

AKUSTINIO LAUKO ĮTAKOS AEROZOLIO ŠALINIMO EFEKTYVUMUI TYRIMAS

Laura Stukaitė¹, Ina Tetsman², Vladas Vekteris³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas:¹ laura.stukaite@gmail.com; ²ina.tetsman@vgtu.lt; ³vekteris@vgtu.lt

Santrauka. Atliktas kenksmingų garų (aerозolio), patenkančių į aplinką nuo galvaninių vonių, tyrimas, kai jiems šalinti naudojamas aktyvintasis šoninis siurbtuvas su oro srautu, kuris suformuoja akustinį lauką virš vonios. Parodyta, kad oro drėgnumas kinta nereikšmingai esant skysčio temperatūroms iki 85 °C, kai kartu su siurbimu naudojami aeroakustiniai srautai, dėl kurių pasireiškia akustinė koaguliacija. Nustatyta, kad aerозoliui pakilus virš skysčio, vyksta koaguliacija, ir jis, nepasklidęs į aplinką, sugrįžta į skystį. Aptariami aktyvintieji šoniniai siurbtuvai pagal formą ir efektyvumą surenkant teršalus. Analizuojama drėgnumo priklausomybė nuo skysčio temperatūros, veikiant išoriniams veiksniams: siurbimui; siurbimui ir pūtimui; siurbimui, pūtimui ir akustiniam laukui. Atlikta sukuriamo akustinio lauko parametrų analizė: garso slėgio intensyvumo ir garso slėgio lygio pasiskirstymas dažnio srityje.

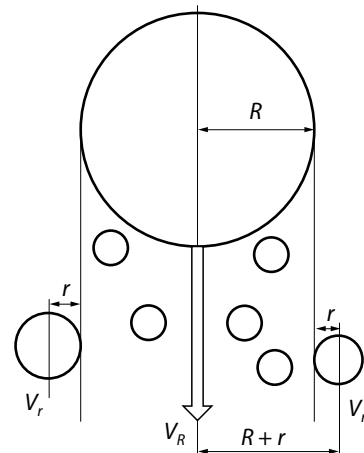
Reikšminiai žodžiai: siurbtuvas, akustinis laukas, aerозolis.

Įvadas

Pastaruoju metu pramonė pasaulyje sparčiai plečiasi ir intensyviau naudojamos galvanizacijos technologijos, todėl daug dėmesio skiriama išmetamoms į aplinką medžiagoms. Elektrocheminio proceso metu išskiriamos kenksmingos medžiagos šalinamos šoniniais siurbtuvais (STR ... 1998). Šie įtaisai skirti teršalų sklidimui lokalizuoti ir nusiurbti susidarymo vietoje, kad kenksmingų medžiagų koncentracija darbuotojo darbo zonoje neviršytų nustatytą Lietuvos higienos normų reikalavimų (Lietuvos... 2007). Darbo aplinkos oro užterštumas chemine medžiaga turi būti kiek galima mažesnis net ir tais atvejais, kai cheminė medžiaga neviršija ribinio dydžio, nustatyto Lietuvos higienos normose.

Mažų dalelių (aerозolio) gaudymas ir nusodinimas yra viena iš šiuolaikinių aplinkosaugos problemų. Padidėjus kenksmingų medžiagų koncentracijai ore kyla pavojus žmogaus sveikatai. Rizikuojama susirgti plaučių vėžiu, tirpalo lašeliai gali sukelti nudegimus: nosies, gerklės ir akių audinių.

Akustinė koaguliacija naudojama norint sumažinti aerозolio koncentraciją ore. Akustinės koaguliacijos metu tarp dalelių, kurios svyruoja akustiniame lauke, gali atsirasti traukos jėgos. Labiausiai šis efektas pasireiškia aerозoliams, kurių dalelių dydis yra iki 10 μm. Tokiu būdu dalelių tūris didėja, didėja ir jų masė, atsiranda gravitacijos jėgos, kurios keičia dalelės judėjimo kryptį (Kvetoslav *et al.* 2000). Todėl po akustinės koaguliacijos gali vykti gravitacinė koaguliacija. Jos metu (1 pav.) dalelė spinduliu R , didesniu nei aplinkui ją esančių dalelių, nuo savo svorio



1 pav. Gravitacinės koaguliacijos susidarymas

Fig. 1. Formation of gravitational coagulation

krisdama žemyn didėjančiu greičiu V_R paveja kelias mažo spindulio r daleles ir susiduria su jomis. Taip mažos dalelės, nešamos oro srautu, suteka į didelį lašą (Хмельев *et al.* 2010).

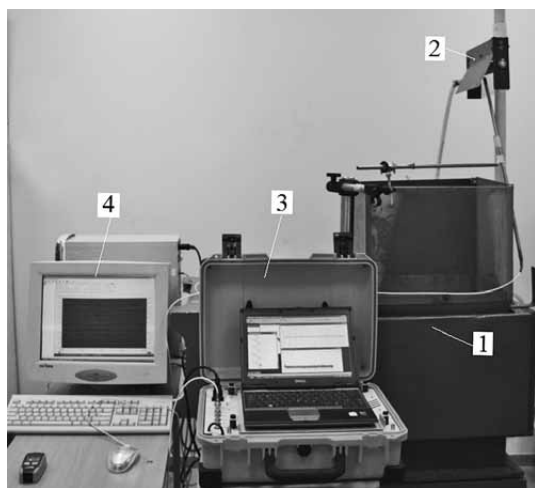
Norint nustatyti akustinio poveikio režimus reikia žinoti dujų dispersinės sistemos iširimo laiko priklausomybę nuo dydžių, apibūdinančių tokį poveikį, kaip kurių akustinių virpesių dažnis ir garso slėgio lygis. Šios priklausomybės nustatomos tokiomis dviejų fazių fizinėmis savybėmis, kaip dujinės fazės tankis ir slėgis, skystos fazės tankis (aerозolio) ir tiriamo aerозolio dispersinė sąveika (Хмельев *et al.* 2010).

Tyrimo tikslas – pagerinti aerozolio surinkimo efektyvumą darbo zonoje ir sumažinti patekimą į aplinką, sukuriant tokį akustinį lauką, kad aerozoliui pakilus virš skysčio, įvyktų koaguliacija, ir jis, nepasklidęs į aplinką, sugrįžtų į skystį.

Tyrimo stendas ir eksperimento atlikimo procedūra

Stendas. 2 paveikle pateiktas eksperimentinio stendo bendras vaizdas: galvaninė vonia 1 su pūtimo įtaisu 2, garso parametrų duomenų kaupiklis 3 ir kompiuteris 4.

Tyrimo stendo schemoje (3 pav.) galvaninėje vonioje 1 šildomas skystis 2 šildytuvu 3, skysčio temperatūros pokytis nustatomas temperatūros matuokliu 4. Skysčio

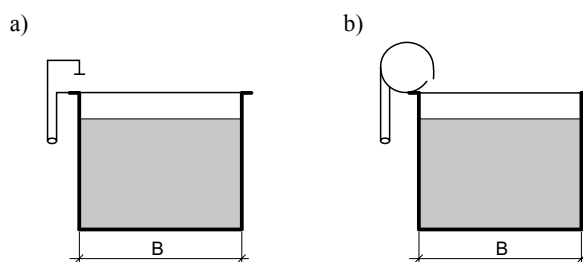


2 pav. Stendo bendras vaizdas

Fig. 2. General view of the stand

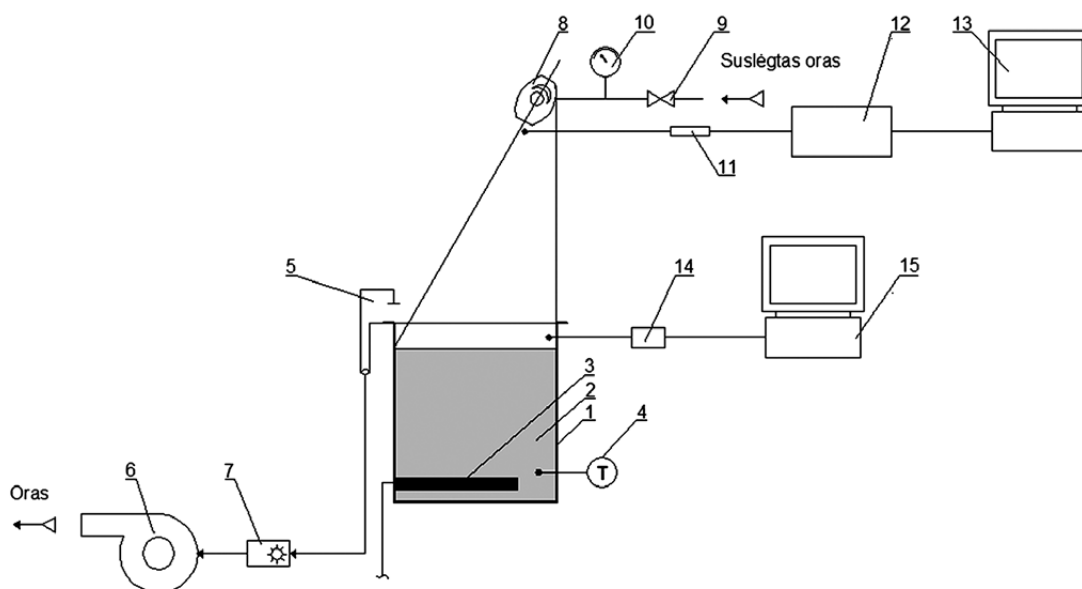
paviršiuje susiformavusius garus ir aerozolį šalina šoninis siurbtuvas 5, sumontuotas prie galvaninės vonios krašto ir sujungtas su ventiliatoriumi 6. Šalinamo oro debitas reguliuojamas dažnine pavara 7. Pūtimo įtaisas 8 montuojamas virš garuojančio skysčio taip, kad jo pučiamo oro srauto ašis būtų nukreipta į skysčio paviršių prie vonios krašto. Į įtaisą 8 tiekiamas suslėgtas oras per sklendę 9, pučiamo oro slėgis nustatomas manometru 10. Pūtimo metu įtaisas 8 generuoja akustinį lauką, o sklindančios akustinės bangos parametrams matuoti naudojamas hidrofonas 11. Visi duomenys kaupiami garso parametrų duomenų kaupiklyje 12, apdorojami kompiuteriu 13. Garų drėgnumas stebimas temperatūros ir drėgmės duomenų kaupikliu „FHT 70 DataLog 14“, o gauti rezultatai perduodami į kompiuterį 15.

Eksperimento atlikimo procedūra. Tyrimams atlikti naudoti du skirtingų formų aktyvintieji šoniniai siurbtuvai (4 pav.), šalinantys užterštą orą nuo vonios paviršiaus (Tetsman, Striška 2010).



4 pav. Šoniniai siurbtuvai: stačiakampio skerspjūvio formos (a), sukūrinis (apvalios skerspjūvio formos) (b)

Fig. 4. Side exhausters: rectangular cross-section (a), vortex (round cross-section) (b)



3 pav. Aktyvintojo šoninio siurbtuvo tyrimo stendo schema

Fig. 3. Scheme for a test bench of an activated side exhauster

Siurbiamo oro debitas (1 lentelė) nustatomas pagal (1) formulę, m³/h (Elinskiy 1989; Ashrae... 1999):

$$Q = 1200B^{3/2}LC_tC_1, \quad (1)$$

o tiekiamo oro debitas (1 lentelė) skaičiuojamas pagal (2) formulę, m³/h:

$$V = 60BLC_t, \quad (2)$$

čia: B – skaičiuojamasis vonios plotis, 0,415 m; L – vonios ilgis, 0,3 m; C_1 – koeficientas, įvertinantis siurbtuvo konstrukciją, lygus 1; C_t – koeficientas, įvertinantis aplinkos ir skysčio temperatūrų skirtumą:

$$C_t = 1 + 0,003\Delta t,$$

čia: Δt – temperatūrų pokytis: skysčio ir aplinkos (eksperimento metu aplinkos temperatūra 20 °C).

1 lentelė. Šalinamo ir tiekiamo oro debitai, m³/h

Table 1. Flow rates of air exhaust and supply, m³/h

Skysčio temperatūra, °C	Šalinimas, m ³ /h	Tiekimas, m ³ /h
45	103,4625	8,03025
50	104,9062	8,1423
55	106,3499	8,25435
60	107,7935	8,3664
65	109,2372	8,47845
70	110,6809	8,5905
75	112,1245	8,70255
80	113,5682	8,8146
85	115,0118	8,92665

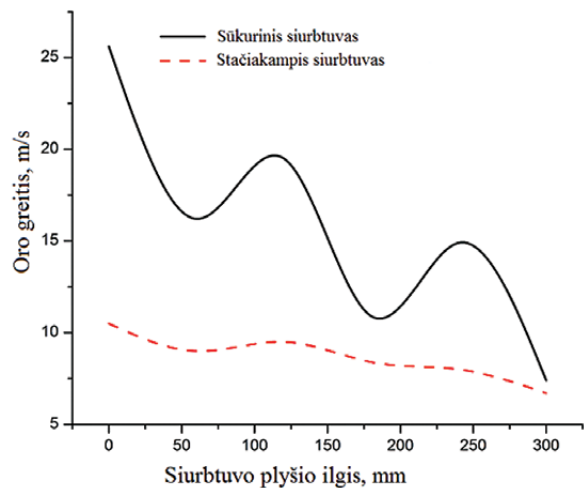
Eksperimento metu sukuriama optimalios koaguliacijos sąlygos, kai garso dažnio srityje 1–4 kHz garso slėgio lygis turi siekti 120 dB, siekiant užtikrinti, kad pakilęs virš skysčio aerosolis patektų į akustinio lauko poveikio zoną. Garso slėgio intensyvumą galima išreikšti iš (3) formulės, W/m² (Хмельев *et al.* 2010):

$$L_p = 10 \lg I/I_0, \quad (3)$$

čia: L_p – garso slėgio lygis, dB; I – garso slėgio intensyvumas, W/m²; I_0 – garso slėgio intensyvumas esant girdimumo slenksčiui, 10⁻¹² W/m².

Tyrimų rezultatai

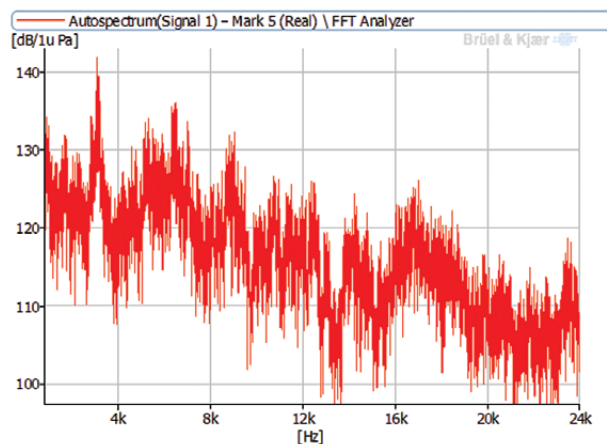
Atliekant tyrimus buvo gaunami parametrai, kurie priklauso nuo šoninių siurbtuvų konstrukcijos veikiant tam pačiam akustiniam laukui. Tiriant siurbimą, buvo matuotas oro greitis siurbimo plyšyje (ilgis 0,3 m, plotis 0,02 m), o jo pokytis pavaizduotas 5 pav. Nustatyta, kad siurbiamo oro greitis didesnis sukuriniame siurbtute.



5 pav. Šalinamo oro greičio pokytis stačiakampio skerspjūvio formos ir sūkurinio siurbtuvų plyšio ilgiuose (20×300 mm)

Fig. 5. Alteration in velocity considering the length of slots of vortex and rectangular cross-section exhausters when measurements of the slot make 20×300 mm

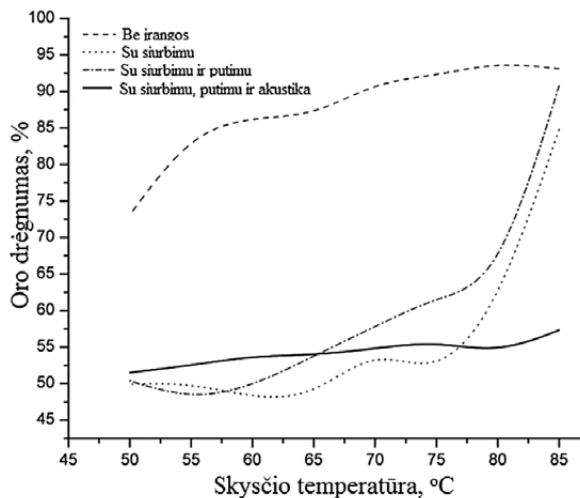
Eksperimentinio tyrimo metu buvo atlikti šalinamo oro tyrimai ir nustatyta, kaip keičiasi drėgnumas virš garuojančio skysčio, priklausomai nuo skysčio temperatūros, esant 200 mm atstumui nuo vonios krašto, tokiais atvejais: kai garai nuo galvaninės vonios skysčio paviršiaus kyla laisvai ir visa garų šalinimo įranga išjungta; kai garai nuo galvaninės vonios skysčio paviršiaus šalinami siurbtuvu; kai garai nuo galvaninės vonios skysčio paviršiaus šalinami aktyvintuoju siurbtuvu; kai garai nuo galvaninės vonios skysčio paviršiaus šalinami siurbtuvu naudojant nupūtimo įtaisą, kuris suformuoja akustinį 3040 Hz dažnio lauką esant 142 dB garso slėgio lygiui ir 158,5 W/m² garso slėgio intensyvumui (6 pav.).



6 pav. Pūtimo įtaisu sukuriama akustinio lauko garso slėgio lygio pasiskirstymas dažnio srityje

Fig. 6. The spectrum of the sound pressure level of an acoustic wave generator

Tyrimo metu skystis buvo šildomas iki 50–85 °C, o drėgnumo duomenų kaupiklis „FHT 70 DataLog 14“ sumontuotas vonios krašto lygiu. Tyrimo rezultatai pateikti 7 pav. Iš paveikslu matyti, kad drėgnumo pokytis yra mažiausias, kai naudojamas siurbimas, pūtimas ir akustinis laukas kartu.



7 pav. Oro srauto, įvairiais būdais šalinto nuo galvaninės vonios, drėgnumo priklausomybė nuo skysčio temperatūros veikiant vonios krašto lygiu

Fig. 7. The dependence of air humidity removed from a galvanic bath on liquid temperature at 0 mm distance (edge of the bath) above the bath

Išvados

1. Nustatyta, kad didesnę siurbimo greitį sukuria sukurtas siurbtuvas, o tai reiškia, kad siurbtuvo skerspjuvio forma turi įtakos siurbimo greičiui.
2. Gauta, kad kylant skysčio temperatūrai garų drėgnumas akustiniam laukui veikiant galvaninės vonios krašto lygiu kinta nereikšmingai lyginant su įprastais garų šalinimo būdais.
3. Sukurtas virš skysčio 142 dB garso slėgio lygis atitinka literatūroje nurodytus dydžius, reikalingus dalelių koaguliacijai vyksti, tai patvirtina ir drėgnumo kitimas esant įvairioms skysčio temperatūroms.

Literatūra

Ashrae Applications Handbook (SI). 1999. *Industrial local exhaust systems*. Charter 29. p. 21.

Elinskiy, I. I. 1989. *Ventilation and heating of galvanic shops of machinebuilding plants*. Moscow: Mashinostroenie (in Russian). 150 p.

Kvetoslav, R. Spurny. 2000. *Aerosol chemical processes in the environment*. Boca Raton, Florida. 615 p.

Lietuvos higienos normos HN 35:2007 Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore. Vilnius, 2007.

STR 2.09.02:1998 *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas* [interaktyvus], [žiūrėta 2012 m. sausio 29 d.]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=164242.

Tetsman, I.; Striška, V. 2010. Šoninių siurbtuvų efektyvumo tyrimas, *Mokslas – Lietuvos ateitis* 2(4): 42–45.

Хмелев, В. Н.; Шалунов, А. В.; Шалунова, К. В.; Цыганок, С. Н.; Барсуков, Р. В.; Сливин, А. Н. 2010. *Ультразвуковая коагуляция аэрозолей*: монография. Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та. 241 p.

RESEARCH INTO THE INFLUENCE OF THE ACOUSTIC FIELD ON THE EFFICIENCY OF REMOVING AEROSOLS

L. Stukaitė, I. Tetsman, V. Vekteris

Abstract

The paper presents the methods for reducing harmful aerosols from galvanic baths polluting the environment under conditions when air flow helps in forming an acoustic field above the bath. The findings show that the level of air humidity is the lowest when aerosols are removed with the help of a side exhaust. Side effects on acoustic coagulation may occur. Aerosol coagulates when elevated above the liquid and returns to liquid not dispersed in the environment. The article introduces active suckers in accordance to their form and effectiveness collecting pollutants. The dependence of humidity on temperature is analyzed under the impact of external factors such as sucking, blowing and sucking or blowing, sucking and an acoustic field. The paper also discusses data on the dependence of sound pressure and looks at the level of frequency distribution.

Keywords: exhauster, acoustic field, aerosol.