

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2025 004**
(22) Paraiškos padavimo data: **2025-04-04**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2025-10-27**
(45) Patento paskelbimo data: **2025-11-25**

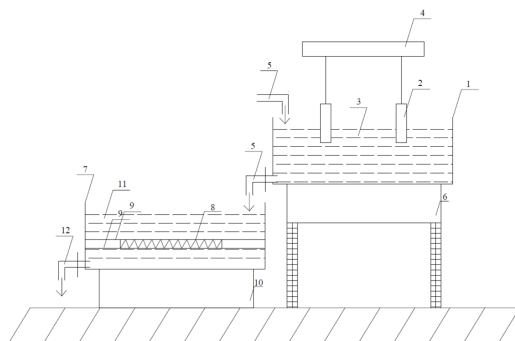
(73) Patento savininkas:
**VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT**
(72) Išradėjas:
**Monika LIUGĖ, LT
Dainius PALIULIS, LT**

(54) Pavadinimas:

Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginys dažiklių šalinimui iš vandens

(57) Referatas:

Išradimas skirtas tekstilės pramonėje naudojamų dažiklių kongo raudonojo, naftolio žalią B, rodaminą B ir metileno mėlyną šalinimui iš vandens. Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginį sudaro dvi pakopos: pirmoje pakopoje vykdoma elektrocheminė degradacija taikant skirtingos sudėties elektrodus, o antroje pakopoje taikomas adsorbcijos metodas su adsorbentu kaip filtro užpildu. Pirmoje nuotekų valymo įrenginio talpoje (1) į vandeninį dažiklio tirpalą (3) išlaikant ne didesnę nei 0,3–1,0 cm atstumą tarp elektrodų (2) nardinami bei 60 min laikomi boru legiruoti deimantiniai (BDD), mišrūs metalo oksido (MMO), grafito, aliuminio, geležies arba titano elektrodai. Elektrolitiniam elemente palaikomas 13,0 mA/cm² srovės tankis naudojant elektros maitinimo šaltinį (4). Pirmoje nuotekų valymo įrenginio talpoje esantys dažiklių vandeniniai tirpalai nuolat maišomi su magnetine maišykle (6) palaikant ne didesnę nei 400 aps./min greitį. Po 60 min trukusio elektrocheminio valymo, dalinai išvalytas dažiklio tirpalas išleidžiamas iš pirmosios nuotekų valymo įrenginio talpos į antrąją per pirmoje talpoje įmontuotą kranėlį (5). Antroje nuotekų valymo įrenginio talpoje (7) tarp plastikinių tinklėlių (9) įstatoma 5,0 % celiuliozės savo masėje nuo bendros masės turinti 0,8 g sverianti aerogelio kapsulė (8), pagaminta iš popieriaus ir kartono atliekų. Dažiklių vandeniniai tirpalai (11), esantys antroje nuotekų valymo įrenginio talpoje laikomi 60 min nuolat juos maišant su magnetine maišykle (10) palaikant ne didesnę nei 400 aps./min greitį. Po 60 min trukusio adsorbcijos valymo dažiklių vandeniniai tirpalai yra išleidžiami per antros nuotekų valymo įrenginio talpos apačioje įrengtą kranėlį (12).



TECHNIKOS SRITIS

Išradimas priklauso įrenginiams, skirtiems nuotekų valymui.

TECHNIKOS LYGIS

Įrenginys, skirtas tekstilės pramonėje naudojamų dažiklių šalinimui iš vandens, užtikrina įrenginio veikimo universalumą ir pritaikomumą esant įvairioms aplinkos ar technologinėms sąlygoms. Kiekvienas elektrodų tipas pasižymi skirtingomis savybėmis, kurios padeda optimizuoti procesą, priklausomai nuo dažiklio savybių. Pavyzdžiui, BDD elektrodai pasižymi aukštu elektrocheminiu stabilumu, o MMO elektrodai gali užtikrinti ilgaamžiškumą ir efektyvumą, todėl įrenginys gali veikti ilgą laiką ir išlaikyti aukštą našumą. Elektrocheminė degradacija leidžia pašalinti dažiklius iš vandens be papildomų cheminių reagentų naudojimo, dėl to sumažėja antrinių atliekų kiekiai ir užtikrinamas proceso tvarumas. Antroje pakopoje naudojamas adsorbcijos metodas su aerogeliu, kuris pasižymi dideliu poringumu. Aerogeliai, kaip aukštos technologijos medžiagos, turi ne tik didelį savitąjį paviršiaus plotą, bet ir unikalią 3D struktūrą, kuri padeda efektyviai adsorbuoti teršalus net esant mažoms dažiklių koncentracijoms. Naudojant perdirbtas medžiagas, ši pakopa taip pat prisideda prie atliekų sumažinimo ir perdirbimo, todėl procesas yra dar tvaresnis. Dviejų pakopų valymo procesas leidžia pasiekti didesnę dažiklių šalinimo efektyvumą, nes kiekviena pakopa atlieka skirtingą, tačiau komplementarią funkciją. Elektrocheminė degradacija sumažina dažiklių koncentraciją, o adsorbcija pašalina likusius teršalus iš vandens.

Šio išradimo prototipu laikytina JAV patentinė paraiška US 2016/0009583 A1, kurioje aprašytas trijų pakopų elektrocheminis įrenginys, skirtas organinių teršalų šalinimui iš nuotekų. Šiame įrenginyje nuotekos iš pradžių apdorojamos elektrokoaguliacijos būdu, naudojant metalinius elektrodus, po to jos patenka į elektrocheminio oksidavimo skyrių, o galiausiai praeina oksidantų šalinimo pakopą. Įrenginys susideda iš atskirų kamerų, kuriose įrengti elektrodai, skysčių cirkuliavimo kanalai, vožtuvai ir valdymo sistema.

Nors šis įrenginys pasižymi pažangia valymo grandine, jo techninė sandara bei paskirtis skiriasi nuo šiame išradime siūlomo įrenginio, kuris apima tik dvi pakopas – elektrocheminę degradaciją ir adsorbciją, atliekamas kompaktiškoje, vientisoje

sistemoje. Be to, šio išradimo unikalumas slypi naudotų adsorbentų kilmėje (aerogeliai, pagaminti iš antrinių žaliavų – popieriaus ir kartono atliekų), taip pat plataus spektro elektrodų (BDD, MMO, grafitas, aliuminis, geležis ir titanas) taikyme. Tokia sudėtis leidžia įrenginiui būti tvaresniu, pigesniu bei tinkamu skirtingo tipo dažiklių šalinimui.

Skirtingai nuo US 2016/0009583 A1 įrenginio, kuris orientuotas į plačius organinių junginių šalinimo sprendimus ir apima papildomą oksidantų neutralizavimo pakopą, šiame išradime pasirinktas efektyvus ir ekologiškas derinys – elektrocheminė degradacija bei adsorbcija – leidžia sumažinti eksploatacines sąnaudas ir pasiekti aukštą valymo efektyvumą (virš 70–90 %) nenaudojant papildomų cheminių reagentų ar membranų. Todėl šis įrenginys sprendžia praktinį poreikį valyti dažikliais užterštas nuotekas mažose ar vidutinėse pramonės įmonėse.

IŠRADIMO ESME

Šio išradimo tikslas – dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginyje didesniu nei 90,0 % efektyvumu galima pašalinti dažiklį kongo raudoną, didesniu nei 80,0 % efektyvumu pašalinti dažiklius rodaminą B ir metileno mėlyną ir didesniu nei 70,0 % efektyvumu pašalinti dažiklį naftolio žalią B. Įrenginyje yra galimybė taikyti skirtingos sudėties elektrodus elektrocheminėje pakopoje. Kaip adsorbentą siūloma naudoti iš popieriaus ir kartono atliekų susintetintą aerogelį, kuris pasižymi dideliu 96,74–99,18 % poringumu ir 0,0110–0,0209 g/cm³ tankiu.

Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginį sudaro:

Dvi identiškos plastikinės talpos: 9,0 cm aukščio, 6,5 cm skersmens. Plastikinių talpų darbinis tūris – 199,09 cm³. Plastikinių talpų apačioje įmontuoti kraneliai, pro kuriuos imami mėginiai bei išleidžiamas dažiklio vandeninio tirpalo tūris iš pirmos talpos į antrą talpą. Angos skersmuo – 2,5 cm. Plastikinės žarnelės, jungiančios talpas, vidinis skersmuo – 1,0 cm, išorinis – 1,5 cm. Ant pirmosios plastikinės talpos dedamas metalinis dangtelis, ant kurio yra pritvirtinta elektrodų pora. Antroje plastikinėje talpoje tarp plastikinių tinklelių įdedama aerogelio kapsulė (0,8 g).

BRĖŽINIŲ PAVEIKSLŲ APRAŠYMAS

1 pav. pateiktas dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginio schematinis vaizdas

išilginiame pjūvyje.

IŠRADIMO REALIZAVIMAS

Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginį sudaro dvi talpos, skirtos elektrocheminės degradacijos ir adsorbcijos tyrimams vykdyti. Pirmoje valymo įrenginio talpoje (1) panardinami skirtingos sudėties elektrodai (2) išdėstomi 0,3–1,0 cm atstumu vienas nuo kito. Elektros energija tiekama per elektros maitinimo šaltinį (4). Dažiklių vandeniniai tirpalai (3), esantys pirmoje valymo įrenginio talpoje nuolat maišomi su magnetine maišykle (6) palaikant ne didesnę nei 400 aps./min greitį. Pasibaigus 60 min trukusiam elektrocheminės degradacijos tyrimui dažiklių vandeniniai tirpalai perpilami į antrąją valymo įrenginio talpą (7) per pirmoje talpoje įmontuotą kranėlį (5). Antroje valymo įrenginio talpoje panardinama aerogelio kapsulė (8) yra prilaikoma plastikiniais tinkleliais (9). Antroje valymo įrenginio talpoje dažiklių vandeniniai tirpalai (11) vykdant adsorbcijos procesą 60 min nuolat maišomi su magnetine maišykle (10) palaikant ne didesnę nei 400 aps./min greitį. Pasibaigus adsorbcijos tyrimui dažiklių vandeniniai tirpalai iš antrosios valymo įrenginio talpos išleidžiami per talpos apačioje įrengtą kranėlį (12).

IŠRADIMO ĮGYVENDINIMO APRAŠYMAS

Išradimas yra skirtas naudoti tekstilės pramonės įmonėse, pritaikant jį pagal įmonėje sugeneruojamą nuotekų kiekį. Įrenginys turi būti montuojamas gerai vėdinamoje patalpoje. Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginys įrengiamas patalpoje, kurioje yra įdiegta elektros instaliacija.

Įrenginio veikimo principas

Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginio veikimo principas paremtas elektrocheminio ir adsorbcijos metodų veikimo kombinacija. Taikant skirtingos sudėties elektrodus (2) išdėstytus monopoline seka 0,3–1,0 cm atstumu vienas nuo kito pirmoje įrenginio talpoje (1) vykdoma elektrocheminė degradacija. Elektros energija reikalinga elektrocheminiam valymui tiekama per elektros maitinimo šaltinį (4). Taikant aliuminio, geležies arba titano elektrodus vyksta elektrocheminė koaguliacija, kurios metu į dažiklių vandeninį tirpalą (3) išsiskyrę metalo katijonai formuoja hidroksidus. Susidarę

metalo hidroksidai sudaro flokus su dažiklių dalelėmis, kurios nusėda tirpalo dugne. Nufiltravus tirpalą atskiriamos nusėdusios dažiklių dalelės nuo likusio tirpalo. Taikant BDD, MMO ir grafito elektrodus vyksta elektrocheminė oksidacija, kurios metu organiniai dažikliai skaidomi iki neorganinių junginių. Pirmoje talpoje esantis dažiklio vandeninis tirpalas yra nuolat maišomas su magnetine maišykle (6), kuri palaiko 400 aps./min greitį. Po 60 min trukusio elektrocheminio valymo, dalinai išvalytas dažiklio tirpalas išleidžiamas iš pirmosios plastikinės talpos į antrąją per pirmoje talpoje įmontuotą kranelį (5). Antroje įrenginio talpoje (7) panardinama 5,0 % celiuliozės savo masėje nuo bendros masės turinti aerogelio kapsulė (8), kuri įtvirtinama tarp plastikinių tinkelių (9). Tinkeliai neleidžia lengvai aerogelio kapsulei iškilti į paviršių arba būti pažeistai dažiklio tirpalo maišymo metu besisukančios konstrukcijos dalimis. Žemiau antrosios įrenginio talpos esanti dar viena magnetinė maišyklė (10) palaiko 400 aps./min greitį. Antroje talpoje esantis vandeninis dažiklio tirpalas (11) po 60 min trukusios adsorbcijos yra išleidžiamas per talpos apačioje įrengtą kranelį (12).

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginys skirtas sintetinių dažiklių šalinimui iš vandeninių tirpalų, p a s i ž y m i n t i s tuo, kad jį sudaro dvi nuosekliai sujungtos pakopos, iš kurių pirmoji yra elektrocheminė pakopa su įtaisytais elektrodais plastikinėje talpoje, prijungtais prie elektros maitinimo šaltinio, o antroji – adsorbcinė pakopa, užpildyta aplinkai draugišku adsorbentu, pagamintu iš popieriaus ir kartono atliekų, aerogeliu, besiskiriantis tuo, kad turi paprastesnę, dviejų pakopų konstrukciją be papildomos oksidantų šalinimo zonos, pritaikytas konkrečių dažiklių valymui, o ne bendram organinių medžiagų mažinimui.

2. Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginys pagal 1 apibrėžties punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pirmoje nuotekų valymo įrenginio talpoje elektrodai yra išdėstyti monopoline seka.

3. Dviejų nuoseklių pakopų valymo įrenginys pagal 1 apibrėžties punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad antroje nuotekų valymo įrenginio talpoje panardinto adsorbento aerogelio sudėtyje gamybos metu panaudoti 5,0 % celiuliozės.

