CSc., Brno, Lesná, CZ
Ing. Josef Kalivoda, Ph.D., Brno, Veverčí, CZ
Bc. Tereza Vajdíková, Mikulov, CZ
doc. Mgr. Renata Komendová, Rajhradice, CZ
Bc. Jiří Lindovský, Slatina, CZ
Ing. Stela Valovič, Soblahov, SK
prof. Ing. Jiří Kučerík, Ph.D., Brno, Řečkovice, CZ
Ing. Jaroslav Vlasák, Dolní Vilémovice, CZ
Ing. Kateřina Mayerová, Brno, Veverčí, CZ
Ing. Ondřej Křištof, Ph.D., Dačice, Dačice I, CZ
Ing. et Ing. Pavel Bulejko, Ph.D., Bánov, CZ
Martin Žůrek, Opava, Komárov, CZ
Lukáš Žůrek, Opava, Komárov, CZ
Nikol Nováková, Opava, Komárov, CZ
Ing. Martin Mrůzek, Ph.D., Střelice, CZ
Ing. Magda Vičíková, Veverská Bítýška, CZ
Ing. Radek Házy, Brno, Komín, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Libor Markes, patentový zástupce, Grohova
145/54, 602 00 Brno, Veverčí



(54) Název vynálezu:
**Způsob separace amoniaku z odpadních vod
a zařízení k provádění tohoto způsobu**

(57) Anotace:
Způsob a zařízení pro separaci amoniaku z odpadních vod zahrnuje kontaktní desorpci rozpuštěných plynů z odpadní vody proudem vzduchu v kontaktním zařízení (3) a neutralizaci odcházejících vzdušin kyselinou v neutralizačním zařízení (5), přičemž částečně odplyněná odpadní voda se z části recirkuluje do kontaktního zařízení (5) a kyselina, která reagovala s amoniakem ve vzdušině, se z části recirkuluje zpět do neutralizačního zařízení (5) a z části se z ní v separátoru (S) separují soli k použití jako hnojivo.

Způsob separace amoniaku z odpadních vod a zařízení k provádění tohoto způsobu

Oblast techniky

5

Vynález se týká zpracování odpadních vod obsahujících amoniak a fugátů a digestátů z bioplynových stanic.

10 Dosavadní stav techniky

Amoniak je v různých koncentracích obsažen v odpadních kapalinách, jako jsou zejména odpadní vody vycházející ze zemědělských výroby, kalové vody čistíren odpadních vod nebo fugáty a digestáty vypouštěné z bioplynových stanic. Amoniak je v malém množství vítaným hnojivem podporujícím rostlinnou výrobu, ale ve větším množství se stává nepříjemným polutantem ohrožujícím především vodní toky a podzemní vody. Separovat amoniak z výše zmíněných vodních odpadních kapalin není snadné, neboť se jedná z fyzikálně-chemického pohledu o poměrně komplikovaný systém. Amoniak ve vodě disociovaný i rozpuštěný je často provázen spektrem dalších rozpuštěných látek, a navíc spektrem doprovodných částicových látek, které způsobují změny a nerovnoměrnosti v reologii odpadních kapalin; registrujeme u nich nenewtonské chování. Pojem „víceviskózní kapaliny“ zohledňuje proměnlivou zdánlivou viskozitu těchto kapalin.

Při separaci amoniaku z odpadních vod se uplatňují především membránové technologie. Jejich měrný výkon je ale poměrně nízký, přičemž pořizovací a provozní náklady jsou velmi značné. Dalšími způsoby separace amoniaku z vodního prostředí jsou rovnovážná nebo diferenciální destilace nebo odpařovací procesy. Ty se však používají především v laboratorních podmínkách a při relativně malých zpracovávaných objemech kapalin, protože výparné teplo u těchto procesů vyžaduje velký energetický příkon.

30

Separace amoniaku z odpadních vod je popsána ve spisu CZ 308740 B6. Uvádí se zde způsob zahušťování fugátu bioplynové stanice zbaveného hrubých pevných částic. Surový fugát ohřátý na teplotu 45 °C až 70 °C se vede k alespoň jednostupňovému odplynění při tlaku v rozmezí 0,01 až 0,6 bar, přičemž odloučený amoniak se odvádí k absorpci do zahuštěného fugátu, zatímco odplyněný fugát ohřátý na 50 °C až 85 °C, jehož pH se upraví na hodnotu 3 až 7,5, se podrobí odpařování za tlaku 0,1 až 0,6 bar v alespoň dvou stupních odpařování, načež se odplyněný zahuštěný fugát vede k absorpci amoniaku odloučeného při odplynění fugátu a po ochlazení se amoniakem sycený zahuštěný fugát odvádí ke skladování.

35

CN 102942973 A uvádí kombinovaný způsob zpracování fugátu bioplynové stanice zahrnující: odloučení a absorpci amoniaku, odstranění fekálních bakterií a čištění a desulfurizaci bioplynu. Fugát s upraveným pH je veden shora do stripovacího zařízení, přičemž zespodu do něj vstupuje vynášecí vzduch, který unáší amoniak ze stripovacího zařízení do dna absorpční kolony. Zde dochází k absorpci vzduchem unášeného amoniaku kyselinou proudící shora absorpční kolonou. Vyčištěný vynášecí vzduch je recirkulován na vstup stripovacího zařízení.

45

Vynález si klade za úkol navrhnout účinnou technologii separace amoniaku, jakož i zařízení, které tuto technologii realizuje ve velkých objemech odpadních vod s relativně nízkými náklady.

50

Podstata vynálezu

Uvedený úkol splňuje způsob separace amoniaku z odpadních vod zahrnující desorpci rozpuštěných plynů z odpadní vody proudem vzduchu a vypírání odcházejících vzdušín kyselinou.

55

Podstata způsobu spočívá v tom, že:

- odpadní voda zbavená tuhých substancí se ohřeje na 35 až 92 °C a nastříkuje se do kontaktního zařízení, kde se amoniak obsažený v odpadní vodě desorbuje kontaktem s vynášecím vzduchem ohřátým na 40 až 90 °C přiváděným v množství 0,001 až 0,05 Nm³ vzduchu na 1 litr vody;
- z kontaktního procesu odcházející voda se z části recirkuluje zpět do odpadní vody vstupující do kontaktního procesu a část se odvádí jako odpadní voda s požadovaným sníženým obsahem amoniaku;
- z kontaktního procesu odcházející vynášecí vzduch ve formě vzdušin obsahujících amoniak se za atmosférického tlaku a teploty 20 až 90 °C vede do neutralizačního zařízení, kde dochází ke styku vzdušin s kyselinou v koncentracích 10 až 30 % tvořící reakcí s amoniakem využitelnou amonnou sůl, přičemž kyselina stéká po kontaktních plochách, na kterých dochází k neutralizační reakci v poměru 2,0 až 20,0 litru kyseliny na 0,01 Nm³ vynášecích vzdušin a po absorpci amoniaku v kyselině se vzdušiny jako brýdové plyny odtahují do okolí;
- zatímco kyselina, která zčásti reagovala s amoniakem za vzniku amonné soli, se po teplotě vrací recyklací do procesu neutralizace, přičemž po dosažení zvolené koncentrace solí v kyselině se z recyklované kyseliny separují amonné soli a voda k využití jako hnojivo, přičemž kyselina oddělená v procesu separace se vrací do procesu neutralizace.

S výhodou probíhá kontaktní proces za tlaku 20 až 99 kPa, přičemž maximální teplota nastříkované odpadní vody a vlastní teplota desorpce jsou nejméně o 8 °C nižší, než je teplota varu vody při daném tlaku.

Z brýdových plynů odtahovaných do okolí mohou být vráceny do neutralizačního zařízení kapky vody obsahující amoniak.

Pro dosažení optimálních hodnot při dalším zpracování se zdánlivá viskozita odpadní vody před nástřikem do kontaktního zařízení upraví na hodnotu 2 až 30.10⁻³ Pa.s při smykové rychlosti 200 s⁻¹ a její pH na hodnotu 8 až 12.

Zařízení k separaci amoniaku z odpadních vod popsáním způsobem je tvořeno kontaktní částí a neutralizační částí, které jsou propojeny potrubím vedoucím vynášecí vzdušiny obsahující amoniak,

– přičemž kontaktní část je tvořena kontaktním zařízením s kapalinovou zdrží, do kterého svrchu ústí přívod surové odpadní vody, v němž jsou zapojeny: analyzátor odpadní vody na vstupu, čerpadlo odpadní vody a tepelný výměník odpadní vody, které má vespod zaústěn přívod vynášecího vzduchu, do nějž je zapojen tepelný výměník vynášecího vzduchu, přičemž z kapalinové zdrže je vedeno recirkulační potrubí vody částečně zbavené amoniaku, do nějž je zapojeno čerpadlo oběhu odpadní vody a z nějž vybíhá odbočka k výstupu odplyněné vody ze systému opatřená analyzátozem vypouštěné vody;

– přičemž neutralizační část je tvořena neutralizačním zařízením s kapalinovou zdrží, do kterého zespodu ústí potrubí přivádějící z kontaktní části vynášecí vzdušiny obsahující amoniak a do kterého svrchu ústí recirkulační potrubí kyseliny opatřené čerpadlem dávkování kyseliny, přičemž z horní části neutralizačního zařízení je veden odtah brýdových plynů a z kapalinové zdrže je vedeno recirkulační potrubí kyseliny s amonnými solemi, do kterého jsou zapojeny: analyzátor amoniaku na výstupu kyseliny, čerpadlo oběhu kyseliny a temperování recyklované kyseliny, a z kterého vybíhá odbočka k separátoru kyselina – voda – sůl, z nějž je vedeno vratné potrubí kyseliny před čerpadlo.

S výhodou je do odtahu brýdových plynů zapojen ventilátor odtahu brýdových plynů a separátor kapek brýdových plynů s přepadem do neutralizačního zařízení.

- Pro dosažení optimálních hodnot při dalším zpracování je separační zařízení na vstupu surové odpadní vody opatřeno filtrační sekcí separující hrubější partikulární frakce, které odpadové vody obsahují, rozmíchávací nádrží se vstupem rozmíchávací vody a vstupem bazických přísad, přičemž rozmíchávací nádrž je vybavena senzorem zdánlivé viskozity propojeným s ventilem na vstupu rozmíchávací vody a senzorem pH propojeným s ventilem na vstupu bazické přísady.
- Navrhovaná separační technologie spočívá v separaci molekul amoniaku vytěsňováním z vodných odpadových kapalin s proměnlivou viskozitou. K tomu dochází podle Henriho zákona při vytváření gradientu parciálního tlaku mezi amoniakem, který je rozpuštěn ve vodné odpadní kapalině, a vynášecím plynem, který je do vodní odpadní kapaliny distribuován. Tato technologie využívá znalosti chování amoniaku ve vodném prostředí, kde je část amoniaku v disociovaném stavu a druhá část je rozpuštěna ve vodě, kde se řídí Henriho fyzikálním zákonem. Navrhované řešení se týká právě amoniaku rozpuštěného ve vodním prostředí.

- Nejprve se chemicko-fyzikálním způsobem, tedy ohřevem, případně snížením tlaku a aditivací bazické přísady, zvyšuje podíl parciálního tlaku amoniaku rozpuštěného ve vodním prostředí vůči amoniaku disociovanému a následně se tato rozpuštěná část vytěsňováním a přestupem hmoty do značné míry převede do vynášecího plynu, ze kterého je pak amoniak odstraněn chemisorpcí za vzniku amonné soli. Ta je následně separována jako žádané kapalně/pevné dusíkaté hnojivo.

25 Objasnění výkresu

- Vynález bude dále objasněn pomocí výkresu, na němž je na obr. 1 prezentováno technologické schéma příkladného provedení zařízení k separaci amoniaku z odpadních vod, přičemž na obr. 2 je schéma alternativní částí zařízení k úpravě surové vody na vstupu do separačního zařízení.

Příklady uskutečnění vynálezu

- Uspořádání a funkce zařízení podle obr. 1 je následující:

- Surová odpadní voda se vstupem RV1 je po analýze složení analyzátozem A₀ dopravována do separačního procesu čerpadlem 1 odpadní vody. Je filtrována na filtru F a ohřívána v tepelném výměníku 2 odpadní vody. V provedení separačního zařízení s úpravou surové vody podle obr. 2 jsou parciální tlak amoniaku a viskozita surové odpadní vody na vstupu upravovány v rozmíchávací nádrži 11 ohřevem, přidáním rozmíchávací vody se vstupem RR a aditivací bazické přísady se vstupem RB tak, aby surová voda dosáhla optimálních hodnot pro další zpracování. Rozmíchávací nádrž 11 je pro tento účel vybavena senzorem Vis viskozity propojeným s ventilem na vstupu RR rozmíchávací vody a senzorem pH propojeným s ventilem na vstupu RB bazické přísady. K úpravě pH pro vytváření optimálního parciálního tlaku rozpuštěného amoniaku ve vodném prostředí může být použita libovolná báze ve formě práškovité nebo kapalně, která v následujícím procesu neutralizace reaguje s kyselinou a vytvoří žádané soli. Úprava surové odpadní vody je výhodná zejména tehdy, jedná-li se o odpadní vodu, např. fugát nebo digestát, s proměnlivou viskozitou nebo odpadní vodu, která přichází z více zdrojů.
- Upravená surová voda je vedena do separačního procesu – nastřikována do kontaktního zařízení 3, kde se při dané teplotě a tlaku udržuje výhodný gradient parciálního tlaku amoniaku pro jeho přestup z vodného prostředí do přiváděného vynášecího plynu – konkrétně tlakového vzduchu. Kontaktní zařízení 3 je tepelnou izolací a případným dodatečným ohřevem udržováno na požadované teplotě. Vynášecí vzduch je do procesu přiváděn z rozvodu tlakového vzduchu podniku nebo je použit samostatný zdroj tlakového vzduchu pro tento účel. Vynášecí vzduch

přiváděný přívodem RZ1 se ohřívá v tepelném výměníku 4. Při průchodu kontaktním zařízením 3 desorbuje nastříkovanou odpadní vodu a unáší uvolněný amoniak.

Vynášecí vzduch s amoniakem je po průchodu kontaktním zařízením 3 odváděn, pokud možno nejkratší trasou do neutralizačního zařízení 5. Zde dochází ke kontaktu vynášejícího vzduchu obsahujícího amoniak s kyselinou přiváděnou do neutralizačního zařízení 5 dávkovacím čerpadlem 6. Reakcí kyseliny stékající po funkčních plochách neutralizačního zařízení 5 s amoniakem vznikají soli příslušné použité kyseliny. Požadavek, aby trasa mezi kontaktním zařízením 3 a neutralizačním zařízením 5 byla co nejkratší, vychází z potřeby minimalizovat kondenzaci par amoniaku i vodních par v propojovacím potrubí, která by komplikovala konstrukční provedení neutralizačního zařízení 5.

Neutralizační zařízení 5 je ve své spodní části vybaveno kapalinovou zdrží, kam stéká kyselina po průchodu funkční části neutralizačního zařízení 5 obsahující rozpuštěné soli. Odtud je kyselina obsahující rozpuštěné soli vedena oběhovým čerpadlem 7 uzavřeným okruhem přes temperování TEMP zpět k přívodu kyseliny do neutralizačního zařízení 5 před dávkovací čerpadlo 6. Tím je dávkována do funkční části neutralizačního zařízení 5.

Tento recyklační proces opětovného nástřiku použité kyseliny do neutralizačního zařízení 5 probíhá až do okamžiku, kdy analyzátor A umístěný na výtoku kyseliny z neutralizačního zařízení 5 zaznamená, že nasycení kyseliny rozpuštěnými solemi a naředění této kyseliny reakční vodou dosáhlo nastavené úrovně. Po dosažení nastavené úrovně je otevřen ventil X odvodu části kyseliny do separátoru S kyselina – sůl – voda, odkud se po částečné nebo úplné separaci solí a reakční vody vrací kyselina samostatnou recyklací kyseliny před čerpadlo 6, opět k nástřiku do procesu neutralizace.

Deficit kyseliny vyvolaný odtahem kyseliny s obsahem soli/reakční vody v separátoru S, je-li větší než povolený, je kompenzován doplňováním čerstvé kyseliny na jejím vstupu RK1. Množství doplňované kyseliny se řídí podle údajů příslušného senzoru pH, podle dávkovaného objemu snímaného senzorem V a podle úrovně hladiny kyseliny v kapalinové zdrži neutralizačního zařízení 5 indikované senzorem L hladiny.

Vynášecí vzduch, ze kterého byl průchodem neutralizačním zařízením 5 odstraněn téměř všechen obsah rozpuštěného amoniaku, prochází v podobě brýdových plynů separátorem 8 kapek, odkud se separované kapky naředěné kyseliny přepadem vracejí do funkční části neutralizačního zařízení 5. Vzduch je dále odtahován prostřednictvím ventilátoru 9 do výduchu RZ2 brýdových plynů mimo separační objekt. Množství brýdových plynů, teplota brýdových plynů a zbytkový obsah amoniaku v brýdových plynech jsou monitorovány příslušnými senzory V1, T1 a analyzátozem A1 brýdových plynů umístěnými před výduchem RZ2 těchto plynů do atmosféry.

Odpadní voda je průchodem kontaktním zařízením 3 ochuzována o větší část obsahu amoniaku, a pokud separace amoniaku v kontaktním zařízením 3 není na požadované úrovni, technologie je připravena zajistit následný opětovný částečný průchod vody kontaktním cyklem. V takovém případě je voda čerpadlem 10 oběhu odpadní vody dopravována k recyklaci za filtr F. Voda, která podle údajů analyzátoru AF vypouštěné vody ovládajícího vypouštěcí ventil Y dosahuje požadované kvality, je vypouštěna mimo proces separace výstupem RV2 odplyněné vody. Zde jsou připraveny příslušné skladovací nádoby pro její další využití v zemědělských aplikacích, případně vstup do vodoteče.

Amonné soli a reakční voda, vypadávající z procesu neutralizace, jsou po odloučení separátorem S vypouštěny výstupem RK2 produktů do produktových nádob jako komerční kapalné hnojivo, případně po separaci vody jako běžné práškové hnojivo.

Jako kontaktní zařízení 3 může být použit například kapalinový scrubber s jednou tryskou nebo více tryskami k vytváření kapalinové clony pro kontakt kapalina-plyn, nebo kontaktní kolona se sypanou, patrovou, strukturovanou nebo probublávanou vrstvou.

- 5 Jako neutralizační zařízení 5 může být použit membránový neutralizační reaktor s neutralizační reakcí probíhající na povrchu porézních dutých polymerních membrán, nebo neutralizační kolona se sypanou nebo jinou vrstvou pro aplikaci dvoufázového toku.

- 10 Jako separátor S určený k separaci solí a reakční vody, vznikajících při neutralizační reakci amoniaku a zvolené kyseliny, může být použita vhodná membránová jednotka a/nebo libovolná obvyklá odparka.

Na laboratorním zařízení byla technologie podle vynálezu testována s následujícími výsledky:

15 Příklad 1

- Fugát z bioplynové stanice obsahující 5,30 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 kg fugátu, byl v množství 1,2 kg/min přiváděn do procesu separace. Po filtraci na filtru F s okem 0,63 mm, úpravě zdánlivé viskozity přidáním vody na úroveň 10^{-2} Pa.s při úrovni smykové rychlosti 200 s^{-1} (měřeno na DG42 rotačním reometru Rheolab QC), úpravě pH přidavkem NH_4OH na hodnotu 10 a ohřevu v rozmíchávací nádrži 11 na teplotu 65°C byl nastříkovan do temperovaného kontaktního zařízení 3 s teplotou pracovní komory 65°C . Jako kontaktní zařízení byla použita sypaná kolona o průměru 100 mm a výšce sypané vrstvy 80 cm s Berlovými sedly z PE o velikosti 1/2'', profukovaná vynášecím tlakovým vzduchem škrceným na úroveň 200 kPa před vstupem do kontaktní kolony, ohřátým na teplotu 65°C v tepelném výměníku 4. Přiváděné množství vynášecího vzduchu, odpovídalo poměru 30 N litrů vzduchu na 1 kg fugátu. Fugát s výše uvedeným obsahem nedisociovaného NH_3 na 1 kg fugátu byl analyzován na analyzátoru A₀ vstupní kvality při vstupu do procesu separace amoniaku. Fugát je tímto kontaktním způsobem zbavován amoniaku na finální úroveň 1,45 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 litr, ta byla snímána analyzátozem A_F kvality fugátu vystupujícího z kontaktního zařízení 3. Fugát vycházející z kapalinové zdrže kontaktního zařízení 3, byl posléze z 50 % odváděn mimo technologii separace jako „fugát se sníženým obsahem amoniaku“, tedy jako přímo použitelné kapalně dusíkaté hnojivo určené k aplikaci a zapravení do půdy, a z 50 % byl vrácen recyklací zpět do nástřiku do kontaktního zařízení 3. Vynášecí vzduch s obsahem amoniaku byl z kontaktního zařízení 3 veden do neutralizačního zařízení 5. Je to membránový reaktor, osazený třemi standardními svazky dutých porézních membrán firmy ZENA P60 PP s póry $0,3 \mu\text{m}$ a délkou 800 mm, kde při teplotě TEM udržované teplotě 40°C dochází k neutralizační reakci s 18% kyselinou fosforečnou. Ta je přiváděna v množství 6 litrů na 10 N litrů vynášecího vzduchu za vzniku difosforečnanu amonného a reakční vody.

- 40 Tok nezreagované neutralizační kyseliny, vycházející z neutralizačního zařízení 5 společně s produkty neutralizace, je analyzován na analyzátoru A na obsah amonné soli a obsah reakční vody. Jedna polovina je vedena k teplotě TEM na teplotu 40°C jako „recyklovaná kyselina a sůl“ a následně je doplněna čerstvou kyselinou na úroveň 18% kyseliny k dalšímu nástřiku do neutralizačního zařízení 5. Druhá polovina je vedena do separátoru S, kde se na odparce amonná sůl zahustí ve vodě na obsah soli 65 % a je ze separátoru S odváděna jako komerční kapalně hnojivo. Separovaná kyselina vycházející ze separátoru S je použita jako „recyklovaná kyselina“ k dalšímu nástřiku do neutralizačního zařízení 5.

- 50 Prezentovaná technologie vykazala při daném nastavení schopnost snížit obsah amoniaku ve fugátu z úrovně 5,30 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 litr fugátu na úroveň 1,45 gramu na litr. Je to nižší hodnota než 1,6 gramu na 1 litr, která je dnes považována za povolený limit přímé aplikace kapalných hnojiv v zemědělské výrobě.

Příklad 2

5 Příklad je analogií příkladu 1; pouze nastavení hodnoty pH přidavkem NH_4OH v rozmíchávací nádobě 11 na hodnotu pH 12, vyvolalo zvýšení účinnosti technologie, tedy zvýšení separační schopnosti. Obsah amoniaku ve fugátu byl snížen z úrovně 5,30 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 litr na úroveň 1,28 gramu.

Příklad 3

10 Opět analogie příkladu 1; pouze nastavení zdánlivé viskozity na úroveň $4 \cdot 10^{-2}$ Pa.s při smykové rychlosti 200 s^{-1} přidavkem vody dávkované do fugátu v rozmíchávací nádobě 11 vyvolalo nepříznivou změnu stavu. Snížila se separační schopnost, a to z úrovně 5,30 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 litr fugátu jen na úroveň 2,85 gramu. Snížení separační schopnosti lze
15 přičíst především snížení koeficientu přestupu mezi fugátem a vynášecím vzduchem. To souvisí se snížením difuzivity v kapalně fázi, která figuruje v Sherwoodovu kritériu přestupu hmoty. Snížení účinnosti souvisí jistě i s horší distribucí viskóznější kapalně fáze při kontaktu kapalina-plynná fáze.

Příklad 4

20 Příklad je analogií příkladu 1; pouze počáteční ohřev vynášecího vzduchu a fugátu byl snížen na úroveň 35°C . Technologie při tomto nastavení teploty vykazala při shodném nastavení ostatních parametrů schopnost snížit obsah amoniaku ve fugátu z úrovně 5,30 gramu nedisociovaného NH_3
25 na 1 litr fugátu pouze na úroveň nevyhovujících 5,25 gramu na 1 litr na výstupu.

Příklad 5

30 Příklad je opět analogií příkladu 1; pouze počáteční ohřev vynášecího vzduchu a fugátu byl zvýšena na úroveň 95°C . Tato technologie vykazala při shodném nastavení schopnost snížit obsah amoniaku ve fugátu na požadovanou úroveň, ovšem v důsledku vysokého odparu byl společný tok nezreagované neutralizační kyseliny s produkty neutralizace, který vycházel z neutralizačního zařízení 5, nadměrně ředěn vodou a celková energetická bilance separačního procesu se blíží energeticky nevýhodným separačním procesům amoniaku při destilaci nebo na odparkách.

35

Příklad 6

40 Analogie příkladu 1; pouze byl jako temperované kontaktní zařízení 3 použit kapalinový scrubber SK 500 firmy MVB Opava s průměrem pracovní komory 500 mm, vybavený jednou tryskou vytvářející kuželovou clonu separační vody. Tato technologie vykazala schopnost snížení obsahu amoniaku ve fugátu z úrovně 5,30 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 litr fugátu na vyhovující úroveň 1,52 gramu na litr, a to při zvýšení množství fugátu recyklovaného zpět do kontaktního procesu na 62 %.

Příklad 7

45 Analogie příkladu 1; pouze separační kolona – kontaktní zařízení 3 pracovalo v podtlakovém režimu s hodnotou tlaku v koloně na úrovni 80 kPa a při teplotě desorpce v koloně na úrovni 30°C . Tato technologie vykazala při shodném nastavení schopnost snížit obsah amoniaku ve fugátu
50 z úrovně 5,30 gramu nedisociovaného NH_3 na 1 litr fugátu na poměrně velmi nízkou hodnotu 1,27 gramu na litr.

Příklad 8

- 5 Analogie příkladu 1; pouze množství 18% kyseliny fosforečné bylo z technologických důvodů sníženo na množství 1 litr na 0,01 Nm vynášecího vzduchu. To však nestačilo na vytvoření požadovaného režimu dvoufázového toku v neutralizačním zařízení 5, takže zvýšené množství par amoniaku odcházelo v brýdových parách do atmosféry mimo separační proces a nebylo je možno využít k produkci dusíkatého hnojiva.
- 10 Desorpce amoniaku z odpadních vod způsobem podle vynálezu je investičně i provozně výrazně méně náročná než desorpce prováděná systémy membránových separací, stejně tak jako ve srovnání s používanými destilačními procesy a procesy odparek.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob separace amoniaku z odpadních vod, zahrnující kontaktní desorpce rozpustěných plynů z odpadní vody proudem vzduchu a vypírání odcházejících vzdušin kyselinou, **vyznačující se tím**, že

– odpadní voda zbavená tuhých substancí se ohřeje na 35 až 92 °C a nastříkuje se do kontaktního zařízení, kde se amoniak obsažený v odpadní vodě desorbuje kontaktem s vynášecím vzduchem ohřátým na 40 až 90 °C přiváděným v množství 0,001 až 0,05 Nm³ vzduchu na 1 litr odpadní vody;

– z kontaktního procesu odcházející voda se z části recirkuluje zpět do odpadní vody vstupující do kontaktního zařízení a část se odvádí jako odpadní voda se sníženým obsahem amoniaku;

– z kontaktního procesu odcházející vynášecí vzduch ve formě vzdušin obsahujících amoniak se za atmosférického tlaku a teploty 20 až 90 °C vede do neutralizačního zařízení, kde dochází ke styku vzdušin s kyselinou v koncentracích 10 až 30 % tvořící reakci s amoniakem využitelnou amonnou sůl, přičemž kyselina stéká po kontaktních plochách, na kterých dochází k neutralizační reakci, v poměru 2,0 až 20,0 litrů kyseliny na 0,01 Nm³ vynášecích vzdušin a po absorpci amoniaku v kyselině se vzdušiny jako brýdové plyny odtahují do okolí;

– zatím co kyselina, která zčásti reagovala s amoniakem za vzniku amonné soli, se po temperaci vrací recyklací do procesu neutralizace, přičemž po dosažení zvolené koncentrace solí v kyselině se z recyklované kyseliny separují amonné soli a voda k využití jako hnojivo, přičemž kyselina oddělená v procesu separace se vrací do procesu neutralizace.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že kontaktní desorpční proces probíhá za tlaku 20 až 99 kPa, přičemž maximální teplota nastříkované odpadní vody a vlastní teplota desorpce jsou nejméně o 8 °C nižší, než je teplota varu vody při daném tlaku.

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že se z brýdových plynů odtahovaných do okolí vrací do neutralizačního procesu kapky vody obsahující amoniak.

4. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že pro dosažení optimálních hodnot při dalším zpracování se zdánlivá viskozita odpadní vody před nástřikem do kontaktního zařízení upraví na hodnotu 2 až 30 .10⁻³ Pa.s při smykové rychlosti 200 s⁻¹ a její pH na hodnotu 8 až 12.

5. Zařízení k separaci amoniaku z odpadních vod způsobem podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je tvořeno kontaktní částí a neutralizační částí, které jsou propojeny potrubím vedoucím vynášecí vzdušiny obsahující amoniak,

– přičemž kontaktní část je tvořena kontaktním zařízením (3) s kapalinovou zdrží, do kterého svrhu ústí přívod surové odpadní vody, v němž jsou zapojeny: analyzátor (A₀) odpadní vody na vstupu, čerpadlo (1) odpadní vody a tepelný výměník (2) odpadní vody, a které má vespod zaústěn přívod vynášecího vzduchu, do něž je zapojen tepelný výměník (4) vynášecího vzduchu, přičemž z kapalinové zdrže je vedeno recirkulační potrubí vody částečně zbavené amoniaku, do něž je zapojeno čerpadlo (10) oběhu odpadní vody a z něž vybíhá odbočka k výstupu (RV2) odplyněné vody ze systému opatřená analyzátozem (A_F) vypouštěné vody; a

– přičemž neutralizační část je tvořena neutralizačním zařízením (5) s kapalinovou zdrží, do kterého zespodu ústí potrubí přivádějící z kontaktní části vynášecí vzdušiny obsahující amoniak a do kterého svrhu ústí recirkulační potrubí kyseliny opatřené čerpadlem (6) dávkování kyseliny, přičemž z horní části neutralizačního zařízení (5) je veden odtah brýdových plynů a z kapalinové zdrže je vedeno recirkulační potrubí kyseliny s amonnými solemi, do kterého jsou zapojeny: analyzátor (A) amoniaku na výtoky kyseliny, čerpadlo (7) oběhu kyseliny a temperování (TEM) recyklované kyseliny, a z kterého vybíhá odbočka k separátoru (S) kyselina – voda – sůl, z něž je vedeno vratné potrubí kyseliny před čerpadlo (6).

6. Zařízení k separaci amoniaku podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že do odtahu brýdových plynů je zapojen ventilátor (9) odtahu brýdových plynů a separátor (8) kapek brýdových plynů s přepadem do neutralizačního zařízení (5).

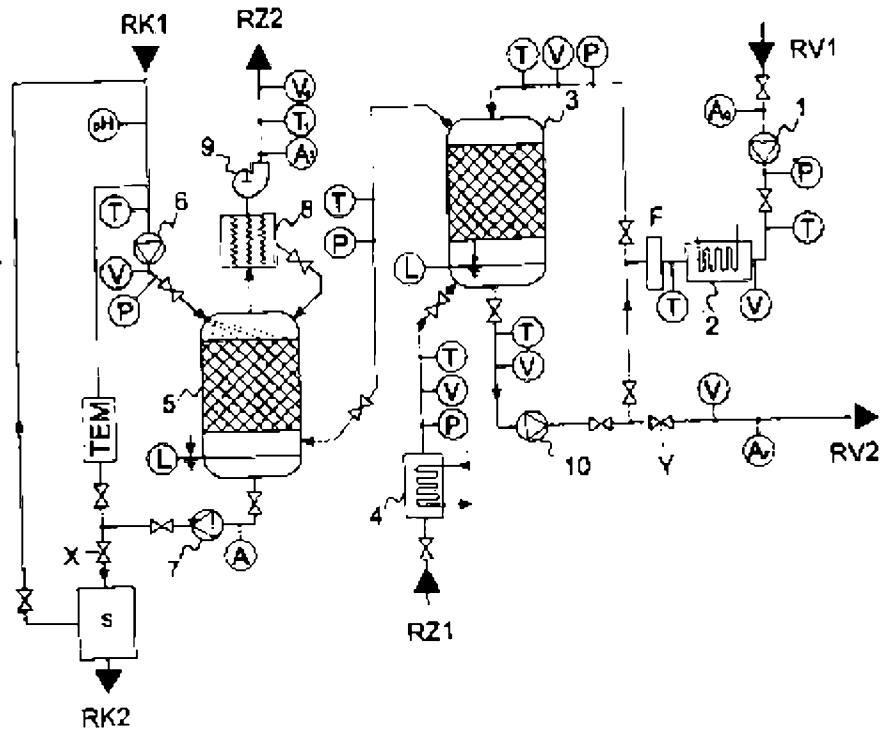
5 7. Zařízení k separaci amoniaku podle nároku 5 nebo 6, **vyznačující se tím**, že je na vstupu (RV1) surové odpadní vody opatřeno rozmíchávací nádrží (11) se vstupem (RR) rozmíchávací vody a vstupem (RB) bazických přísad, přičemž rozmíchávací nádrž (11) je vybavena senzorem (Vis) zdánlivé viskozity propojeným s ventilem na vstupu (RR) rozmíchávací vody a senzorem (pH) propojeným s ventilem na vstupu (RB) bazické přísady.

10

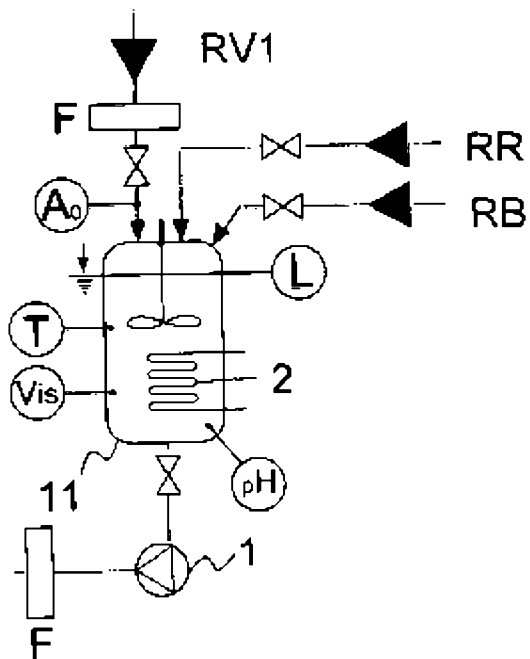
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

1	čerpadlo odpadní vody
2	tepelný výměník odpadní vody
3	kontaktní zařízení
4	tepelný výměník vynášecího vzduchu
5	neutralizační zařízení
6	čerpadlo dávkování kyseliny
7	čerpadlo oběhu kyseliny
8	separátor kapek brýdových plynů
9	ventilátor odtahu brýdových plynů
10	čerpadlo recykace odpadní vody
11	rozmíchávací nádrž
F	filtr odpadní vody
S	separátor kyselina – voda – sůl
TEM	temperování recyklované kyseliny
A0	analýzátor odpadní vody na vstupu
A	analýzátor amoniaku na výstupu kyseliny
A1	analýzátor brýdových plynů
AF	analýzátor vypouštěné vody
L	senzor hladiny
P	senzory tlaku
pH	senzor pH
Vis	senzor viskozity
T	senzor teploty obecně
T1	senzor teploty brýdových plynů
V	průtokoměry obecně
V1	průtokoměr brýdových plynů
X	ventil odvodu kyseliny
Y	vypouštěcí ventil vody
RV1	vstup surové odpadní vody
RV2	výstup odplyněné vody
RZ1	přívod vynášecího vzduchu
RZ2	výdech brýdových plynů
RK1	vstup čerstvé kyseliny
RK2	výstup produktů neutralizace
RR	vstup rozmíchávací vody
RB	vstup bazické přísady



Obr. 1



Obr. 2