

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 32 362

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**C02F 1/463** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35310**  
(22) Přihlášeno: **04.09.2018**  
(47) Zapsáno: **26.11.2018**

(73) Majitel:  
Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., Praha 6,  
Dejvice, CZ

(72) Původce:  
RNDr. Lenka Pivokonská, Ph.D., Mníšek pod Brdy,  
CZ  
Mgr. Lenka Čermáková, Praha 9, Černý Most, CZ  
Ing. Radim Petříček, Hovorany, CZ  
doc. RNDr. Martin Pivokonský, Ph.D., Mníšek pod  
Brdy, CZ

(54) Název užitého vzoru:  
**Elektrokoagulační jednotka se separací  
agregátů**

CZ 32362 U1

## Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů

### Oblast techniky

5

Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů je experimentální poloprovozní zařízení určené pro tvorbu a separaci agregátů (vloček) při úpravě vody nebo pro separaci buněk biomasy řas z kultivačního média. Její konstrukce umožňuje agregaci částic koloidního charakteru (hlinitokřemičitany, makromolekulární přírodní organické látky, buňky sinic a řas atd.) při procesu úpravy vody nebo separaci řas kultivovaných pro biotechnologické účely. Tvorba agregátů pomocí elektrokoagulace a následně také jejich separace z média (voda, kultivační médium) probíhá v jednom zařízení, aniž by bylo třeba stavět pro různé technologické kroky samostatné jednotky. Tvorba suspenze probíhá v agregačním prostoru, kde je míchání zajištěno pomocí děrovaných stěn. První dvě děrované stěny plní zároveň funkci elektrod, na které je přiváděno stejnosměrné napětí. Následné děrované stěny již plní pouze funkci míchací (agregační). Protože elektrokoagulace i následná flokulace (agregace) částic probíhá v jednom prostoru, je proces flokulace plynulý a nedochází tak ke změnám ve velikosti a charakteru agregátů z důvodu druhotného rozbíjení vlivem změny hydrodynamických podmínek. K separaci agregátů pomocí jejich sedimentace dochází v separačních prostorech elektrokoagulační jednotky. Protože všechny významné parametry (napětí na elektrodách, vzdálenost mezi elektrodami, počet děrovaných stěn v agregačním prostoru, průtok řasové suspenze jednotkou) provozu lze měnit, umožňuje elektrokoagulační jednotka nastavení neomezeného množství variant provozu a tím i jejich přímou aplikovatelnost do provozního měřítka.

25

### Dosavadní stav techniky

Narůstající zatížení povrchových vod živinami (dusík, fosfor), vede k nárůstu množství planktonních autotrofních mikroorganismů a s ním spojeným uvolňováním organických látek ve zdrojích surové vody. Tato skutečnost vede ke snaze inovovat tradiční procesy úpravy vody nebo hledat procesy nové, které by byly schopny účinně odstranit různorodou směs látek ve vodě se vyskytujících (Pivokonsky et al., 2016).

Vedle eutrofizace povrchových vod a s ní spojené nutnosti eliminovat množství sinic a řas a jimi uvolňovaných látek (Pivokonsky et al., 2014) je třeba hledat také nové způsoby „sklizení“ jednobuněčných řas pěstovaných průmyslově za účelem např. potravních nebo krmivových doplňků, či jako zdroj rozličných bioaktivních látek pro kosmetiku, potravinářství a výrobu tzv. nutraceutik. Nutným krokem během výroby je separace buněk řas z kultivačního média, ta je standardně prováděna pomocí centrifugace na talířových odstředivkách, což je vysoce energeticky náročný proces (Molina Grima et al., 2003). Filtrace stejně jako sedimentace stabilizované řasové suspenze jsou v praxi nepoužitelné (Safi et al., 2014).

Elektrokoagulace je elektrochemický proces, který byl doposud v průmyslovém měřítku používán téměř výhradně jako jeden ze stupňů čištění různých průmyslových odpadních vod (Mollah et al., 2004). V posledních letech se objevují výzkumné práce zabývající se využitím elektrokoagulace také v úpravě povrchových vod (Sarkka et al., 2015) nebo jako způsob separace jednobuněčných řas z kultivačního média (Fayad et al., 2017), nicméně obojí pouze v laboratorním měřítku.

Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů poprvé využívá těchto poznatků prakticky v poloprovozním měřítku. V principu je pomocí aplikace stejnosměrného napětí na elektrody dosaženo uvolnění iontů kovu do roztoku, čímž dojde k destabilizaci řasové suspenze a její koagulaci. Následně vhodně navržené míchání zajistí tvorbu agregátů vhodných vlastností, které mohou být následně snadno, efektivně a rychle separovány například pomocí sedimentace.

55

## Seznam citací:

- 5 Fayad, N., Yehya, T., Audonnet, F., Vial, C. (2017) Harvesting of microalgae *Chlorella vulgaris* using electro-coagulation-flocculation in the batch mode. *Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts*, 25, 1-11.
- 10 Molina Grima, E., Belarbi, E.-H., Acién Fernández, F. G., Robles Medina, A., Chisti, Y. (2003) Recovery of microalgal biomass and metabolites: proces options and economics. *Biotechnology Advances*, 20, 491-515.
- 15 Mollah, M. Y. A., Morkovsky, P., Gomes, J. A. G., Kesmez, M., Parga, J., Cocke, D. L. (2004) Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 114, 199-210.
- 20 Pivokonsky, M., Naceradska, J., Kopecka, I., Baresova, M., Jefferson, B., Li, X., Henderson, R. (2016) The impact of algogenic organic matter on water treatment plant operation and water quality: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46, 291-335.
- 25 Pivokonsky, M., Safarikova, J., Baresova, M., Pivokonska, L., Kopecka, I. (2014) A comparison of the character of algal extracellular versus cellular organic matter produced by cyanobacterium, diatom and green alga. *Water Research*, 51, 37-46.
- 30 Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P.-Y., Vaca-Garcia, C. (2014) Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 265-278.

Podstata technického řešení

30 Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů je experimentální poloprovozní zařízení založené na tvorbě agregátů elektrokoagulací koloidních částic nebo buněk sinic a řas a jejich následné sedimentaci v separačním prostoru. Konstrukce elektrokoagulační jednotky umožňuje účinnou separaci vzniklých agregátů z média, a to bez nutnosti dávkovat chemikálie či jinak se surovou vodou či biomasou řas nakládat. Tvorba agregátů, jejich zahuštění sedimentací a následné oddělení od kultivačního média probíhá v jednom zařízení. Proces je kontinuální, je možné jej provozovat prakticky bez přerušení, což umožňuje využití elektrokoagulační jednotky přímo jako součást technologie úpravny vody nebo průtočné kultivační linky při biotechnologických aplikacích. Uplatnitelnost elektrokoagulační jednotky se separací agregátů tak nespočívá pouze v rovině vývoje a výzkumu např. při studiu účinnosti elektrokoagulace na separaci různých druhů řas a sinic, ale také přímo v kontinuálním provozu, kdy je třeba účinně koagulovat a následně separovat koloidní látky a buňky sinic a řas z vody či z kultivačního média. Účinnost elektrokoagulační jednotky byla ověřena v poloprovozu pro sinici *Microcystis aeruginosa* a také pro zelenou řasu *Chlorella vulgaris*. V obou případech dosahovala hodnot 45 převyšujících 97 %.

Objasnění výkresů

50 Na připojeném výkresu je elektrokoagulační jednotka na separaci řasové biomasy znázorněná schematicky a to na obr. 1A v narysu, a na obr. 1B. v půdorysu.

55

### Příklady uskutečnění technického řešení

- 5 Příkladem provedení navrženého technického řešení je elektrokoagulační jednotka se separací agregátů podle výkresu (obr. 1A). Elektrokoagulační jednotka na separaci řasové biomasy je tvořena agregačním prostorem - AP, dvěma separačními prostory - SP1 a SP2 a akumulacním prostorem - AKP. Agregační prostor je obdélníkového průřezu a je v místě nátoky řasové biomasy osazen dvojicí elektrod: anoda - A a katoda - K, na které je přiváděn stejnosměrný proud. Anoda i katoda jsou tvořeny prostou ocelí. Anoda i katoda jsou koncipovány jako děrované stěny, takže zároveň slouží k míchání řasové suspenze. Míchání v agregačním prostoru je následně zajištěno děrovanými stěnami - DS instalovanými kolmo na směr proudění řasové suspenze agregačním prostorem. Počet děrovaných stěn lze měnit podle požadavku na homogenitu míchání v celém prostoru agregace.
- 10
- 15 Separační prostory mají čtvercový průřez o délce strany odpovídající délce kratší strany agregačního prostoru, viz obr. 1B. V separačních prostorech dochází k sedimentaci řasových agregátů, které se hromadí v akumulacním prostoru, kde dochází k pozvolnému zahušťování řasových agregátů.
- 20 Nátok 1 řasové biomasy je v horní části agregačního prostoru. Řasová biomasa pak protéká přes elektrody, kde dochází ke koagulaci, na děrované stěny, kde probíhá agregace, ve směru shora dolů. Následně se průtok agregované biomasy mění v separačním prostoru na vzestupný a zároveň dochází k protisměrné sedimentaci vytvořených řasových agregátů, které se hromadí v akumulacním prostoru, kde je zajištěn odvod 2 zahuštěné řasové suspenze. Odvod 3
- 25 kultivačního média je umístěn v horní části separačního prostoru.

Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů je konstruována jako čistě hydraulické zařízení, kde veškeré míchání potřebné k zabezpečení účinné agregace buněk řas je zajištěno průtokem přes děrované stěny. Protože je jednotka bez jakýchkoli mechanických součástí, je její provoz prakticky bezúdržbový a ekonomický. Energie je potřebná pouze k zajištění elektrokoagulace.

30

### Průmyslová využitelnost

- 35 Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů je určena nejen k výzkumu, vývoji a testování procesu úpravy vody a k výzkumu separace buněk řas elektrokoagulací, ale také pro zcela konkrétní provozy úpraveny vody a provozy kultivace řasové biomasy a její následné separace v in-line procesu.
- 40

### **NÁROKY NA OCHRANU**

- 45 **1.** Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů, **vyznačující se tím**, že je tvořena agregačním prostorem (AP), který je osazen děrovanými elektrodami, anodou (A) a katodou (K), pro elektrokoagulaci a děrovanými stěnami (DS) pro agregaci, separačními prostory (SP1, SP2) a akumulacním prostorem (AKP).
- 50 **2.** Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v agregačním prostoru (AP) je protékána ve vertikálním směru po směru působení gravitační síly, v separačních prostorech (SP1, SP2) pak v protisměru působení gravitační síly.
- 3.** Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů podle nároku 1 a 2, **vyznačující se tím**, že ve vstupní části agregačního prostoru (AP) se nachází jedna anoda (A) a jedna katoda (K), které
- 55

mají charakter děrovaných stěn.

4. Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů podle nároku 1 až 3, **vyznačující se tím**, že za anodou (A) a katodou (K) jsou umístěny dvě a více děrovaných stěn (DS).

5

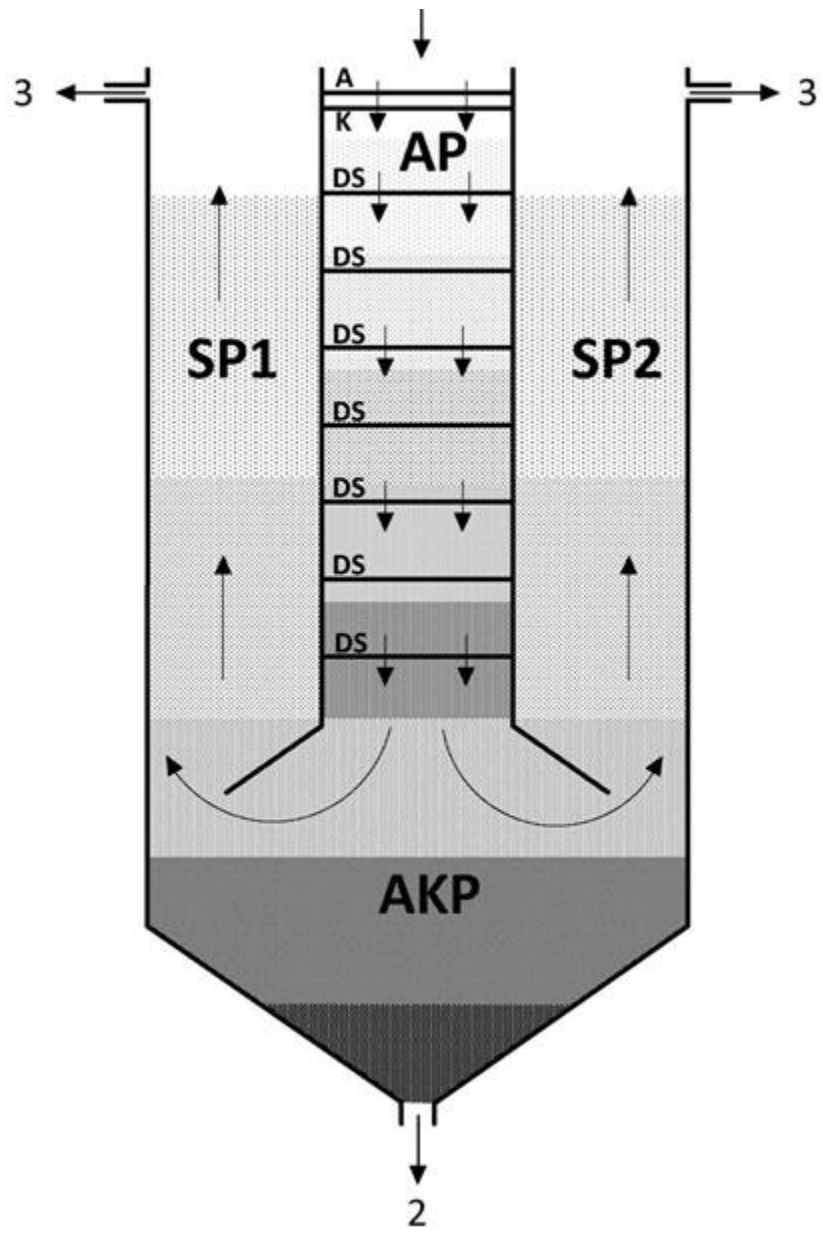
5. Elektrokoagulační jednotka se separací agregátů podle nároku 1 až 4, **vyznačující se tím**, že vzniklé agregáty jsou akumulovány v konickém akumulacním prostoru (AKP) umístěném pod agregačním prostorem (AP) a separačními prostory (SP1, SP2).

10

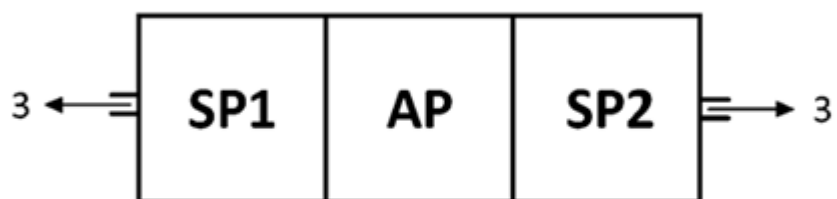
1 výkres

Seznam vztahových značek:

AP	- agregační prostor
SP1 a SP2	- separační prostor 1 a separační prostor 2
AKP	- akumulací prostor
A	- anoda
K	- katoda
DS	- děrované stěny
1	- nátok řasové biomasy
2	- odvod zahuštěné řasové suspenze
3	- odvod kultivačního média.



Obr. 1A



Obr. 1B