

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

37 967

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C02F 1/28 (2023.01)
C02F 1/32 (2023.01)
C01G 23/047 (2006.01)
B01J 21/06 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2024-41980**
(22) Přihlášeno: **23.05.2024**
(47) Zapsáno: **02.07.2024**

(73) Majitel:
SChem a.s., Praha 8, Libeň, CZ
Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.
v. i., Praha 8, Libeň, CZ
Ústav anorganické chemie AV ČR, v. v. i.,
Husinec, CZ

(72) Původce:
RNDr. Štefan Korec, 90681 Žarnovica, SK
Ing. Helena Golasovská, Ústí nad Labem, Bukov,
CZ
Ing. Martin Krump, Malečov, CZ
Ing. Jan Šubrt, CSc., Praha 8, Kobylisy, CZ
Mgr. Monika Motlochová, Ph.D., Praha 10,
Strašnice, CZ
Mgr. Taťána Supíňková, Liberec, Liberec VI-
Rochlice, CZ
Ing. Lenka Belháčová, Ph.D., Praha 2, Vinohrady,
CZ

(74) Zástupce:
artpatent, advokátní kancelář s.r.o., Dukelských
hrdinů 976/12, 170 00 Praha 7, Holešovice

(54) Název užitného vzoru:
**Plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit
pro čištění zejména povrchových vod**

Plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit pro čištění zejména povrchových vod

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká oblasti čištění vod, konkrétně plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu pro čištění zejména povrchových vod.

10

Dosavadní stav techniky

Heterogenní fotokatalýza je jedním z pokročilých oxidačních procesů, anglicky advanced oxidation processes (AOP), navrhovaných pro čištění vody a vzduchu. Metoda je založena na postupné oxidativní degradaci veškerých organických látek, včetně mikroorganismů, které se nacházejí v blízkosti povrchu fotokatalyzátoru, např. oxidu titaničitého, vystaveného ultrafialovému záření. Na povrch fotokatalyzátoru dopadá UV záření, které je součástí slunečního světla, a vznikají tam dvojice kladných a záporných nábojů, které reagují s molekulami kyslíku a vody z ovzduší, čímž vznikají vysoce reaktivní částice, a to hydroxylové a peroxidové radikály. Tyto částice útočí na organické látky z okolního vzduchu nebo vody a v ideálním případě je rozloží na neškodné anorganické sloučeniny, vodu, oxid uhličitý a odpovídající minerální kyseliny. Dokonce i ty nejsložitější organické struktury jsou nakonec zmineralizovány, tj. rozloženy. Tyto děje jsou tedy iniciovány absorpcí fotonů fotokatalyzátorem, které v jeho polovodičové elektronové struktuře generují páry oddělených pozitivních a negativních nábojů.

25

Fotokatalytická aktivita TiO_2 je dosud využívána např. pro samočistící nátěry nebo fasády domů, případně čištění vzduchu. Pro čištění vodních ploch pomocí fotokatalýzy se dosud nenašlo vyhovující řešení, neboť je nutností udržet fotokatalyzátor na hladině, aby byl zajištěn dostatečný přísun UV složky slunečního záření. Většina ve vodě přítomných pesticidů, léčiv, barviv a dalších organických polutantů může být pomocí fotokatalýzy na povrchu TiO_2 úplně rozložena a mineralizována. Kritickým aspektem pro tento způsob čištění povrchových vod se jeví udržení fotokatalyzátoru na vodní hladině. Z tohoto důvodu již v minulosti bylo vyzkoušeno několik typů plovoucího nosiče, který má funkci udržet fotokatalyzátor na hladině kontaminované vody. Problémem bylo navázání fotokatalyzátoru na nosič a jeho dlouhodobá stabilita ve vodě. Docházelo tak k postupnému poklesu fotokatalytické aktivity v důsledku nedostatečné mechanické odolnosti fotokatalyzátorové vrstvy na plovoucím nosiči, nebo k degradaci samotného nosiče. Navíc není dosud známý takový plovoucí nosič s výše popsány fotokatalytickými vlastnostmi, který by navíc měl i sorpční vlastnosti, tedy byl schopen zároveň i vázat znečišťující látky na svůj povrch a následně je degradovat.

40

Úkolem technického řešení je proto vytvoření takového plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu pro čištění zejména povrchových vod, který by odstraňoval výše uvedené nedostatky, který by byl dlouhodobě stabilní ve vodě s prokazatelnou fotoaktivitou po celou dobu, kdy je zajištěn přísun UV záření. Zároveň by plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit podle technického řešení měl zajistit sorbování polutantů na povrch kompozitu a postupně je cíleně degradovat.

45

Podstata technického řešení

50

Vytčený úkol je vyřešen pomocí plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu pro čištění zejména povrchových vod podle tohoto technického řešení. Podstata technického řešení spočívá v tom, že obsahuje 70 až 81 % hmotn. pěnového skla plnící funkci plovoucího nosiče, 15 až 22 % hmotn. TiO_2 ve formě anatasu plnící funkci fotokatalyzátoru, 0,1 až 0,5 % hmotn.

aktivního uhlí plnicí funkci sorbentu a s TiO_2 tvoří sorpční fotoaktivní vrstvu a 3,5 až 10 % hmotn. alkalického silikátu plnicí funkci pojiva.

5 Pro zajištění plovoucích schopností plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu je použit nosič, kterým je expandovaný anorganický materiál, konkrétně pěnové sklo, jenž má díky velké uzavřené pórovitosti výborné dlouhodobé plovací schopnosti. Na tento nosič je nanášena sorpční fotoaktivní vrstva, tedy TiO_2 , jenž zajišťuje fotokatalytickou funkci, a aktivní uhlí, které zajišťuje sorpci nepolárních látek, za pomoci alkalického silikátu neboli silikátového pojiva, které je ryze anorganické a nedochází tedy k fotokatalytickému rozkladu samotného pojiva.

10 Ve výhodném provedení obsahuje plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit obsahuje od 0,1 do 0,5 % hmotn. Li_2O , od 0,9 do 2,5 % hmotn. K_2O a od 2,5 do 7 % hmotn. SiO_2 , což jsou složky alkalického silikátu vztažené na celkové množství kompozitu. Jako pojivo plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu je tedy využito lithno-draselný polysilikát, který vhodným poměrem alkalických oxidů zajišťuje potřebnou hydrofobnost a pojivovou schopnost všech komponent, Li^+ ionty napomáhají hydrofobní schopnosti, K^+ ionty zajišťují lepší přilnavost pojiva v plovoucím sorpčním a fotokatalytickém kompozitu.

20 Inovativní plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit se specifickou sorpční funkcí podle tohoto technického řešení si klade za cíl čištění povrchových vod zejména od běžných organických polutantů až po těžko rozložitelné nepolární látky. Díky afinitě slabě polárních a nepolárních látek k jeho sorpční složce dochází k synergii, kdy se tyto perzistentní organické polutanty (jako jsou např. polychlorované bifenylly neboli PCB, dichlordifenyltrichlorethan neboli DDT, další pesticidy aj.) z vody selektivně sorpce zkoncentrují a současně dochází k jejich účinnému fotokatalytickému odbourání.

30 Princip heterogenní fotokatalýzy spočívá v aktivaci polovodiče, v tomto případě TiO_2 světelným zářením o dostatečné energii. To vede k tvorbě párů nosičů náboje – kladných děr a záporných elektronů, které migrují k povrchu plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu, kde zprostředkovávají oxidační a redukční reakce. Oxidační reakce zahrnují oxidaci hydroxylových skupin a adsorbovaných molekul vody kladnými děrami za vzniku vysoce reaktivních hydroxylových radikálů ($\cdot\text{OH}$). Hydroxylové radikály reagují s přítomnými organickými látkami za vzniku oxidovaných meziproductů, které podléhají další degradaci vedoucí až celkové mineralizaci na CO_2 , H_2O a odpovídající minerální kyseliny. Působením kladných děr může docházet také k přímé oxidaci a následné degradaci organických látek sorbovaných na povrchu plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu. Redukční děje zahrnují redukci rozpuštěného kyslíku elektrony za vzniku superoxidového radikálu ($\cdot\text{O}_2^-$), což je rovněž silné oxidační činidlo.

40 U vyrobeného plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu byla testována stabilita kompozitu ve vodě po dobu několika měsíců a také jeho fotoaktivní a sorpční účinky na různé druhy polutantů, kdy docházelo k degradaci všech zkoušených látek. Testy prokázaly hlavní výhody vyvinutého plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu, především dlouhodobou chemickou i mechanickou stabilitu ve vodě, rychlé snížení koncentrace polutantů v důsledku synergického působení sorpce a fotokatalytického rozkladu a dlouhodobou schopnost vznášení ve vodě.

50 Výhody plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu pro čištění zejména povrchových vod podle tohoto technického řešení spočívají zejména v tom, že je dlouhodobě stabilní ve vodě s prokazatelnou fotoaktivitou po celou dobu, kdy je zajištěn přísun UV záření. Zároveň jeho inovativnost tkví v použití sorbentu zabudovaném v kompozitu, který zajišťuje sorbování polutantů na povrch kompozitu a tím jejich postupnou cílenou degradaci.

Příklad uskutečnění technického řešení

Plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit pro čištění zejména povrchových vod podle tohoto technického řešení se synergickou fotoaktivní a sorpční funkcí se skládá z plovoucího nosiče a sorpční fotoaktivní vrstvy nanesené na tento nosič. Podle typu nosiče je zvoleno ideální složení výsledného kompozitu.

Tyto kompozity byly úspěšně testovány pro odbourávání organických polutantů jak při umělém ozařování, tak při slunečním záření.

Jako organické polutanty byly testovány vodné roztoky vybraných kontaminantů životního prostředí: antibiotika (ampicilin, enrofloxacin, ciprofloxacin); pesticidy (diuron, atrazin, 2,4-dichlorofenoxyoctová kyselina); jiné organické polutanty z průmyslových vod apod. (4-chlorfenol, 2,4-dichlorfenol, 1-naftol, o-ftalát draselný, xylén).

Dále jsou uvedeny tři příklady složení plovoucího sorpčního a fotokatalytického kompozitu se synergickou fotoaktivní a sorpční funkcí při použití různého typu nosiče podle technického řešení:

Příklad 1:

Plovoucí nosič: 79 % hmotn. pěnové sklo kulatého tvaru s granulometrií 8 až 16 mm

Sorpční fotoaktivní vrstva:

Fotokatalyzátor	17,1 % hmotn. TiO ₂
sorbent	0,1 % hmotn. aktivního uhlí
pojivo	2,6 % hmotn. SiO ₂
	1,1 % hmotn. K ₂ O
	0,1 % hmotn. Li ₂ O

Příklad 2:

Plovoucí nosič: 77,8 % hmotn. pěnové sklo kulatého tvaru s granulometrií 4 až 8 mm

Sorpční fotoaktivní vrstva:

fotokatalyzátor	18,12 % hmotn. TiO ₂
sorbent	0,33 % hmotn. aktivního uhlí
pojivo	2,56 % hmotn. SiO ₂
	1,04 % hmotn. K ₂ O
	0,15 % hmotn. Li ₂ O

Příklad 3:

Plovoucí nosič: 71,7 % hmotn. pěnové sklo nepravidelného tvaru s granulometrií do 20 mm

Sorpční fotoaktivní vrstva:

fotokatalyzátor	20,0 % hmotn. TiO ₂
sorbent	0,4 % hmotn. aktivního uhlí
pojivo	5,5 % hmotn. SiO ₂
	2,1 % hmotn. K ₂ O
	0,3 % hmotn. Li ₂ O

Průmyslová využitelnost

- 5 Plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit pro čištění zejména povrchových vod podle tohoto technického řešení se synergickou fotoaktivní a sorpční funkcí je využitelný k čištění zejména povrchových vod od organických polutantů jako jsou např. herbicidy nebo antibiotika.

NÁROKY NA OCHRANU

- 5
1. Plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit pro čištění zejména povrchových vod, **vyznačující se tím**, že obsahuje 70 až 81 % hmotn. pěnového skla, 15 až 22 % hmotn. TiO_2 , 0,1 až 0,5 % hmotn. aktivního uhlí a 3,5 až 10 % hmotn. alkalického silikátu.
 2. Plovoucí sorpční a fotokatalytický kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že alkalický silikát obsahuje od 0,1 do 0,5 % hmotn. Li_2O , od 0,9 do 2,5 % hmotn. K_2O a od 2,5 do 7 % hmotn. SiO_2 vztaženo na celkové množství kompozitu.