



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

210970

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 17 12 79
(21) (PV 8869-79)

(51) Int. Cl.³
C 02 F 1/24

(40) Zveřejněno 30 06 81

(45) Vydáno 15 02 84

(75)

Autor vynálezu

NEČESANÝ FRANTIŠEK ing., MOST, SVOBODA KAREL ing.,
KOČANDRLE JOSEF, KVAPIL ZDENĚK, LITVÍNŮV

(54) Způsob kontinuálního odstraňování nečistot z vody a vodných systémů a zařízení pro provádění tohoto způsobu

1

Vynález se týká způsobu kontinuálního odstraňování nečistot z vody a vodných roztoků, z vodných emulzí a suspenzí koloidů a z dispergovaných vodných systémů ve flotačním zařízení s kontinuálním provozem s vysokou účinností a variabilitou a zařízení pro provádění tohoto způsobu.

Způsob a zařízení podle vynálezu lze s výhodou použít pro odstraňování nečistot z procesních nebo odpadních vod či vodných systémů v kontinuálních procesních technologiích, tj. při sorpčních, čiřicích, čistících, srážecích pochodech apod. Odpadní vody s obsahem rozpuštěných, emulgovaných nebo suspendovaných extrahovaných látek a koloidů jsou produkovány v průmyslu zpracování ropy, zpracování černého a hnědého uhlí, destilace ropy a dehtů, v kokschemických provozech, v tlakových plynárnách, v úpravách uhlí a rud apod.

Většina uvedených podniků pracuje s nepřetržitým provozem, takže je výhodné používat pro čištění odpadních vod kontinuálně pracující jednotky. Vedle uvedených podniků existuje ještě řada podniků, které pracují sice v přetržitém provozu, např. sklady pohonných hmot a přečerpávací stanice, velké strojírenské a opravárenské závody apod., ale jejich produkce odpadních vod činí alespoň 5 m³/h. V těchto případech je rovněž výhodné používat kontinuálně pracující jednotky, které však pracují v přetržitém provozu, tj. s častým najížděním a sjížděním, ale ve srovnání se šaržovitými jednotkami mají výhody především v nižších nárocích na zastavěnou plochu, nižších investičních nákladech a snadné automatizovatelnosti.

V současné době se čištění těchto vod provádí především chemickými postupy v zařízeních, která mají řadu nevýhod. Jako sorpční a čiřicí činidla se používají vysrážené sole ve formě ve vodě nerozpustných hydroxidů, fosforečnanů, uhličitánů, síranů apod. Nežádoucí látky jsou při čištění strhávány do pevné fáze a při procesu vzniká objemný vodnatý kal, který buď

sedimentuje, nebo je vynášen na hladinu kapaliny anebo se volně vznáší v kapalně fázi. Chování kalových částic závisí na rozdílu specifických hmot mezi kapalinou a pevnou fází s nečistotami. Ve všech uvedených případech oddělení kalu od kapaliny současnou technologií činí potíže a výslednými produkty jsou vysoce vodnatý kal a voda s obsahem pevných látek až 50 mg/l.

Částečného zlepšení se dosáhne přidávkou pomocných látek (flokulanty, koagulanty apod.), které umožní vhodnější vytváření částic pevné fáze a tím i zlepšení čířicích vlastností a/nebo zvýšení sedimentačních rychlostí.

Obdobná problematika existuje i při oddělování aktivovaných kalů v čistírenských procesech, při odstraňování vláken a pevných látek organického nebo anorganického původu z procesních vod v textilním nebo papírenském průmyslu apod. Odstraňování těchto nežádoucích příměsí je provázáno tvorbou kalu s vysokým obsahem vody, dlouhou dobou sedimentace a malou aplikační schopností využití procesu pro jiné typy čistěných vod.

Nyní byl vypracován způsob kontinuálního odstraňování nečistot z vody a vodných systémů kombinací tlakové flotace a filtrace vyčištěné kapaliny přes vrstvu vyflotovaných částic s předřazenou koagulací jemných částic nečistot do větších celků a vyvinuto zařízení pro provedení tohoto způsobu. Způsob a zařízení podle vynálezu má oproti dosavadním způsobům výhodu v mobilnosti, snadné adaptaci prakticky na všechny typy čistěných vod a vyniká velkou variabilitou a vysokou účinností.

Podstata způsobu kontinuálního odstraňování nečistot z vody a vodných systémů s obsahem rozpuštěných, emulgovaných nebo suspendovaných extrahovaných látek a koloidů, prováděného kombinací tlakové flotace s filtrace jemných nečistot a předřazenou koagulací spočívá podle vynálezu v tom, že voda nebo vodní systém s obsahem základních částic nečistot se uvede do orientovaného rotačního pohybu charakterizovaného bezrozměrným Reynoldsovým kritériem $1 \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$ po dobu 0,1 až 10 minut, výhodně 0,5 až 5 minut, načež se uvádí do rotující vody nebo vodného systému před vstupem do primární flotační zóny čistá voda sycená vzduchem při tlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně 0,25 až 0,45 MPa, přičemž v primární flotační zóně vzniklé komplexy se společně s čistou vodou nebo vodným systémem zavádějí do vrstvy vyflotovaných částic, v níž čištěná voda nebo vodný systém vstupující do primární flotační zóny vytváří rozhraní mezi kompaktní vrstvou zahuštěných suspendovaných částic v horní části této vrstvy a plovoucím filtračním mrakem flotačních komplexů ve spodní části této vrstvy a doba prodlevy flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic je 0,5 až 5 hodin, výhodně 2 až 3,5 hodiny, načež se čištěná voda nebo vodný systém s postupovou rychlostí v primární flotační zóně $1 \cdot 10^{-1}$ až $1 \cdot 10^{-3}$ m/s, výhodně $1 \cdot 10^{-2}$ až $5 \cdot 10^{-2}$ m/s na výstupu z primární flotační zóny otáčí o 180° a postupuje opačným směrem, přičemž prochází filtrační sekci vytvořenou plovacím filtračním mrakem flotačních komplexů a vstupuje do sekundární flotační zóny, do které se přidává voda sycená vzduchem při tlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně 0,25 až 0,45 MPa a vyčištěná voda se odvádí ze sekundární flotační zóny a případně dále filtruje. Poměr čištěné vody k tlakové vodě sycené vzduchem přidávané do primární flotační zóny je 20:1 až 2:1, výhodně 15:1 až 10:1 a poměr čištěné vody k tlakové vodě při sekundární flotaci je 15:1 až 1:1, výhodně 10:1 až 2:1.

Zařízení k provádění tohoto způsobu je tvořeno flotačním reaktorem 1 tvaru stojaté vřelcové nádoby, ve které je souose umístěna vestavba rovněž ve tvaru stojatého válce ukončená rozdělovacím elementem, přičemž poměr volných průřezů středové vestavby a flotačního reaktoru je v rozmezí 1:2 až 1:25, výhodně 1:5 až 1:16 a poměr výšky flotačního reaktoru k jeho průměru je 1:1 až 5:1, výhodně 2:1 až 3:1, přičemž flotační reaktor 1 je opatřen mechanickým zařízením pro odstraňování flotační pěny se zásobníkem nečistot 2 a ve spodní části je připojen na koagulační aparát 3, na nějž je napojeno nástřikové čerpadlo surové vody 4 a dávkovací čerpadlo pomocných látek 5 a na výstupu vyčištěné vody z flotačního reaktoru 1 je napojen mezizásobník vyčištěné vody 6 a dále je tvořeno zařízením pro přípravu tlakové vody sycené vzduchem 7, 8, přičemž rozvod tlakové vody nasycené vzduchem je prove-

den jednak do osy spodní části vestavby flotačního reaktoru 1 a jednak do prostoru nezikrují flotačního reaktoru, výhodně přes tangenciálně umístěné trysky nebo výtokové škrťací otvory v rozdělovači umístěném v mezikruží flotačního reaktoru 1.

Koagulační aparát 2 má tvar válcové nádoby se svislou osou, přičemž válcová část je ve spodní části výhodně ukončena dnem kuželovitého charakteru a tangenciálně umístěným vstupem čištěné vody s nečistotami do válcové části a výstup z koagulačního aparátu 2 je výhodně proveden spodem hrdlem umístěným ve svislé ose zařízení na vstupu do primární flotační zóny, přičemž koagulační aparát 2 je výhodně spojen s flotačním reaktorem 1 v monoblokové zařízení. Zařízení pro výrobu tlakové vody sycením vzduchem sestává z odstředivého čerpadla 7 a sycicí nádoby 8 a výtlak vody z čerpadla je na injektor dále na kolonu s výplní, jejíž výška odpovídá jednomu teoretickému patru, pod nímž je umístěn zásobník tlakové vody.

Základním aparátem strojné technologického zařízení je průtočný flotační reaktor válcového tvaru s jednoduchou vestavbou, ve kterém dochází k vynášení částic pevné fáze jemnými bublinkami vzduchu k hladině, přičemž se zkracuje doba potřebná k oddělení fází a separovaná flotační pěna má několikanásobně vyšší stupeň zahuštění pevné fáze v porovnání s kalem ze sedimentačních postupů nebo s koláčem z prosté flotace. Před flotačním reaktorem je zařazen koagulační aparát výhodně konstruovaný jako hydrocykom, ve kterém v důsledku orientovaného rotačního pohybu vody s nečistotami dochází ke koagulaci částic nečistot do větších celků neb shluků, které mají vyšší adhezní schopnosti nejen vůči mikrobublinkám vzduchu, ale i vůči bublinkám vzduchu větších rozměrů, čímž se usnadňuje jejich oddělení od vodného systému při flotaci.

Flotační reaktor má tvar stojaté válcové nádoby a je opatřen jednoduchou souosou vestavbou rovněž válcového tvaru. Reaktor je z funkčního hlediska rozdělen na tři části, a sice na primární flotační zónu, sekundární flotační zónu a filtrační sekci, která je umístěna mezi obě flotační zóny. Zkoagulované nečistoty vytvoří se vzduchovými bublinkami uvolněnými z vody sycené vzduchem flotační komplexy, které vytváří na hladině kapalně fáze vrstvu vyflotovaných částic.

Tato vrstva je složena ze dvou odlišných částí, a sice z horní kompaktní vrstvy zahuštěných vyflotovaných částic tzv. flotační pěny a ze spodní vrstvy flotačních komplexů vytvářejících v kapalně fázi plovoucí mrak pevných částic spojených s vynášecem. Spodní část vrstvy vyflotovaných částic má vysoké filtrační a/nebo čiřicí účinky a představuje filtrační sekci flotačního reaktoru. Sekundární flotační zóna umožňuje sekundární flotaci částic nečistot stržených proudem vyčištěné vody a současně udržuje pomocí vzestupného mraku vzduchových mikrobublinek konstantní hustotu částic ve filtračním mraku, tj. udržuje konstantní výšku plovoucí filtrační vrstvy.

Kromě toho napomáhá vzhledný mrak mikrobublinek vzduchu vytvářený v sekundární flotační zóně i zahušťování flotační pěny, tj. horní části vrstvy vyflotovaných částic. Čištěná voda při průchodu flotačním reaktorem obrací dvakrát směr toku, vždy o 180° , a sice poprvé při výstupu z primární flotační zóny a vstupu do filtrační sekce a podruhé při výstupu ze sekundární flotační zóny.

Flotační reaktor je podle potřeby dále doplněn zařízením pro přípravu tlakové vody sycené vzduchem, nástříkovým čerpadlem suroviny, dávkovacími čerpadly pomocných látek a běžným pomocným technologickým zařízením. Případně může být za flotační reaktor zařazen objemový filtr, který slouží jako doplňkové zařízení pro zachycení stopového množství nečistot při vypouštění vyčištěné vody přímo do vodoteče nebo jako pojistné zařízení pro případ poruchy jednotky, aby nedošlo k průniku nečistot do zásobníku vyčištěné vody.

Jednotlivé aparáty představují samostatné technologické celky, které jsou podle vynálezu výhodně spojeny v jeden komplexní technologický blok. Podle specifikace výrobní technologie a na základě kvalitativních údajů je mnohdy výhodně nedoplňovat flotační reaktor veškerým pomocným technologickým zařízením. Např. při čištění zaolejovaných odpadních vod aktivním uhlíkem, kdy se využívá sorpčních účinků, pevné fáze, není nutné zařazovat do procesu potřebné míchací zařízení pro ustavení rovnováhy sorpčního pochodu, ale provádět sorpci přímo v nástřikovém čerpadle suroviny, kdy zvýšením intenzity styku fází se dosáhne stejného účinku jako při použití pomocného míchacího zařízení.

Při odstraňování pevných látek ve formě vláken z procesních vod v papírenském nebo textilním průmyslu není nutné pomocné zařízení pro přípravu tlakové vody k flotaci, ale vzhledem k mimořádným adhezním schopnostem vláken provádět sycení vody vzduchem přímo jenom v nástřikovém čerpadle.

Zařízení podle vynálezu je znázorněno na přiloženém obrázku. Zařízení se skládá z průtočného flotačního reaktoru 1, který má tvar stojaté válcové nádoby, s mechanickým zařízením na stahování flotační pěny běžné konstrukce. Vyflotované částice se po odebrání z flotátoru shromažďují v kalovém zásobníku 2. Voda s nečistotami se mísí na sání nástřikového čerpadla 3 s pomocnými látkami přiváděnými dávkovacím čerpadlem 4 a vstupuje do koagulačního aparátu 2, nejčastěji cyklonového tvaru. Primární i sekundární flotace se provádí tlakovou vodou připravenou pomocí odstředivého čerpadla 7 v sycicí nádobě 8. Voda do sycicího okruhu se odebírá z mezizásobníku vyčištěné vody 6. Technologické zařízení může být případně doplněno objemovým filtrem 9.

Voda s nečistotami I se smísí s pomocnými látkami II na sání nástřikového čerpadla 3 a zavádí se přes koagulační aparát 2 do flotačního reaktoru 1. Tlaková voda III se zavádí do primární flotační zóny a tlaková voda IV do sekundární flotační zóny. Z mezizásobníku vyčištěné vody 6 se odebírá jednak vyčištěná voda V pro přípravu tlakové vody v sycicím orkuhu 7, 8 a dále proud VI - výstup vyčištěné vody z jednotky, který se případně vede přes objemový filtr 9. Na sání čerpadla 7 se přisává k vyčištěné vodě V vzduch VII potřebný pro přípravu tlakové vody. Pro snadnější najíždění jednotky je zásobník tlakové vody opatřen přívodem tlakového vzduchu VIII.

Čištěná voda s nečistotami se na sání nástřikového čerpadla smísí s pomocnými látkami (sorbent, čířič, koagulant apod) dávkovanými dávkovacími čerpadly a po průchodu nástřikovým čerpadlem se zavádí do předřazeného koagulačního zařízení, ve kterém se pomocí tangenciálně umístěného hrdla uvede do rotačního pohybu. Rychlost pohybu směsi v zařízení se řídí převážně v laminární nebo přechodné oblasti turbulence toku charakterizované hodnotou bezrozměrného Reynoldsova kritéria v rozmezí $1 \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$.

Tím se dosahuje z hlediska kinetiky částic maximálního počtu užitečných srážek, v důsledku čehož dochází k vytváření větších celků neb shluků, které mají vyšší adhezní schopnosti nejen vůči mikrobublínám vzduchu, ale i vůči bublínám vzduchu větších průměrů, čímž se usnadňuje jejich oddělování při flotaci. Rovněž anundační doba (doba potřebná k vytvoření aglomerátu pevné částice a vynašeče) je kratší a jak bylo experimentálně ověřeno, zkrátí se i doba potřebná k flotaci a současně se zvýší i stabilita třífázové soustavy - flotační pěny, která je tvořena částicemi pevné fáze, vodou a vzduchem.

Doba zdržení v koagulačním zařízení, která je potřebná k vytvoření aglomerátů částic schopných flotačního oddělení, je v rozmezí 0,1 až 10 minut, výhodně 0,5 až 5 minut. Po úpravě základních částic pevné fáze do tvarů a velikostí vhodných pro separaci prováděné v koagulačním zařízení se čištěná voda vede do flotačního reaktoru. Čištěná voda vstupuje spodem do primární flotační zóny, která je tvořena válcovou vestavbou flotačního reaktoru, s postupovou rychlostí $1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-1}$ m/s, výhodně $1 \cdot 10^{-2}$ až $5 \cdot 10^{-2}$ m/s, a po výstupu z primární flotační zóny se otáčí o 180° a vystupuje do filtrační sekce.

Částice pevné fáze vytvarované v koagulačním zařízení do velikosti vhodné pro flotační oddělení vstupují společně s čištěnou vodou do primární flotační zóny, kde jsou schopny okamžitě vytvářet se vzduchovými bublinkami uvolňujícími se z vody syčené vzduchem při přetlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně 0,25 až 0,45 MPa, flotační komplexy, které jsou společně s čištěnou vodou zaváděny do vrstvy vyflotovaných částic, anebo v případě mimořádných adhezních schopností nebo za přítomnosti pěničů jsou zkoagulované částice bez přídavku vzduchových mikrobublinek do primární flotační zóny v důsledku samovolné flotace unášeny s proudem čištěné vody do vrstvy vyflotovaných částic, kde v přítomnosti vzduchových bublinek ze sekundární flotační zóny dochází k tvorbě flotačních komplexů, přičemž se vytváří dvě odlišné podvrstvy vyflotovaných částic.

Horní část vrstvy je tvořena kompaktní vrstvou zahuštěných suspendovaných částic, tzv. flotační pěnou, a spodní část vrstvy sestavená z jednotlivých flotačních komplexů vytváří v kapalně fázi plovoucí filtrační vrstvu pevných částic spojených s vynášečem představovaným vzduchovými bublinkami s vysokými filtračními a/nebo čiřicími účinky. Rozhraní mezi oběma částmi vrstvy vyflotovaných částic tvoří čištěná voda z primární flotační zóny. Spodní část vrstvy představuje filtrační sekci ve flotačním reaktoru a slouží k zachycování nekoagulovaných nečistot z čištěné vody. Doba prodlevu flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic je 0,5 až 5 hodin, výhodně 2 až 3,5 hodiny.

Čištěná voda po průchodu filtrační sekci vstupuje do sekundární flotační zóny, ve které se v důsledku expanze tlakové vody syčené vzduchem při přetlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně 0,25 až 0,45 MPa, vytváří vzdušný mrak mikrobublinek vzduchu, který umožňuje při průchodu flotační zónou jednak sekundární flotaci stržených částic pevné fáze, dále zahušťování vrstvy vyflotovaných částic včetně tvorby zahuštěné kompaktní vrstvy suspendovaných částic na hladině kapalně fáze a jednak vytváří časově ustálený stav plovoucího filtračního misku pevných částic s vynášečem.

Vyčištěná voda zbavená stržených částic pevné fáze z filtrační sekce prochází sekundární flotační zónou, přičemž směr jejího pohybu je opačný vzhledem ke směru pohybu v primární flotační zóně a na výstupu ze sekundární flotační zóny se znovu otáčí o 180° a vystupuje přes přepad, kterým se udržuje hladina kapalně fáze ve flotačním reaktoru, ven ze zařízení. Část vyčištěné vody se odebírá k přípravě tlakové vody pro primární i sekundární flotaci.

Poměr tlakové vody k čištěné vodě v primární flotační zóně je v rozmezí 1:20 až 1:2, výhodně 1:15 až 1:3, a v sekundární flotační zóně je v rozmezí 1:15 až 1:1, výhodně 1:10 až 1:2. Vzdušný mrak mikrobublinek vzduchu v sekundární flotační zóně umožňuje v důsledku velkého stykového povrchu dvoufázového systému vzduch - voda dokonalé provzdušnění a prokysličené čištěné vody, což se příznivě projevuje ve snížení biologické a chemické spotřeby kyslíku ve vyčištěných vodách.

Vyčištěná voda se podle potřeby může po výstupu z flotačního zařízení vést přes objemový filtr, např. při vypouštění vody přímo do vodoteče, nebo se podle původu znečištěné vody může zpracovávat v dalších stupních, např. dočišťováním na biologické čistírně nebo úpravou pH vyčištěné vody apod.

Pro flotační oddělení částic pevné fáze se při procesu podle vynálezu výhodně využívá přídavku vody syčené vzduchem při vyšším tlaku. Při expanzi tlakové vody dochází k uvolňování jemných bublinek vzduchu, které jsou schopny adheze na částice pevné fáze a jejich vynášení k hladině kapalně fáze. Způsob a zařízení pro dosažení vysokého stupně syčení vody vzduchem a závislosti mezi syticím tlakem, velikostí vzduchových bublinek a rozměrem separovaných částic jsou všeobecně známy. S výhodou lze doplnit toto syticí zařízení o náplňovou kolonu, která má výšku náplně odpovídající jednomu teoretickému patru. Zařazením náplňové kolony do syticího orkuhu se získá tlaková voda s obsahem vzduchu odpovídajícím 80 až 90 % teoretického množství.

Vynález je blíže objasněn v následujících příkladech.

P ř í k l a d 1

Odpadní vody z destilace dehtů obsahují ropné látky v rozmezí 150 až 800 mg/l. Tyto vody obsahují ještě řadu dalších nečistot, především jednomocné a dvojmocné fenoly, které se odstraňují dočištěním na biologické čistírně. Tyto vody byly čištěny způsobem podle vynálezu na zařízení znázorněném na obrázku za použití aktivního uhlíku jako sorbentu. Zařízení nebylo opatřeno objemovým filtrem na výstupu z flotačního reaktoru.

K čištěné vodě byl dávkován aktivní uhlík o velikosti základních částic 1 až 10 nm v množství 150 g/m^3 čištěné vody. Používaný sorbent byl dávkován ve formě vodné suspenze s obsahem 1,5 % hm. uhlíku. Sorpce byla prováděna při průchodu směsi sorbentu a čištěné vody přes nástřikové čerpadlo suroviny. Koagulace základních částic sorbentu se prováděla při rychlosti proudění 0,5 m/s po dobu 90 s. Poměr vody sycené vzduchem při přetlaku 0,4 MPa používané pro primární flotaci k čištěné vodě byl 1:10 objemově.

Postupová rychlost čištěné vody v primární flotační zóně byla 5 cm/s a střední doba zdržení flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic činila 2,5 hodiny. Objemový poměr tlakové vody k čištěné vodě v sekundární flotační zóně byl 1:8. Voda sycená vzduchem byla připravována společně pro obě flotační zóny v syticím zařízení při přetlaku 0,4 MPa. Pro sycení byla používána vyčištěná voda. Obsah pevných látek na výstupu z jednotky byl menší než 2,5 mg/l. Čisticí efekt postupu dle vynálezu je shrnut do následující tabulky.

	vstup	výstup
ropné látky (mg/l)	217	3,2
fenoly I (mg/l)	129	82
fenoly II (mg/l)	16,5	1,2
sírníky (mg/l)	19,6	12,8
pyridiny (mg/l)	11,2	8,7
CHSK (mg O_2 /l)	2 110	1 420
pevné látky (mg/l)	176	2,3

P ř í k l a d 2

Odpadní vody ze skladu pohonných hmot byly shromažďovány v otevřené sběrné jámce a obsahovaly vedle extrahovatelných látek v rozmezí 50 až 120 mg/l ještě tlející biologický kal, který nesedimentoval ani neflotoval a byl zdrojem nepříjemného zápachu. Tyto vody byly čištěny způsobem podle vynálezu za použití sorbentu - aktivního uhlíku, který byl dávkován k čištěným vodám v množství 120 g/m^3 čištěných vod. Sorpce extrahovatelných látek se prováděla po smísení sorbentu s čištěnými vodami v nástřikovém čerpadle surových vod.

Koagulace základních částic v rozmezí 1 až 10 nm byla prováděna při rychlosti 0,5 m/s po dobu 2 minut. Doba zdržení flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic byla 3,5 hodiny. Poměr vody sycené vzduchem při přetlaku 0,35 MPa k čištěné vodě v primární flotační zóně byl 1:8 a v sekundární flotační zóně 1:6. Postupová rychlost čištěné vody v primární flotační zóně byla $1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ a v sekundární flotační zóně 4 m/h. Čištění vod bylo prováděno na zařízení podle vynálezu. Dosažené výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

	vstup	výstup
extrahovatelné látky (mg/l)	78	2,9
CHSK (mg O_2 /l)	215	16
nerozpuštěné látky (mg/l)	514	2,2
vzhled kapalná fáze	zelená, zakalená	čirá
pach	tlející, uhlovodíkový	bez zápachu

P ř í k l a d 3

Odpadní vody z výroby papíru obsahovaly 3,5 g/l pevných látek. K této směsi byl dávkován koagulant v množství 3 mg/l čištěné vody. Odstranění pevných látek z odpadní vody bylo prováděno způsobem podle vynálezu na zařízení znázorněném na obrázku s tím rozdílem, že na výstupu vyčištěné vody z jednotky nebyl zařazen objemový filtr. Koagulace vláken do větších celků (aglomerátů) se dosáhlo rotačním pohybem v koagulačním aparátu cyklonového tvaru se střední rychlostí kapaliny 0,3 m/s. Vytvořené shluky vláken byly v primární flotační zóně vyflotovány vodou nasycenou vzduchem při přetlaku 0,3 MPa a objemovém poměru tlakové vody k čištěné vodě 1:12. Hydrodynamika toku čištěné vody v primární flotační zóně byla charakterizována hodnotou $Re = 1 \cdot 10^{-3}$. Sekundární flotace byla prováděna rovněž vodou sycenou vzduchem při přetlaku 0,3 MPa a poměru 1:8 k čištěné vodě. Doba zdržení flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic byla 3 hodiny. Voda na výstupu ze zařízení obsahovala 3 mg/l pevných látek.

P ř í k l a d 4

Odpadní vody z výroby papíru s obsahem 3,5 g/l pevných látek byly čištěny způsobem podle vynálezu na zařízení dle vynálezu. Pracovní podmínky čištění vod i použité zařízení byly shodné s podmínkami i zařízením uvedenými v příkladě 3, s tím rozdílem, že do primární flotační zóny nebyla přidávána voda sycená vzduchem, přičemž poměr tlakové vody k čištěné vodě v sekundární flotační zóně byl 1:4. Voda na výstupu z jednotky obsahovala 4,6 mg/l pevných látek.

P ř í k l a d 5

Biologický kal z čistíren odpadních vod obsahoval 4,5 kg sušiny na 1 m³ kalu. Zahuštění kalu bylo prováděno způsobem podle vynálezu na zařízení znázorněném na obrázku, které nebylo doplněno objemovým filtrem na výstupu vyčištěné vody z jednotky. Koagulace kalu v předřazeném koagulačním aparátu bylo dosaženo rotačním pohybem charakterizovaným hodnotou kritéria $Re = 1,5 \cdot 10^3$, takže nebylo nutné přidávat do procesu běžně používané flokulanty. Flotace biologického kalu byla prováděna vodou sycenou vzduchem při přetlaku 0,35 MPa a objemovém poměru vstupního kalu k sycené vodě 6:1 v primární flotační zóně a 4:1 v sekundární flotační zóně. Postupová rychlost vstupní suroviny v primární flotační zóně byla $1,5 \cdot 10^{-2}$ m/s a doba zdržení vyflotovaných částic v zahuštěné vrstvě kalu byla 2,5 hodiny. Vyflotovaný kal byl zahuštěn na 74 kg sušiny na 1 m³ flotační pěny (bez objemu vzduchu).

P ř í k l a d 6

K zaolejované vodě z odmašťovacích strojů byl dávkován koagulant $FeCl_3$ v množství 120 g/m³ čištěných vod a NaOH v množství 100 g/m³, přičemž došlo k vysrážení vloček $Fe(OH)_3$. Čištění zaolejovaných vod se provádělo na zařízení podle vynálezu. Hydrodynamika toku v koagulačním cyklonu byla řízena tak, aby došlo k nabalení vloček a vytvoření celků větších velikostí, které mají dostatečné čířící a flotační schopnosti. Doba koagulace byla 150 s a rychlost kapaliny při koagulaci 0,3 m/s. Flotace byla prováděna tlakovou vodou sycenou vzduchem při přetlaku 0,35 MPa. Poměr tlakové vody k čištěné vodě v obou flotačních zónách byl shodný 1:4. Hydrodynamika toku v primární flotační zóně byla charakterizována hodnotou $Re = 2 \cdot 10^3$ a doba zdržení flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic byla 3,5 hodiny. Na výstupu vyčištěné vody z flotačního zařízení byl zařazen objemový filtr. Dosažené výsledky čířícího procesu jsou shrnuty v následující tabulce.

	vstup do koagulace	výstup z flot. reaktoru	výstup po filtraci
extrahovatelné látky (mg/l)	273	12,2	12,1
pevné látky (mg/l)	586	4,8	2,6
CHSK (mg O ₂ /l)	512	196	196

P ř í k l a d 7

Odpadní vody ze skladu pohonných hmot shodné s vodami uvedenými v příkladě 2 byly čištěny za použití sorbentu - aktivního uhlíku ve flotačním zařízení typu flotační vana následujícím postupem. Sorbent byl dávkován k čištěné vodě v množství 120 g/m³ čištěných vod. Sorpce extrahovatelných látek byla prováděna smísením sorbentu s čištěnou vodou v míchané nádrži. Intenzita styku fází byla charakterizována hodnotou Re kritéria $1 \cdot 10^6$ a střední dobou zdržení v sorpční zóně 210 s. Flotace byla prováděna ve flotační vaně vodou syčenou vzduchem při přetlaku 0,3 MPa a objemovém poměru tlakové vody k čištěné vodě 2:1. Pro zvýšení účinnosti flotačního procesu byl do sorpční nádrže dávkován flokulant v množství 5 ng/l čištěné vody. Doba zdržení čištěné vody ve flotační vaně byla 25 minut. Dosažené výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

	vstup	výstup
extrahovatelné látky (mg/l)	78	3,8
nerozpuštěné látky (mg/l)	514	11,2
CHSK (mg O ₂ /l)	215	24
vzhled kapalné fáze	zelená, zakalená	našedlá, čirá
pach	tlející, uhlovodíkový	bez zápachu

Z porovnání výsledků obou příkladů (2 a 7) vyplývá, že způsobem podle vynálezu popsaným v příkladě 2 se dosáhne na výstupu z jednotky přibližně pětikrát (5x) nižší koncentrace pevných látek ve vyčištěné vodě, přičemž bez přídavku flokulantu je účinnost flotačního procesu způsobem popsaným v tomto příkladě, tj. za použití flotační vany podstatně nižší. Bez přídavku flokulantu je obsah pevných látek ve vyčištěných vodách v rozmezí 50 až 70 mg/l.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

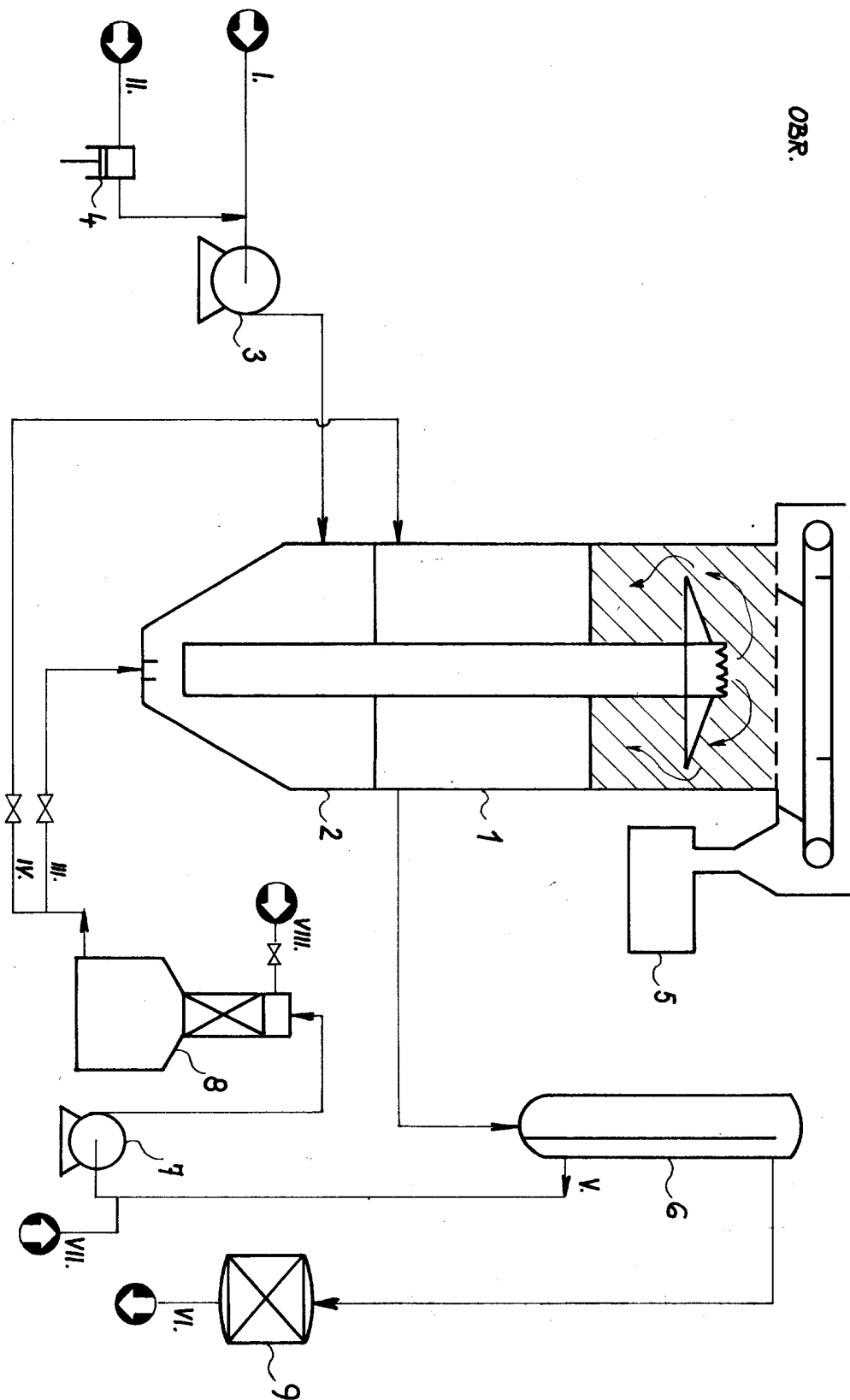
1. Způsob kontinuálního odstraňování nečistot z vody a vodných systémů s obsahem rozpuštěných, emulgovaných nebo suspendovaných extrahovatelných látek a koloidů prováděný kombinací tlakové flotace s filtrací jemných nečistot a předřazenou koagulací vyznačený tím, že vody nebo vodný systém s obsahem základních částic nečistot se uvede do orientovaného rotačního pohybu charakterizovaného bezrozměrným Reynoldsovým kritériem $1 \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$ po dobu 0,1 až 10 minut, výhodně 0,5 až 5 minut, načež se uvádí do rotující vody nebo vodného systému při vstupu do primární flotační zóny voda syčená vzduchem při přetlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně 0,25 až 0,45 MPa, přičemž v primární flotační zóně vzniklé flotační komplexy se společně s čištěnou vodou nebo vodným systémem zavádějí do vrstvy vyflotovaných částic v níž čištěná voda nebo vodný systém vytváří rozhraní mezi kompaktní vrstvou zahuštěných suspendovaných částic v horní části této vrstvy a plovoucím filtračním mrakem flotačních komplexů ve spodní části této vrstvy a doba prodlevy flotačních komplexů ve vrstvě vyflotovaných částic je 0,5 až 5 hodin, výhodně 2 až 3,5 hodiny, načež se čištěná voda nebo vodný systém s postupovou rychlostí v primární flotační zóně $1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-1}$ m/s, výhodně $1 \cdot 10^{-2}$ až $5 \cdot 10^{-2}$ m/s na výstupu z primární flotační zóny otáčí o 180° a postupuje opačným směrem, přičemž prochází filtrační sekci vytvářenou plovoucím filtračním mrakem flotačních komplexů a vstupuje do sekundární flotační zóny, do které se přivádí vody syčené vzduchem při tlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně 0,25 až 0,45 MPa a vyčištěná voda se odvádí ze sekundární flotační zóny a případně dále filtruje.

2. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že poměr čištěné vody k tlakové vodě sycené vzduchem přidávané do primární flotační zóny je 20:1 až 2:1, výhodně 15:1 až 13:1 a poměr čištěné vody k tlakové vodě při sekundární flotaci je 15:1 až 1:1, výhodně 10:1 až 2:1.

3. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1a 2 vyznačené tím, že je tvořeno flotačním reaktorem 1 tvaru stojaté válcové nádoby, ve které je umístěna vestavba rovněž ve tvaru stojatého válce ukončená rozdělovacím elementem, přičemž poměr volných průřezů středové vestavby a flotačního reaktoru je v rozmezí 1:2 až 1:25, výhodně 1:5 až 1:16 a poměr výšky flotačního reaktoru k jeho průměru je 1:1 až 5:1, výhodně 2:1 až 3:1, přičemž flotační reaktor 1 je opatřen mechanickým zařízením pro odstraňování flotační pěny se zásobníkem nečistot 2 a ve spodní části je připojen na koagulační aparát 2, na nějž je napojeno nástříkové čerpadlo surové vody 3 a dávkovací čerpadlo pomocných látek 4 a na výstupu vyčištěné vody z flotačního reaktoru 1 je napojen mezizásobník vyčištěné vody 6 a dále je tvořeno zařízením pro přípravu tlakové vody sycené vzduchem 7, 8, přičemž rozvod tlakové vody nasycené vzduchem je proveden jednak do osy spodní části vestavby flotačního reaktoru 1 a jednak do prostoru mezikruží flotačního reaktoru, výhodně přes tangenciálně umístěné trysky nebo výtokové škrtkové otvory v rozdělovači umístěném v mezikruží flotačního reaktoru 1.

4. Zařízení podle bodu 3 vyznačené tím, že koagulační aparát 2 má tvar válcové nádoby se svislou osou, přičemž válcová část je ve spodní části zakončena dnem kuželovitého charakteru s tangenciálně umístěným vstupem čištěné vody s nečistotami do válcové části a výstup z koagulačního aparátu 2 je výhodně proveden spodem hrdlem umístěným ve svislé ose zařízení na vstupu do primární flotační zóny, přičemž koagulační aparát 2 je výhodně spojen s flotačním reaktorem 1 v monoblokové zařízení.

1 list výkresů



OBR.