



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

208071

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 05 12 79

(21) (PV 8418-79)

(40) Zveřejněno 31 10 80

(45) Vydáno 01 12 82

(51) Int. Cl.³
C 02 F 1/00

(75)

Autor vynálezu

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

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

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

Způsob a zařízení podle vynálezu lze s výhodou použít pro procesní technologie šaržovitého charakteru, tj. pro srážecí, extrakční, čistící a sorpční procesy, pro úpravny vod apod. Odpadní vody obsahují rozpuštěné, emulgované a suspendované extrahovatelné látky a koloidy jsou produkovány prakticky ve všech průmyslových i zemědělských lokalitách, v opravnách automobilové i zemědělské techniky, ve skladech pohonných hmot apod. Většina uvedených podniků pracuje s přetržitým provozem, při kterém odpadá relativně malé množství znečištěných vod (v rozmezí 1 až 20 m³/den), takže není výhodné používat k čištění odpadních vod kontinuálně pracující jednotky, které jsou náročné především z hlediska potřeby pracovních sil, denního najíždění a sjíždění apod.

V současné době se čištění těchto vod provádí buď adsorpcí na pevných materiálech nebo chemickými postupy v zařízeních, která mají řadu nevýhod. Z používaných sorbentů je to např. aktivní

uhlík o velikosti částic od 1 do 1.10⁵ nm, nebo vysrážené sole ve formě ve vodě nerozpustných hydroxidů, uhličitánů, fosforečnanů, síranů apod. Nežádoucí látky jsou při čištění strhávány do pevné fáze nebo jsou sorbovány na povrchu sorbentu. Při procesu vzniká objemný vodnatý kal, který buď sedimentuje nebo se volně vznáší v kapalně fázi anebo je vynášen na hladinu kapaliny. Chování kalových částic závisí na rozdílu specifických hmot mezi pevnou fází s nečistotami a kapalnou fází. Ve všech uvedených případech činí oddělení kalu od kapaliny současnou technologií potíže a výslednými produkty jsou kal s vysokým obsahem vody a voda s obsahem pevných látek až 50 mg/l. Částečného zlepšení se dosáhne přidávkou pomocných látek (koagulanty, flokulanty apod.), které umožní vhodnější vytvarování pevné fáze a tím i zlepšení sorpčních anebo čiřících vlastností anebo zvýšení sedimentačních rychlostí.

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

Nyní bylo zjištěno a pro uvedené procesy vyvinuto i experimentálně ověřeno strojné technologické zařízení pro diskontinuální provoz, ve kterém se odstranění pevných látek provádí tlakovou flotací výhodně v kombinaci s objemovou filtrací vyčištěné kapaliny. Způsob a zařízení podle vynálezu má oproti dosud používaným způsobům výhodu v mobilnosti, snadné adaptaci prakticky na všechny typy čistěných vod, vyniká vysokou účinností a velkou variabilitou. Přitom je řešeno tak, aby všechny požadované operace, tj. přečerpávání, dávkování pomocných látek (chemikálie, roztoky, koagulanty, flokulanty, sorbenty apod.), míchání, směšování, sorpce, extrakce, koagulace, čištění, byly prováděny v jednom technologickém zařízení.

Způsob přetržitého odstraňování nečistot z vody a vodných systémů, jako např. vodných roztoků, emulzí, suspenzí koloidů, disperzí apod., prováděný kombinací koagulace základních částic do hrubšího disperzního stavu s tlakovou flotací, při které se vytváří vzestupný mrak částic s čířícími vlastnostmi, který na hladině kapaliny vytváří vrstvu flotační pěny, a případně s objemovou filtrací, určenou k zachycení zbytkového obsahu nečistot, spočívá podle vynálezu v tom, že koagulace základních částic se dosáhne rotačním pohybem charakterizovaným bezrozměrným kritériem $Re \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$ s dobou potřebnou pro vznik komplexu 0,45–45 minut, výhodně 5–15 minut, a následným jejich vyflotováním vzduchovými bublinkami uvolněnými z vody nasycené vzduchem při tlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně při tlaku 0,3–0,45 MPa, a objemovém poměru čistěné vody k vodě syčené vzduchem 10 : 1 až 1 : 2, výhodně 5 : 1 až 2 : 1, za vzniku vzrovného mraku částic s postupovou rychlostí 1–15 m/h, výhodně 3–8 m/h, které vytvářejí na hladině kapaliny vrstvu flotační pěny, která se periodicky odstraňuje, a vyčištěné vody se vypouštějí, případně po filtraci.

Filtrační pěna tvořená třífázovým systémem pevné částice–voda–vzduch se odstraňuje po 2 až 10 cyklech, výhodně po 3 až 5 cyklech, přičemž se při odstranění flotační pěny z procesu ponechá v reaktoru 10 až 30% obj. pěny pro následující čistící cyklus. Vyčištěná voda se před vypuštěním může podrobit filtraci, s výhodou přes objemový filtr; dekolmatace horní části objemového filtru do hloubky vrstvy 50 až 100 mm se provádí v každém čistícím cyklu přiváděnou vodou nasycenou vzduchem, přičemž se směs částic objemového filtru a nečistot způsobujících kolmataci filtru uvede do stavu vzrovného tak, že rychlost přiváděné vody vzhledem k částicím objemového filtru je pod prahovou rychlostí úletu a vzhledem k jemným částicím nečistot nad prahovou rychlostí úletu.

Způsob podle vynálezu se provádí na zařízení, které sestává z flotačního reaktoru 1 s mechanickým zařízením pro odstraňování zahuštěné vrstvy nečistot, zásobníku nečistot 3, cirkulačního čerpadla 4, zařízení pro přípravu vody syčené vzduchem 5, 6, případně doplněné objemovým filtrem

2, které je charakterizováno tím, že flotační reaktor 1 je stojatá válcová nádoba opatřená tangenciálně umístěnými hrdly pro připojení sacího a výtlačného potrubí cirkulačního čerpadla 4, která jsou napojena na nádobu tak, že umožňují souhlasný směr rotačního pohybu celého objemu se střední rychlostí otáčení charakterizovanou hodnotou Re kritéria $1 \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$, přičemž výtlačné potrubí cirkulačního čerpadla 4 je výhodně ukončeno tryskou, a ve spodní části flotačního reaktoru 1 nebo výhodněji v horní části objemového filtru 2 je umístěno vstupní hrdlo vody syčené vzduchem ze syčícího okruhu 5, 6, ve kterém se expanze vody s rozpuštěným vzduchem provádí pomocí škrtícího elementu vytvořeného ventilem nebo výhodněji tryskou a vyčištěná voda se odvádí hrdlem ve spodku reaktoru 1 nebo výhodněji přes objemový filtr 2. Na výtoku vyčištěné vody může být zařazen objemový filtr 2, který výhodně tvoří nedílnou součást flotačního reaktoru 1, s náplní o velikosti zrna 0,3–0,5 mm, výhodně 0,4 až 1,6 mm ve vrstvě o výšce 0,4 až 2 m, výhodně 0,5 až 1 m, s rovnoměrným odběrem vyčištěné vody po celém jeho průřezu za použití průtočného dna, výhodně doplněného sčezovacími hlavicemi. Zařízení je vybaveno zařízením pro syčení vody vzduchem sestavené z odstředivého čerpadla 6 a syčící nádoby 5, která slouží rovněž jako zásobník nasycené vody a je charakterizováno tím, že výtlač vody z čerpadla 6 je napojen na injektor k přísávání vzduchu do proudu vody a dále na kolonu s výplní, jejíž výška odpovídá jednomu teoretickému patru, pod níž je upraven zásobník tlakové vody. Pro syčení vody vzduchem je instalováno cirkulační čerpadlo 4 s přísáváním vzduchu na sání čerpadla.

Základním aparátem je diskontinuální flotační reaktor válcového tvaru, 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. Flotační reaktor je podle potřeby doplněn objemovým filtrem, zařízením pro přípravu tlakové vody syčené vzduchem, manipulačním čerpadlem a běžným pomocným technologickým zařízením.

Jednotlivé technologické aparáty představují samostatné celky, které jsou podle vynálezu výhodně spojeny v jeden komplexní technologický blok. Podle specifikace výrobní technologie a na základě kvalitativních ukazatelů je mnohdy výhodné nedoplňovat flotační reaktor veškerým pomocným technologickým zařízením. Např. pro odpadní vody z destilace dehtů, které jsou po odstranění ropných látek dočišťovány na biologické čistírny, je výhodné do procesu nezařazovat objemový filtr, protože stopové množství pevných látek se odstraní při dočištění s biologickým kalem.

Při odstraňování pevných látek ve formě vláken z procesních vod v papírenském nebo textilním

průmyslu není nutné, jak bylo experimentálně prokázáno, pomocné zařízení pro přípravu tlakové vody k flotaci, ale vzhledem k mimořádným adhezním schopnostem vláken provádět sycení vody vzduchem přímo jenom v manipulačním čerpadle.

Zařízení podle vynálezu je znázorněno na obrázcích č. 1 a č. 2. Zařízení podle obr. 1 se skládá z flotačního reaktoru tvaru stojaté válcové nádoby 1 s mechanickým zařízením na stahování flotační pěny běžné konstrukce. Vyflotované částice jsou shromažďovány v kalovém zásobníku 3. Dávkování surovin i pomocných látek (sorbenť, flokulant, koagulant, chemikálie apod.) a rovněž cirkulace kapaliny ve flotačním zařízení se provádí pomocí manipulačního čerpadla 4. Pro přípravu tlakové vody k flotaci slouží odstředivé čerpadlo 6 a sytící nádoba 5. Odstranění stopového množství pevných látek z kapalně fáze po flotaci se provádí na objemovém filtru 2.

Voda s nečistotami I a pomocné látky II se načerpají do flotačního reaktoru 1 pomocí manipulačního čerpadla 4, kterým se rovněž provádí cirkulace kapaliny III ve flotačním zařízení. Tlaková voda IV je určena pro flotační oddělení nečistot a tlaková voda V pro propírání objemového filtru 2. Vyčištěná voda vypouštěná přes objemový filtr 2 se dělí na dvě části, proud VI představující výstup vyčištěné vody z jednotky a proud VII tvořený vyčištěnou vodou pro přípravu tlakové vody. K vyčištěné vodě VII se na sání čerpadla 6 přisává vzduch VIII. Zásobník nasycené vody 5 je opatřen přívodem vzduchu IX.

Po nadávkování čišťené vody a pomocných látek (sorbenť, čičič apod.) do flotačního reaktoru se uvede celý objem směsi do rotačního pohybu pomocí cirkulačního (manipulačního) čerpadla a vhodně umístěných hrdel sání a výtlaku čerpadla na flotačním reaktoru (tangenciální vstup a výstup). Rychlost pohybu směsi v reaktoru se řídí v laminární, maximálně přechodné oblasti turbulence toku charakterizované hodnotou Reynoldsova kritéria v rozmezí $1 \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$. Tím se dosahuje z hlediska kinetiky částic maximálního množství jejich užitečných srážek, v důsledku čehož dochází k vytváření větších celků neb shluků, které mají vyšší adhezní schopnosti nejen vůči mikrobublínkám vzduchu, ale i vůči bublínkám 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 pro flotaci a současně se zvýší i stabilita třífázové soustavy – flotační pěny, která je tvořena částicemi pevné fáze, vodou a vzduchem.

Jestliže se využívá sorpčních nebo čičících schopností pevné fáze, například při čišťení zaolejovaných odpadních vod aktivním uhlíkem, kdy ustavení rovnováhy v třífázové soustavě voda–nečistoty–sorbenť je závislé na intenzitě styku dané soustavy, je výhodné, jak bylo experimentálně

prokázáno, využívat k tomuto účelu cirkulačního čerpadla místo dosud užívaných míchadel. Tímto řešením se dosáhne v důsledku vysoké intenzity styku fází v čerpadle rovnováhy v dané soustavě a usměrnění dynamiky toku ve flotačním reaktoru s následnou koagulací mikroskopických částic do větších celků. Podle charakteru dané soustavy je řešena cirkulace rotačním pohybem po šroubovici ve flotačním reaktoru ve směru shora dolů nebo opačně. Rozhodujícím činitelem pro volbu směru pohybu jsou fyzikální vlastnosti pevných látek, jejich adhezní a sorpční schopnosti.

Při čičících a sorpčních procesech je stupeň jejich účinnosti, jak bylo experimentálně prokázáno, mnohdy závislý na objemové koncentraci sorpčních nebo čičících látek, přičemž jejich sorpční a čičící schopnosti nejsou při jednom použití zcela vyčerpány. V těchto případech je výhodné vyflotované částice z flotačního reaktoru neodstraňovat, ale ponechat je dále v reaktoru. V následném cyklu čišťení vod se přítomné látky příznivě projeví jednak při novotvorbě nových částic z nadávkovaných komponent a jednak při dalším zvýšení stupně účinnosti. Průběh děje žádaným směrem je dále ovlivňován hydrodynamickými podmínkami v reaktoru.

Po dosažení požadovaného stupně účinnosti sorpčního anebo čičícího procesu a následné úpravě základních pevných částic do tvarů a velikostí vhodných pro separaci (dosahuje se volbou hydrodynamických podmínek ve flotačním reaktoru) se provede vyflotování pevných částic přidavkem vody nasycené vzduchem při vyšším tlaku. Při expanzi tlakové vody dojde k uvolnění jemných bublinek vzduchu, které jsou schopny adheze na částice pevné fáze a jejich vynášení k hladině kapaliny, kde se vytváří kompaktní vrstva pevných částic. Způsob a zařízení pro dosažení vysokého stupně sycení vody vzduchem a závislosti mezi sytícím tlakem, velikostí vzduchových bublinek a rozměrem separovaných částic jsou všeobecně známé. S výhodou lze doplnit toto sytící zařízení, jak bylo experimentálně prokázáno, o náplňovou kolonu, která má výšku odpovídající jednomu teoretickému patru. Zařazením náplňové kolony do sytícího okruhu se získá tlaková voda s obsahem vzduchu odpovídajícím 80 až 90% teoretického množství.

Expanze tlakové vody používané k flotaci se provádí pomocí trysky do objemu flotačního reaktoru. Proud tlakové vody je nasměrován tangenciálně do horní části vrstvy objemového filtru, kde v důsledku hydrodynamických změn dojde k fluidaci zrn materiálu tvořícího objemový filtr a tím současně i k odstranění částic zachycených na filtru v předchozím cyklu, přičemž mimovrstvová postupová rychlost přiváděné tlakové vody musí být vyšší než prahová rychlost úletu částic zachycených na filtru, aby došlo k jejich odstranění z prostoru objemového filtru. Prahová rychlost úletu je definována jako minimální mimovrstvová rychlost tekutiny, při které v hypotetické nekonečně velké

koloně s konečným množstvím částic ve fluidní vrstvě dosáhne mezerovitost vrstvy hodnoty 1, tj. koncentrace částic v koloně klesne k nule. V technické praxi je hodnota prahové rychlosti úletu částic stanovována jako sedimentační rychlost jednotlivé částice, která se většinou stanovuje experimentálně nebo ji lze vypočítat na základě semiempirické kritériální rovnice obsahující kritéria Reynoldsovo a Archimedovo. Tímto způsobem se zcela odstraní nebo alespoň podstatně sníží nebezpečí kolmatace filtru.

Částice s mikrobublínkami vzduchu vytváří ve floatačním reaktoru postupující mrak s vysokými čisticími a filtračními schopnostmi v průběhu floatačního děje. Současně v důsledku velkého stykového povrchu v dvoufázovém systému voda–vzduch dochází k dokonalému provzdušnění a prokysličení čistěné vody, což se příznivě projeví ve snížení chemické a biologické spotřeby kyslíku ve vyčištěných vodách.

Vlastní objemový filtr může tvořit nedílnou součást floatačního reaktoru nebo může být rovněž použit jako samostatný aparát. Výška vrstvy objemového filtru závisí na velikosti zrna použitého materiálu a koncentraci pevných látek ve filtrované kapalině. Optimální výška vrstvy křemenného písku s velikostí zrna 0,4–0,6 mm je v rozmezí 0,4 až 0,6 m pro velikost zrna 0,8–1,6 mm v rozmezí 1,2 až 1,6 m při obsahu pevných látek na vstupu nižším než 50 mg/l. Rychlost proudění přes objemový filtr se musí pohybovat v laminární oblasti a je charakterizována Reynoldsovým kritériem s experimentálně stanovenými hodnotami $Re_{\max} = 10$ a $Re_{\text{krit}} = 1$. Optimální rychlost kapaliny při objemové filtraci stanovena jako zdánlivá rychlost pod filtrem dosahuje hodnoty 15 m/h. Rovněž bylo zjištěno, že kolmatovaná vrstva filtru dosahuje výšky 5 až 8 cm. Postupem podle vynálezu se právě tato výška vrstvy regeneruje při každé flotaci tlakovou vodou. Regenerace vrstvy do větší hloubky není žádoucí, neboť v důsledku pomalé spodní vrstvy filtru dochází k přijatelnému nárůstu zrn zachycovaných nečistot, čímž se zvyšuje jejich sorpční mohutnost vůči mikročásticím a tím se dosahuje i jejich dokonalejšího odstranění. Čištění celého objemu filtru se provádí běžně známými postupy vodou nebo směsí vody a vzduchu.

Postup podle obrázku č. 2 se od předchozího liší tím, že pro přípravu vody nasycené vzduchem pro floatační proces se využívá manipulačního čerpadla 4. Výhodné je upravit čerpadlo jako směšovač vzduchu a kapaliny nebo na výtlaku čerpadla zařadit dispergátor vzduchu a kapaliny. Tuto úpravu je výhodné používat pouze v těch případech, kdy flotované částice vykazují vysokou adhezní schopnost vůči bublínkám vzduchu. Označení jednotlivých proudů na obr. 2 je shodné s označením obrázku č. 1, pouze proud V na obrázku č. 2 představuje směs vody a vzduchu, která se běžně používá pro propírání objemových filtrů.

Vynález je blíže objasněn v následujících příkladech.

Příklad 1

Stabilizované emulze odpadající ze strojírenských závodů byly čistěny dvoustupňovým postupem. V prvním stupni čištění došlo změnou pH a teploty k porušení stability systému – tzv. rozražení emulze. Ve druhém stupni byla vodná fáze z předchozího stupně dočištěna za použití sorbentu – aktivního uhlíku. Čištění ve druhém stupni bylo prováděno na zařízení podle vynálezu, které je znázorněno na obr. 1.

K předčištěné vodě z prvního stupně čištění byl přidán aktivní uhlík o velikosti základních částic 1–10 μm v množství 150 g na 1 m^3 čistěné vody. Sorpce se prováděla cirkulací přes čerpadlo po dobu 20 minut. Koagulace částic uhlíku se prováděla při rychlosti proudění 0,5 m/s po dobu 5 minut. Poměr vody syčené vzduchem při tlaku 0,4 MPa používané pro flotaci k čistěné vodě byl 1 : 4 objemově. Obsah pevných látek ve vyčištěné vodě po flotaci byl 10 mg/l a na výtok ze zařízení, tj. po průchodu objemovým filtrem byl menší než 1 mg/l. Čistící efekt postupu podle vynálezu je shrnut do následující tabulky.

	I. stupeň		II. stupeň	
	vstup	výstup	vstup	výstup
			na	z jed-
			flotaci	notky
extrahovatelné látky (mg/l)	42 300	850	850	3
ropné látky (mg/l)	30 800	480	480	1
CHSK (mg O_2/l)	81 630	3 020	3 020	187
rozpuštěné látky (mg/l)	2 540	2 500	2 500	2 272
nerozpuštěné látky (mg/l)	600	490	640	1

Příklad 2

Odpadní vody z výplachu propan-butanových lahví obsahují extrahovatelné látky v množství maximálně 80 mg/l. Vody silně zapáchají v důsledku přítomnosti merkaptanů a dalších organických sirných sloučenin. Tyto vody byly čistěny způsobem podle vynálezu na zařízení znázorněném na obr. 1 za použití aktivního uhlíku o velikosti základních částic 1–10 μm , který byl k čistěným vodám dávkován v množství 100 g/ m^3 vstupní vody. Sorpce za použití cirkulačního čerpadla se prováděla po dobu 40 minut. Koagulace částic byla prováděna při rychlosti 0,5 m/s po dobu 5 minut. Aktivní uhlík byl po flotaci ponechán v reaktoru do dalšího cyklu. Částečné odstranění použitého sorbentu ve formě floatační pěny a jeho likvidace se prováděla až po 5 cyklech čištění, přičemž přibližně 1/4 objemu floatační pěny byla ponechána v reaktoru pro další cykly. Dosažené výsledky čištění jsou shrnuty v následující tabulce.

	vstup	výstup
extrahovatelné látky (mg/l)	25	3
CHSK (mg O_2/l)	207	39
nerozpuštěné látky (mg/l)	230	1
rozpuštěné látky (mg/l)	198	142
zápach	silný,	bez
	odpudivý	zápachu

Příklad 3

Odpadní vody ze skladu pohonných hmot byly shromažďovány v otevřené sběrné jámce a obsahovaly vedle extrahovatelných látek v rozmezí 20–100 mg/l ještě tlející biologický kal, který nesedimentoval ani volně neflotoval a byl zdrojem velmi nepříjemného zápachu. Tyto vody byly čištěny na technologickém zařízení podle obr. 1 za použití sorbentu – aktivního uhlíku. Pracovní podmínky byly shodné s podmínkami uvedenými v příkladě 1. Dosažené výsledky jsou shrnuty v následující tabulce.

	vstup	výstup
vzhled kapalné fáze	zelená, zakalená	čirá, bezbarvá
pach	tlející, uhlíkovodíkový	bez zápachu
extrahovatelné látky (mg/l)	56	3,2
CHSK (mg O ₂ /l)	358	64
nerozpuštěné látky (mg/l)	514	4
BSK ₅ (mg O ₂ /l)	27,8	8,2

Příklad 4

Biologický kal z čistíren odpadních vod obsahoval 4,8 kg sušiny na 1 m³ kalu. Zahuštění kalu bylo provedeno způsobem podle vynálezu na zařízení znázorněném na obr. 1 s tím rozdílem, že na výstupu z jednotky nebyl zařazen objemový filtr. K flotaci bylo použito tlakové vody syčené vzduchem při tlaku 0,35 MPa. Objemový poměr původního biologického kalu k tlakové vodě byl 5 : 2. Koagulace kalu bylo dosaženo řízeným hydrodynamickým tokem ve flotačním reaktoru charakterizovaným hodnotou bezrozměrného kritéria $Re = 1,82 \cdot 10^3$, takže nemusely být dávkovány běžně používané flokulanty. Koagulace se prováděla po dobu 10 minut. Při flotaci se příznivě projevila přítomnost tenzidů, fenolů a dalších látek ve vodě. Vyflotovaný kal byl zahuštěn na 65 kg sušiny/m³ flotační pěny (bez objemu vzduchu).

Příklad 5

Odpadní vody z výroby papíru obsahovaly 3 g/l pevných látek. K této směsi byl nadávkován koagulant Stipix KMN v množství 5 mg na 1 l čišťené vody. Odstranění pevných látek z odpadní vody bylo provedeno na zařízení podle vynálezu znázorněném na obrázku č. 2. Koagulace vláken do větších celků – aglomerátů se dosáhlo rotačním pohybem ve flotačním reaktoru s rychlostí kapaliny 0,2 m/s. Vytvořené shluky vláken byly vyflotovány vodou nasycenou vzduchem dodávaným na sání cirkulačního čerpadla při výstupním tlaku 0,3 MPa. Voda na výtoku z jednotky obsahovala 4 mg/l pevných látek. Regenerace objemového filtru musela být prováděna po přefiltrování 800 m³ vod na 1 m³ filtrační plochy.

Příklad 6

K zaolejované vodě z odmašťovacích strojů byl nadávkován koagulant FeCl₃ a flokulant, přičemž došlo k vysrážení vloček Fe(OH)₃. Čištění zaolejo-

vaných vod se provádělo na zařízení podle vynálezu, které je znázorněno na obrázku č. 1. Hydrodynamika toku v reaktoru byla řízena tak, aby došlo k nabalení vloček a vytvoření celků větších velikostí, které již mají dostatečné čířící a flotační schopnosti. Rychlost kapaliny při koagulaci byla 0,4 m/s a doba koagulace 12 minut. Flotace byla provedena tlakovou vodou nasycenou vzduchem při tlaku 0,35 MPa. Poměr tlakové vody k čištěné vodě byl 1 : 3.

Dosažené výsledky jsou shrnuty v následující tabulce.

	vstup	výstup
extrahovatelné látky (mg/l)	270	12,4
nerozpuštěné látky (mg/l)	652	2,3
CHSK (mg O ₂ /l)	480	182

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob přetržitého odstraňování nečistot z vody a vodných systémů, jako jsou vodné roztoky, emulze a suspenze kolooidů a dispergované vodné systémy, prováděný kombinací koagulace základních částic do hrubšího disperzního stavu s tlakovou flotací, při které se vytváří vzestupný mrak částic s čířícími vlastnostmi, který na hladině kapaliny vytváří vrstvu flotační pěny, a případně s objemovou filtrací, určenou k zachycení zbytkového obsahu nečistot, vyznačený tím, že koagulace částic se dosáhne rotačním pohybem charakterizovaným bezrozměrným kritériem $Re \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$ s dobou potřebnou pro vznik komplexu 0,45 až 45 minut, výhodně 5–15 minut, a následným jejich vyflotováním vzduchovými bublinkami uvolněnými z vody nasycené vzduchem při tlaku 0,15 až 0,6 MPa, výhodně při tlaku 0,3 až 0,45 MPa, a objemovém poměru čištěné vody k vodě syčené vzduchem 10 : 1 až 1 : 2, výhodně 5 : 1 až 2 : 1, za vzniku vznosného mraku částic s postupovou rychlostí 1 až 15 m/h, výhodně 3 až 8 m/h, které vytvářejí na hladině kapaliny vrstvu flotační pěny, která se periodicky odstraňuje, a vyčištěné vody se vypouštějí, případně po filtraci.

2. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že flotační pěna tvořená třífazovým systémem pevné částice–voda–vzduch se odstraňuje po 2 až 10 čistících cyklech, výhodně po 3 až 5 cyklech, přičemž se při odstranění flotační pěny z procesu ponechá v reaktoru 10 až 30 % obj. pěny pro následující čistící cyklus.

3. Způsob podle bodu 1 a 2, při kterém se vyčištěná voda vypouští přes objemový filtr, vyznačený tím, že dekolmatace horní části objemového filtru do hloubky vrstvy 50 až 100 mm se provádí v každém čistícím cyklu přiváděnou vodou nasycenou vzduchem, přičemž se směs částic objemového filtru a nečistot způsobujících kolmataci filtru uvede do stavu vznosu tak, že rychlost přiváděné

vody vzhledem k částicím objemového filtru je pod prahovou rychlostí úletu vzhledem k jemným částicím nečistot nad prahovou rychlostí úletu.

4. Zařízení k provádění způsobu podle bodů 1–3 sestavené z flotačního reaktoru (1) s mechanickým zařízením pro odstraňování zahuštěné vrstvy nečistot, zásobníku nečistot (3), cirkulačního čerpadla (4), zařízení pro přípravu vody syčené vzduchem (5, 6), případně doplněné objemovým filtrem (2), vyznačené tím, že flotační reaktor (1) je stojatá válcová nádoba opatřená tangenciálně umístěnými hrdly pro připojení sacího a výtlačného potrubí cirkulačního čerpadla (4), která jsou napojena na nádobu tak, že umožňují souhlasný směr rotačního pohybu celého objemu se střední rychlostí otáčení charakterizovanou hodnotou Re kritéria $1 \cdot 10^2$ až $5 \cdot 10^4$, přičemž výtlačné potrubí cirkulačního čerpadla (4) je výhodně ukončeno tryskou, a ve spodní části flotačního reaktoru (1) nebo výhodněji v horní části objemového filtru (2) je umístěno vstupní hrdlo vody syčené vzduchem ze syticího okruhu (5, 6), ve kterém se expanze vody s rozpuštěným vzduchem provádí pomocí škrťacího elementu vytvořeného ventilem nebo výhodněji tryskou a vyčištěná voda se odvádí

hrdlem ve spodku reaktoru (1) nebo výhodněji přes objemový filtr (2).

5. Zařízení podle bodu 4 vyznačené tím, že na výtok vyčištěné vody z flotačního reaktoru (1) je zařazen objemový filtr (2), který výhodně tvoří nedílnou součást flotačního reaktoru (1), s náplní o velikosti zrna 0,3–5 mm, výhodně 0,4–1,6 mm, ve vrstvě o výšce 0,4–2 m, výhodně 0,5–1 m, s rovnoměrným odběrem vyčištěné vody po celém jeho průřezu za použití průtočného dna, výhodně doplněného scezovacími hlavicemi.

6. Zařízení podle bodů 4 a 5, vybavené zařízením pro syčení vody vzduchem sestavené z odstředivého čerpadla (6) a syticí nádoby (5), která slouží rovněž jako zásobník nasycené vody, vyznačené tím, že výtlač vody z čerpadla (6) je napojen na injektor k přísávání vzduchu do proudu vody, a dále na kolonu s výplní, jejíž výška odpovídá jednomu teoretickému patru, pod níž je upraven zásobník tlakové vody.

7. Zařízení podle bodů 4 a 5 vyznačené tím, že pro syčení vody vzduchem je instalováno cirkulační čerpadlo (4) s přísáváním vzduchu na sání čerpadla.

Obr. 1



