

Galimybė metalų paviršiaus apdorojimo metu susidaranti dumblą stabilizuoti miltelinių dažų atliekomis

A. Minikauskas, J. Nedzelskis, G. Denafas

Kauno technologijos universitetas,
Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas, Lietuva
E. paštas: Gintaras.Denafas@ktu.lt

crossref <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.60.2.1718>

Gauta 2012 m. balandžio 3 d.; priimta spaudai 2012 m. gegužės 17 d.

Miltelinio dažymo procese susidaro dviejų pramoninių atliekų rūšys – metalų paviršiaus paruošimo metu gaunamas dumblas ir netinkami naudoti milteliniai dažai. Paprastai šios miltelinių dažų atliekos prieš šalinant yra sukepinamos ir paverčiamos kieta mase.

Darbe buvo tiriama galimybė miltelinių dažų atliekas panaudoti metalų paviršiaus paruošimo – fosfatavimo – metu susidaranti dumblui stabilizuoti. Buvo ištirtos fosfatavimo dumblo savybės prieš stabilizavimą ir sunkiųjų metalų išsiplovimas iš sukeptų bandinių. Taip pat buvo nustatytas heksane tirpių medžiagų (naftos angliavandenilių) kiekis dumble ir stabilizate. Atlikti tyrimai parodė, kad metalų paviršiaus paruošimo metu susidaranti dumblo sukepinimas su miltelinių dažų atliekomis nėra tinkamas sunkiųjų metalų ir naftos produktų stabilizavimo metodas, nes neužtikrina reikiamo sunkiųjų metalų išsiplovimo: Zn išsiplaukumą sumažina 67 %, Fe – 54 %, Cu – tik 42 %.

Įvadas

Miltelinio dažymo technologijos vis plačiau keičia ne tik tirpiklinius dažus, bet netgi ir dalinai galvanines dangas. Dažykllose susidaranti netinkamų naudoti miltelinių dažų bei paviršių paruošimo atliekos turi būti saugiai šalinamos. Prieš šalinant sąvartynuose naudojimui nebetinkamus dažų miltelius (kad jie nepasklistų į aplinką) paprastai jie sukepinami ir gaunami įvairaus dydžio kieti blokai. Savo ruožtu metalų paviršių paruošimo atlieka – fosfatavimo proceso neutralizavimo dumblas yra pavojingas, nes jo sudėtyje yra tepalų ir sunkiųjų metalų. Tokios rūšies atliekos turi būti stabilizuojamos.

Literatūroje dažnai pasitaiko įvairių ganėtinai neaiškių terminų. Šiame darbe terminai stabilizavimas ir sukietinimas vartojami taip, kaip apibrėžta rekomendaciniame dokumente (Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries) [1]. Stabilizavimas – tai procesas, kurio metu teršalai (pvz., sunkieji metalai) yra dalinai arba visiškai surišami pridėjus specialios terpės, rišiklių ar kitokių modifikatorių. Sukietinimo metu pakeičiamos fizikinės atliekų savybės (vertinant pagal jų inžinerines savybes – atsparumas, suslegiamumas, ir/arba pralaidumas). Terminas sukietinimas (kaip ir kapsulavimas arba fiksavimas) susijęs su atliekų maišymu su reagentais, siekiant išgauti kietas medžiagas (mažai porėtas, nelaidžias), kurias būtų saugu šalinti sąvartynuose.

Pavojingos atliekos gali būti stabilizuojamos polimerinėse matricose. J. K. Shaw ir kt. [2] bei T. S. Singh ir K. K. Pant [3] aprašo arseno turinčių atliekų stabilizavimą polimerinėje matricoje, tam jie naudojo polistireninės-butadieninės gumos ir epoksidinės dervos mišinį (1 : 1). V. Bednarik ir kt. [4] galvaninių atliekų, kurios kilme artimos fosfatavimo atliekoms, stabilizavimui/su-

kietinimui naudoja asfalto emulsijas. Asbesto turinčių stabdžių trinkelė dulkių stabilizavimui/sukietinimui Y. M. Chan ir kt. [5] naudojo dviejų rūšių polimerines dervas. Gauti palankūs rezultatai, tačiau metodas ekonomiškai nepriimtinas dėl panaudotų dervų brangumo. Lakiųjų pelenų stabilizavimą polietilentereftalato matricoje tyrė F. G. Pacheco [6].

Antra vertus, kaip užpildas įvairiems polimerams gali būti panaudotos įvairios mineralinės atliekos [7, 8] arba kitokios smulkių frakcijų mineralinės medžiagos [9, 10], siekiant vienaip ar kitaip paveikti jų savybes [11–14].

A. C. Abhyankar ir kt. [15] aprašo naudoti netinkamų miltelinių dažų panaudojimą kompozicinių medžiagų (medžio drožlių plokščių) gamybai, taip pat tokiai technologijai yra išduoti patentai [16, 17]. Šaltinyje [18] nurodyti dažų atliekose aptinkamų metalų ir metalų oksidų kiekiai (1 lent.).

1 lentelė. Miltelinuose dažuose esančių metalų ir metalų oksidų kiekiai [18]

Junginys	% pagal masę	Elementas	% pagal masę
Fe ₂ O ₃	4,04	Ba	0,006093
K ₂ O	0,16	Sr	0,000143
TiO ₂	4,48	Y	0,000001
CaO	15,29	Zr	0,000172
SiO ₂	39,87	Cr	0,001800
MgO	24,09	Hf	0,0000045
Al ₂ O ₃	5,26	Sb	0,0000226
N ₂ O	0,16	Cu	0,000013
P ₂ O ₅	6,64	Pb	0,001261
		Zn	0,018903
		Ni	0,000010
		Cd	0,0000013

Remiantis šaltiniuose [19, 20] pateiktomis dažų charakteristikomis bei cheminio atsparumo palyginimu galima daryti pirminę prielaidą, kad miltelinių dažų atliekos gali būti tinkamos stabilizuoti fosfatavimo dumblą.

Darbo tikslas buvo nustatyti ar masėje sukepinatos miltelinių dažų atliekos gali būti tinkama matrica metalų paviršiaus apdirbimo dumblui stabilizuoti ir ar ši matrica užtikrintų šimtaprocentinį sunkiųjų metalų išplaunamumą.

Metodika

Tyrimams fosfatavimo dumblas buvo gautas iš dviejų Lietuvos įmonių (2 lent.). Pirmasis pavyzdys – dumblas iš kristalinio fosfatavimo vonios. Kristalinio fosfatavimo dumblo sudėtis praktiškai visada būna vienoda, didžiąją jo dalį sudaro kalcio ir geležies fosfatai. Iš kitos įmonės gauti du dumblo pavyzdžiai – iš dviejų skirtingų fosfatavimo proceso tirpalų neutralizavimo ciklą. Dumblas įmonėje susidaro fosfatavimo tirpalo keitimo metu. Panaudotas tirpalas neutralizuojamas pridendant gesintų kalkių, išmaišomas ir nusistojęs tirpalas filtruojamas per filtrą. Kiekvieną kartą susidarantį dumblo sudėtis nėra visiškai vienoda. Ji priklauso nuo to, kiek ir kurios rūšies metalo (šaltai ir karštai valcuotas plienas, karštai cinkuotas plienas) buvo apdorota fosfatavimo eksploatacijos metu, ar nebuvo dedama koreguojančių priedų: PAM, katalizatoriaus – natrio molibdato, pH reguliuojančių medžiagų – fosforo rūgšties ar natrio karbonato ir

pan. Prieš džiovinimą buvo nustatytas dumblo drėgnis pagal medžiagos masės prieš džiovinimą ir po išdžiovinimo 105 °C temperatūroje skirtumą. Tolesni tyrimai atlikti su išdžiovintu dumbliu. Dumblas buvo džiovinamas laboratorinėje džiovinimo spintoje (СТЕРИЛИЗАТОР СУХОЖАРОВЫЙ СС200М) 105 °C temperatūroje iki pastovios masės. Išdžiovintas ir susmulkintas dumblas buvo persijotas per 0,5 mm sieta, tuomet nustatytas jo piltnis tankis.

SEM analizė buvo atlikta naudojant FEI firmos skenuojantį elektroninį mikroskopą *Quanta 200 FEG*. Kadangi gamybinio proceso metu į technologines vonias kartu su apdorojamomis detalėmis patenka įvairių konservavimo tepalų ir aušinimo emulsijų liekanų, kurie vėliau patenka į dumblą, dumble esančių heksane tirpių medžiagų kiekis buvo nustatomas Soksleto ekstrakcijos metodu. Tyrimams buvo paimta apie 1 g dumblo, ekstrahuota heksanu 3 h. Heksane tirpių medžiagų kiekis nustatytas pagal kolbos masės skirtumą prieš ekstrahavimą ir po jo.

Dumblo sudėčiai įvertinti buvo atlikta rentgeno spinduliuotės difrakcinė ir skenuojančios elektroninės mikroskopijos analizė.

UAB „Elameta“ ir UAB „Baltic Industrial Coating“ dumble esančių metalų koncentracija buvo nustatyta Vilniaus universiteto Chemijos fakulteto Analizinės ir aplinkos chemijos katedroje indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometru *Perkin Elmer Optima 7000DV*.

2 lentelė. Dumblo apibūdinimas

Nr	Dumblo susidarymo vieta	Gamybinis procesas	Spalva	Išvaizda	Drėgnis (prieš džiovinimą), %	Piltinis tankis (išdžiovinto ir persijoto dumblo), kg/dm ³
1	UAB „Elameta“	Kristalinis fosfatavimas prieš kataforezinį dažymą	Gelsva	Grumsteliai	25,44	0,447
2	UAB „Baltic Industrial Coating“	Amorfinis fosfatavimas prieš miltelinių dažymą	Ruda	Kieta pasta	58,02	0,428
3			Ruda	Minkšta pasta	69,11	0,427

Dažyklose naudojami milteliniai dažai poliesterinių, epoksidinių, poliuretaninių ir poliakrilinių dervų pagrindu. Dažymo metu susidarantios ir filtrais iš gamybinės ventiliacijos sistemų pašalintos dažų atliekos tampa netinkamos tolesniam naudojimui dėl užsiteršimo dulkėmis, kitos spalvos milteliais ir pan. Netinkami naudoti milteliniai dažai išlaiko šias šviežių dažų charakteristikas: geras atsparumas korozijai, terminis ir cheminis atsparumas bei juose esančių lakiųjų organinių junginių labai mažas kiekis. Dažų sudėtis labai įvairi, ji priklauso nuo spalvos, dervos, užpildų, blizgodarių bei struktūrizuojančiųjų priedų. Kadangi netgi ir vienoje įmonėje per dieną dažoma kelių spalvų bei skirtingų gamintojų dažais, praktiškai dažų atliekų sudėtis kiekvieną dieną yra kitokia. Vizualiai tai smulkūs lakūs pilki milteliai su pastebimomis kitų spalvų dalelėmis.

Iš pradžių buvo nustatytas metalų jonų išsiplovimas iš miltelinių dažų atliekų distiliuotame vandenyje bei heksane tirpių medžiagų kiekis.

Toliau dažų atliekos buvo įvairiais santykiais maišomos su fosfatavimo dumbliu ir sukepinamos įvairiose temperatūrose. Tolesniems tyrimams buvo atrenkami vizualiai vientisi bandiniai, be didelių dumblo dalelių aglomeratų paviršiuje. Parinktiems sukepintiems bandiniams buvo nustatomas metalų išplovimas distiliuotame vandenyje bei heksane tirpios medžiagos ir įvertintas šių parametrų pokytis, palyginti su neapdorotu dumbliu. Išplovos buvo analizuojamos atominės absorbcijos spektrometru *PERKIN-ELMER 403*. Vizualiam dumblo stabilizavimo miltelinių dažų atliekomis mikroskopu *Olympus BX41* buvo atliktos mikroskopinės nuotraukos (padidinta $\times 50$).



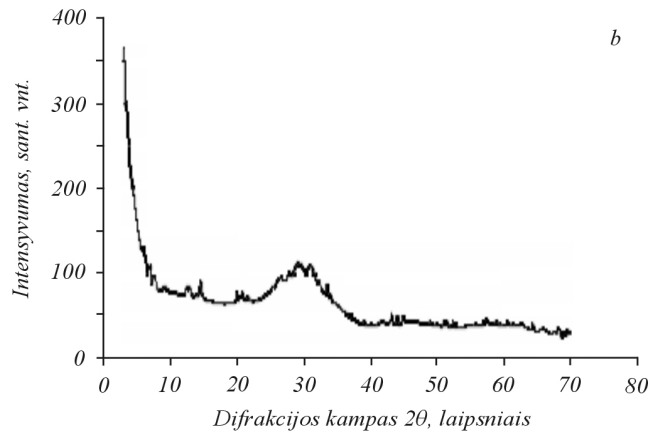
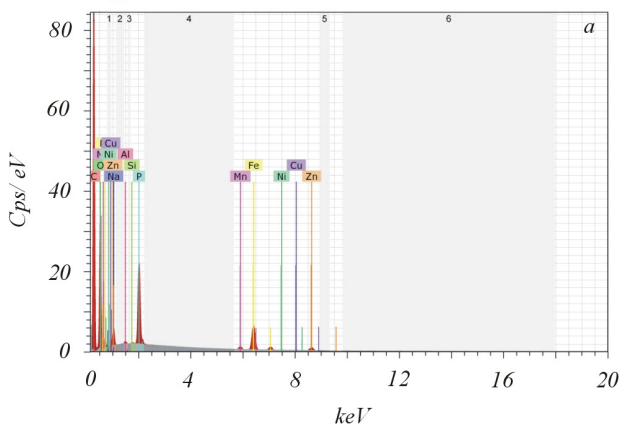
1 pav. Fosfatavimo dumblas iš UAB „Elameta“ (a) ir „Baltic Industrial Coating“ (b)

Rezultatai ir jų aptarimas

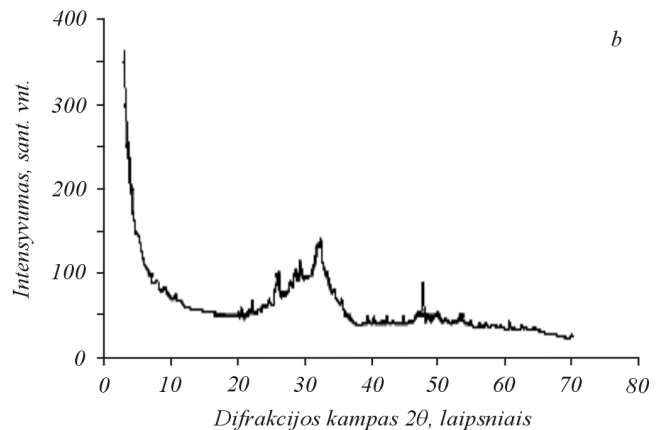
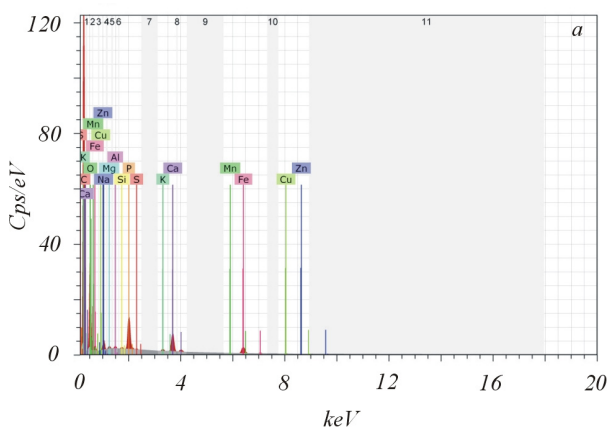
SEM analizės metu užrašytame taškiniame EDS spektre matyti fosforo, geležies, cinko, fosforo ir deguonies smailės (1–4 pav., a). Atlikta rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė (1–4 pav., b) parodė, kad pirmąjį dumblą sudaro amorfinių medžiagų mišinys. Dumblų rentgeno-

gramoje matyti viena plati juosta, kurią sudaro persidengiančios įvairių junginių smailės, tai neleidžia tiksliau identifikuoti dumblų komponentų.

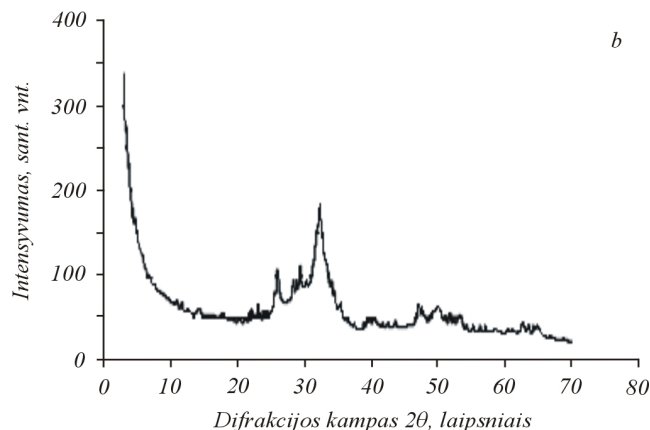
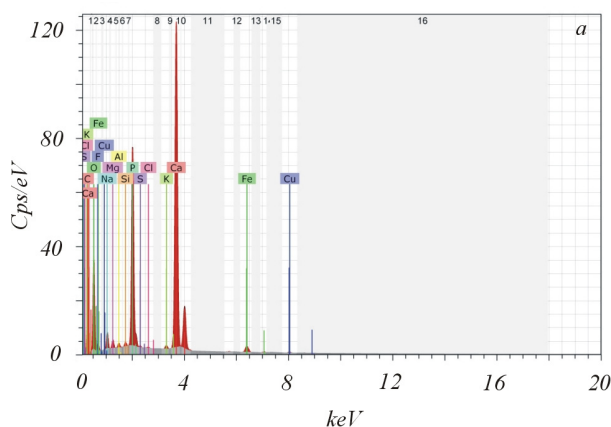
Antrojo ir trečiojo dumblų mėginių spektruose matyti hidroksiapatitui $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ bei kalcio fosfatui $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$ būdingos smailės.



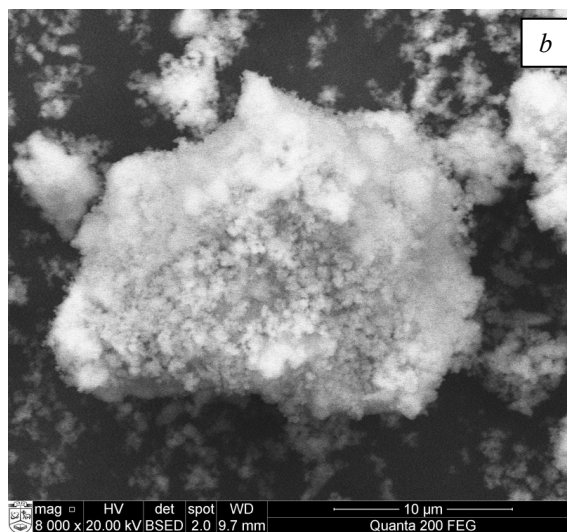
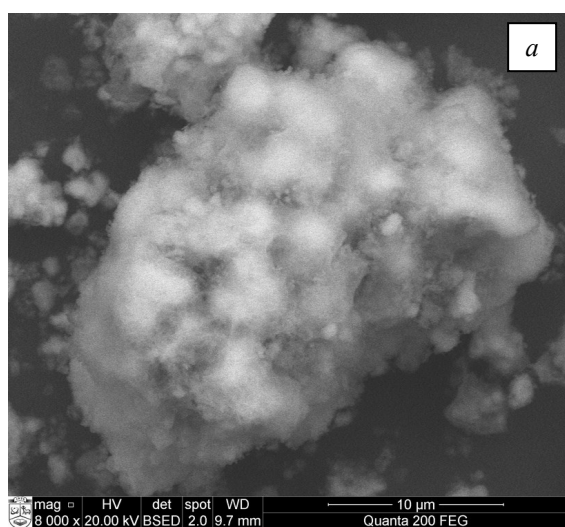
2 pav. Pirmojo dumblų mėginio EDS analizė (a) ir rentgeno difraktograma (b)



3 pav. Antrojo dumblų mėginio EDS analizė (a) ir rentgeno difraktograma (b)



4 pav. Trečiojo dumblo mėginio EDS analizė (a) ir rentgeno difraktograma (b)



5 pav. UAB „Elameta“ (a) ir UAB „Baltic Industrial Coating“ (b) dumblo SEM nuotraukos

SEM nuotraukos patvirtina iš rentgenogramų daromą išvadą, kad dumblas yra amorfinės struktūros (5 pav.).

Įvertinus tirpalams ruošti naudojamų koncentratų sudėtį (Na, K, Zn hidrofosfatai, fosforo rūgštis), apdorojamus metalus (anglinis ir mažai legiruotas plienas, kuriame, be geležies, dar gali būti mangano, nikelio,

chromo) bei nuotekų neutralizavimo metodą (neutralizavimas gesintomis kalkėmis, kurių sudėčiai nėra keliami griežtų reikalavimų) nustatyta, kad į tirpalus, o vėliau į nuotekas ir dumblą patenka 8 metalai: Na, K, Ca, Fe, Zn, Mn, Ni, Cu. 3 lentelėje pateikti metalų koncentracijos fosfatavimo dumbluose tyrimo rezultatai.

3 lentelė. Fosfatavimo dumblo pavyzdžiuose nustatyti metalų koncentracijos (%)

Dumblo susidarymo vieta	Na	K	Ca	Zn	Fe	Mn	Ni	Cu
UAB „Elameta“	0,527	0,163	4,000	0,609	1,930	0,364	0,1110	0,0015
UAB „Baltic Industrial Coating“	0,289	0,039	19,700	0,099	0,905	0,011	0,0017	0,1330
	0,820	0,190	1,830	0,290	1,880	0,070	0,0000	0,3400

Siekiant nustatyti tinkamiausią dumblo/dažų maišymo santykį ir kaitinimo temperatūrą tiriamieji dumblai buvo maišomi santykiškai nuo 1 : 9 iki 7 : 3 ir kaitinami temperatūrose nuo 100 iki 180 °C. Milteliniai dažai, purškiami ant paviršiaus, sudaro glotnią vientisą ir neakytą dangą, puikiai saugančią metalą nuo korozijos. Buvo

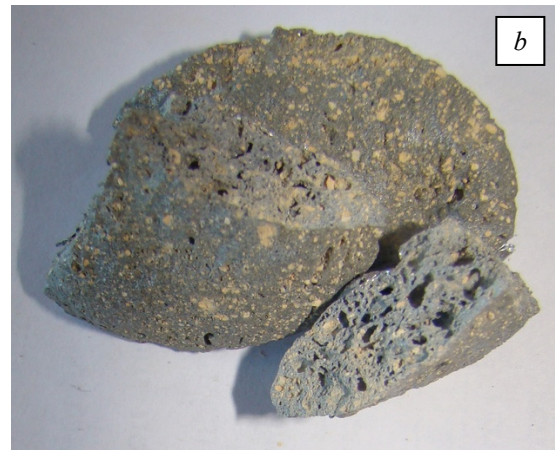
laukta, kad ir sukepinami bandiniai gausis vientisi. Tačiau sukepinimo metu bandiniai prieš kietėdami putojo, dumblo dalelės „išplaukdavo“ į paviršių, masėje susidarydavo daug tuščių ertmių. Galima daryti prielaidą, kad ploname sluoksnyje dažų polimeriniame komponente (dervoje) likę lakūs junginiai spėja pasišalinti dažams kurį laiką

būnant skystiems. Mūsų atveju, kai buvo dirbama su storesniais bandiniais, monomerų liekanos nespėdavo pasišalinti ir formuodavo poras. Porų susidarymą taip pat skatino iš dumblo išsiskiriantis atskilęs kristalizacinis vanduo, kuris nepašalinavo dumblo džiovavimo tempera-

tūroje (105 °C). Reikia pažymėti, kad įmaišomo dumblo sudėtis sukepinatos masės struktūrai vizualiai įtakos neturėjo. Pastebėta tik temperatūros ir maišymo santykio įtaka. Šio bandymo rezultatai pateikiami 4 lentelėje.

4 lentelė. Dumblo ir dažų atliekų maišymo santykiai ir sukepinimo temperatūra

Maišymo santykis	Temperatūra, °C	Bandinio apibūdinimas
9 : 1	100	Kietas, pradėjęs polimerintis, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8,5 : 1,5		Kietas, suskeldėjęs, pradėjęs polimerintis, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios visame bandinio tūryje.
8 : 2		Kietas, suskeldėjęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinį.
7,5 : 2,5		Trapus, suskeldėjęs, aiškiai matyti dumblo dalelių aglomeratai, tolygiai pasiskirstę po visą bandinio tūrį.
7 : 3		Labai trapus, suskeldėjęs, dumblo aglomeratai didesni, tolygiai pasiskirstę po visą bandinio tūrį.
9 : 1	120	Kietas, paviršius susipolimerizavęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8,5 : 1,5		Kietas, paviršius vietomis susipolimerizavęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8 : 2		Kietas, trapus, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
7,5 : 2,5		Trapus, suskeldėjęs, didesni dumblo dalelių aglomeratai pasiskirstę po visą bandinio tūrį.
7 : 3		Labai trapus, birus, sueižėjęs, didesnės dumblo dalelės pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
9 : 1	140	Kietas, beveik susipolimerizavęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8,5 : 1,5		Kietas, pradėjęs polimerizuotis, suskeldėjęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8 : 2		Kietas, suskeldėjęs, dumblas tolygiai pasiskirstęs po visą bandinio tūrį.
7,5 : 2,5		Trapus, suskeldėjęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirstęs po visą bandinio tūrį.
7 : 3		Labai trapus, dumblas – stambiais aglomeratais pasiskirstęs po visą bandinio tūrį.
9 : 1	160	Kietas, beveik visas polimerizavęsis, pradėjęs putoti, labai sunkiai atsiskiria nuo kepimo paviršiaus, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8,5 : 1,5		Kietas, beveik visas polimerizavęsis, pradėjęs putoti, labai sunkiai atsiskiria nuo kepimo paviršiaus, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
8 : 2		Kietas, beveik visas polimerizavęsis, pradėjęs putoti, labai sunkiai atsiskiria nuo kepimo paviršiaus, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.
7,5 : 2,5		Kietas, trapus, sueižėjęs, pradėjęs putoti, dumblo dalelės pasiskirsčiusios po visą tūrį, bet dauguma jų iškilusios į paviršių.
7 : 3		Kietas, trapus, pradėjęs eizėti, dumblo dalelės pasiskirsčiusios po visą tūrį, bet dauguma jų iškilusios į paviršių.
9 : 1	180	Kietas, bandinys – akytas, susipolimerizavęs, sunkiai atsiskiria nuo kepimo paviršiaus, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą tūrį.
8,5 : 1,5		Kietas, bandinys – akytas, susipolimerizavęs, sunkiai atsiskiria nuo kepimo paviršiaus, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą tūrį.
8 : 2		Kietas, bandinys – akytas, susipolimerizavęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą tūrį.
7,5 : 2,5		Kietas, vidus – akytas, susipolimerizavęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą tūrį.
7 : 3		Trapus, sueižėjęs, dumblo dalelės tolygiai pasiskirsčiusios po visą bandinio tūrį.



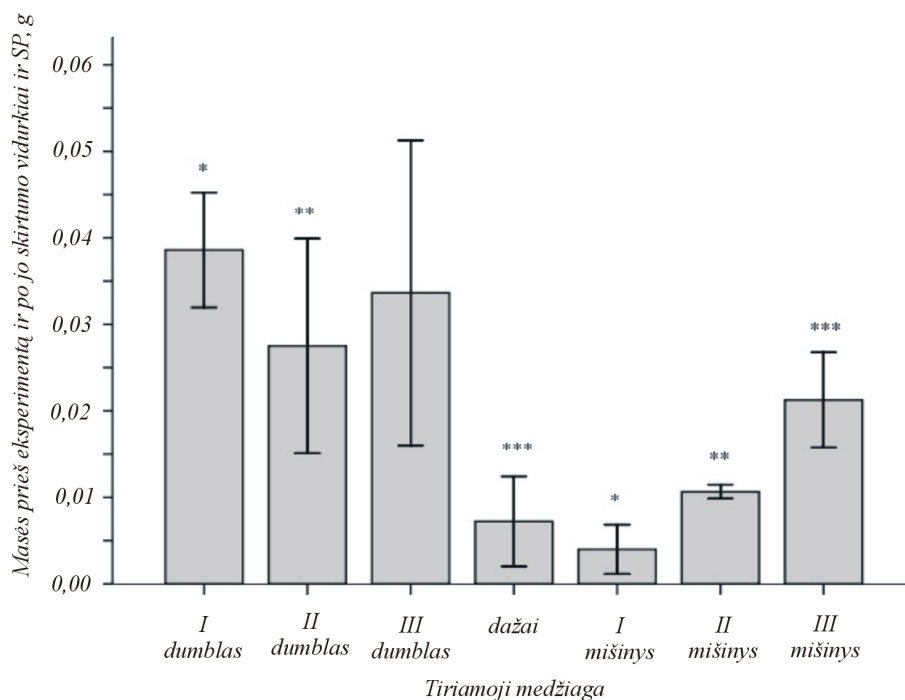
6 pav. Sukepintas dumblo ir dažų mišinys santykiu 7,5 : 2,5 (140 °C) (a) ir sukepintas dumblo ir dažų mišinys santykiu 8 : 2 (180 °C) (b)

Daugeliu atvejų gavosi porėta ir trapi masė su plika akimi matomais dumblo grumsteliais paviršiuje. Tokia struktūra neužtikrina gero sunkiųjų metalų stabilizavimo, nes dumblo dalelės ir toliau išlieka nepakitusios ir nepadengtos polimero sluoksniu. Tolesniems tyrimams buvo atrinkti vientisos struktūros ir glotnaus paviršiaus bandiniai iš mišinio, sumaišyto santykiu 1 dalis dumblo su 9 dalimis dažų atliekų ir sukepinti 140 °C temperatūroje.

Kadangi gamybos metu į darbinius tirpalus patenka įvairių tepalų ir riebalinių medžiagų, todėl buvo nustatomas heksane tirpių medžiagų (naftos angliavandenilių) kiekis dumble. Taip pat heksane tirpių medžiagų kiekis buvo nustatomas dažų atliekose bei stabilizate. Duomenys pateikti 5 lentelėje ir pavaizduoti histogramoje (7 pav.).

5 lentelė. Heksane tirpių medžiagų kiekiai dumble ir jo stabilizate milteliniais dažais

Tiriamoji medžiaga	Dažai	I dumblo mėginys	I stabilizatas	II dumblo mėginys	II stabilizatas	III dumblo mėginys	III stabilizatas
Išsiplovės kiekis, %	0,0803	3,7468	0,0398	2,6914	0,1061	3,285	0,2116
Išsiplovės kiekis, mg/kg (SM)	7,200	38,600	4,000	27,400	10,600	34,200	21,200



7 pav. Heksane tirpių medžiagų kiekis (*, **, *** – standartinė paklaida)

Sunkiųjų metalų išplovimas nustatytas tiriant dumblius, miltelių atliekas bei sukepintą dumblo / dažų mišinį (stabilizatą) (santykis 1 : 9, 140 °C). Tyrimai buvo atlikti pagal standartą DIN 38414-S4. Išplovose nebuvo matuojamos Na, K, Ca koncentracijos. Buvo aptikti Zn, Fe ir

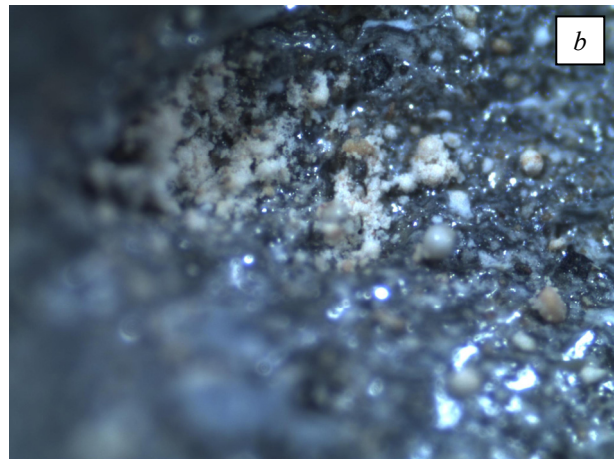
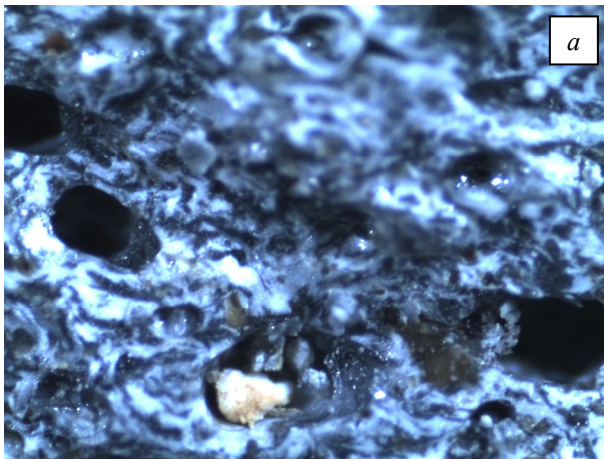
Cu. Mangano ir nikelio koncentracijos nesiekė prietaiso aptikimo ribos. Cinko, geležies ir vario koncentracija išplovose buvo nustatoma atominės absorbcijos metodu. 6 lentelėje pateikti iš dumblių ir stabilizatų išsplovusių metalų kiekiai.

6 lentelė. Išsplovusių metalų kiekis (mg/kg SM)

Tiriamoji medžiaga	Dažai	I dumblo mėginys	I mišinys	II dumblo mėginys	II mišinys	III dumblo mėginys	III mišinys
Zn	0,227	2,017	0,652	1729,000	99,131	2,839	0,358
Fe	0,485	4,337	1,395	77,878	0	5,206	2,392
Cu	0	1,264	0	2,761	1,591	1,910	0,422

Mikroskopu „Olympus BX41“ padarytose tirtose sukepinto dumblo / dažų mišinio nuotraukose matyti (8 pav.),

kad sukepinta masė yra akyta. Birius dumblo grumstelius apsupę susipolimerizavę dažai.



8 pav. Mikroskopinės sukepinto dažų ir dumblo mišinio nuotraukos: a – poros, b – biraus dumblo intarpas

Išvados

1. Nustatyta, kad dviejų skirtingų medžiagų sukepimas vyksta kitokiomis sąlygomis nei metalinių paviršių dažymas. Sukepintas miltelių dažų atliekų ir fostavimo dumblo mišinys yra akyta, nevientisa medžiaga, su plika akimi matomais dumblo grumsteliais.
2. Nustačius fosfatavimo dumblose ir jų stabilizatuose esančių heksane tirpių medžiagų (pagrindė naftos produktų) kiekius matyti, kad pastarųjų išsiskyrimas minėto tirpiklio terpėje sumažėja nuo 15 iki 95 kartų.
3. Ištyrus sukepintų miltelių dažų atliekų ir fosfatavimo dumblo mišinių vandenines išplovas paaiškėjo, kad Zn išplauanamumas sumažėjo 67 %, Fe – 54 %, Cu – 42 %.
4. Sukepintam miltelių dažų atliekų ir fosfatavimo dumblo mišiniui nėra būdingas šimtaprocentinis teršalų (naftos produktų ir sunkiųjų metalų) išplauanamumo sumažėjimas, dėl to šis metodas nelaikytinas pakankamai efektyviu metalų paviršiaus fosfatavimo metu susidarantiame dumbliui stabilizuoti.

Literatūra

1. Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, August 2006.
2. **Shaw J. K., Fathordoobadi S., Zelinski B. J. et al.** Stabilization of arsenic-bearing solid residuals in polymeric matrices // Journal of Hazardous Materials. April 15 2008. Vol. 152, Issue 3. P. 1115–1121.
3. **Singh T. S., Pant K. K.** Solidification/stabilization of arsenic containing solid wastes using portland cement, fly ash and polymeric materials // Journal of Hazardous Materials. April 2006. Vol. 131, Issues 1–3, 17. P. 29–36.
4. **Bednarik V., Vondruska M., Koutny M.** Stabilization/solidification of galvanic sludges by asphalt emulsions // Journal of Hazardous Materials. 2005. B122. P. 139–145.
5. **Chan Y. M., Agamuthu P., Mahalingam R.** Solidification and stabilization of asbestos brake lining dust using polymeric resins // Environmental Engineering Science. Jul–Aug 2000. Vol. 17, Issue 4. P. 203–213.
6. **Gonçalves Pacheco F., Cota S. D. S., da Silva T. V., Senne M. Jr.** Avaliação do uso de poli(terefalato de etileno) (PET) como matriz de imobilização de cinzas de incineradores (Assessment of the use of polyethylene

- terephthalate (PET) as matrix for immobilization of incinerator ash) // *Quim. Nova*. 2009. Vol. 32, N 9. P. 2294–2298.
7. **Kowalska E., Wielgosz Z.** The Use of phosphogypsum as a filler for thermoplastics, Part I: The use of phosphogypsum as a filler for polyolefine compositions // *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2002. Vol. 21. P. 1013–1026.
 8. **Kowalska E., Kawinska B.** The use of phosphogypsum as a filler for thermoplastics, Part II: Phosphogypsum as a filler for polyamide 6 and for PVC // *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2002. Vol. 21. P. 1043–1052.
 9. **Järvelä P. A., Shucai L. K., Järvelä P. K.** Dynamic mechanical and mechanical properties of polypropylene/poly(vinyl butyral)/mica composites // *Journal of Applied Polymer Science*. 6 September 1997. Vol. 65, Issue 10. P. 2003–2011.
 10. **Järvelä P. A., Järvelä P. K.** Multicomponent compounding of polypropylene // *Journal of Materials Science*. 1996. Vol. 31. P. 3853–3860.
 11. **Minster J., Hristova J.** Long-term behavior of mineral-filled polymer composites modeled by discrete spectra // *Rheol. Acta*. 1994. Vol. 33. P. 203–209.
 12. **Hristova J., Valeva V., Ivanova J.** Aging and filler effects on the creep model parameters of thermoset composites // *Composites Science and Technology*. 2002. Vol. 62. P. 1097–1103.
 13. **Hristova J., Minster J.** Effect of a filler on the long-term mechanical behavior of an epoxy matrix/mineral particle composite // *Polymer Composites*. April 1997. Vol. 18, N 2. P. 232–236.
 14. **Kwon S.-C., Adachi T., Araki W., Yamaji A.** Effect of composing particles of two sizes on mechanical properties of spherical silica-particulate-reinforced epoxy composites // *Composites*. 2008. Part B 39. P. 740–746.
 15. **Abhyankar A. C., Edmonds N. R., Eastal A. J.** Use of waste powder coatings as binders for the manufacture of composite materials // *Ecosystems and Sustainable Development VI*, WIT Press 2007. P. 493–502.
 16. **Tyssen S.** US Patent 5852102. 1998.
 17. **Tyssen S., Schmitt W., Hilmes D.** US Patent 6008150, 1999.
 18. **Basegio T., Machado A., Bernardes A. M., Bergmann C. P.** Electrostatic painting residues as an alternative raw material for red clay industry // *Waste Manag. Res.* 2006. Vol. 24. P. 537–544.
 19. *Concise Guide to Powder Coatings*. 1999. April. Issue 1. P. 19.
 20. **Lehr W. D.** *Powder Coating Systems*. McGraw-Hill Inc. NY, 1991. P. 29.

A. Minikauskas, J. Nedzelskis, G. Denafas

POSSIBILITY OF USING WASTE PAINTING POWDER FOR METAL SURFACE FINISHING SLUDGE STABILIZATION

S u m m a r y

The process of powder coating produces two kinds of waste: metal surface finishing sludge and waste painting powder. Before disposal, waste painting powder is sintered and converted into a solid mass.

This study deals with the possibility to use waste painting powder for metal surface finishing (phosphating) sludge stabilization. Tests for heavy metal leaching from three different kinds of phosphating sludge and from sintered samples were carried out. The content of hexane-soluble substances in the sludge and in stabilized samples was also tested. The investigation has shown that waste painting powder sintering is not suitable for metal finishing sludge stabilization because by this method the leachability of Zn was reduced by 67%, of Fe by 54% and of Cu by only 42%.