

UTICAJ OKSIDACIJE AKTIVNOG UGLJA SUMPORNOM KISELINOM I IMPREGNACIJE BAKAR-SULFATOM NA SORPCIONU SPOSOBNOST GASNOG FILTRA ZA ZAŠTITU OD DEJSTVA AMONIJAKA

UDC: 614.894.29.001.76 : 661.53

Rezime:

U radu je istraživana mogućnost poboljšanja kvaliteta aktivnog uglja (AU) za upotrebu u sredstvima za ličnu zaštitu respiratornih organa od dejstva amonijaka. Uzorci komercijalnih AU oksidovani su različitim količinama rastvora sumporne kiseline, masenih koncentracija 10% i 15%. Na uzorke AU tretirane kiselinom deponovan je zatim bakar-sulfat, metodom dvostruke impregnacije rastvorom bakar-sulfata do početne vlažnosti uzorka. Impregnisani AU ispitan je u sloju u gasnom filteru prečnika 105 mm, čije su visine imale vrednosti od 29 mm do 41 mm, a uslovi su bili: ulazna koncentracija amonijaka $3,5 \text{ mg/dm}^3$ (zapreminska koncentracija 0,5%), protok gasne smeše vazduh-amonijak $30 \text{ dm}^3/\text{min}$, relativna vlažnost 70% i ambijentna temperatura. Proboj je detektovan kvalitativno, pomoću indikatorskog papiriča sa fenolfaleinom. AU impregnisani novim postupkom obezbedio je u sloju visine 29 mm vreme proboja 108 min, a 160 min u sloju visine 41 mm.

Ključne reči: amonijak, gasni filter, aktivni uglj, oksidacija površine, sumporna kiselina, impregnacija, bakar-sulfat, sorpciona sposobnost, vreme proboja.

STUDY OF THE EFFECTS OF ACTIVATED CARBON OXIDATION WIT SULPHURIC ACID AND IMPREGNATION WITH COPPER SULPHATE ON THE PROTECTION CAPACITY OF GAS FILTERS AGAINST AMMONIA

Summary:

The objective of this paper has been the study of the possibility to enhance the properties of activated carbon (AC) for using it in respiratory protective devices for ammonia removal from the air. The commercial AC samples were oxidized with different amounts of 10% and 15% sulphuric acid solutions. The acid treated AC samples were the loaded with copper sulphate, with twofold impregnation by the incipient wetness method. The impregnated AC was tested in a packed bed in the gas filter with a diameter of 105 mm and a bed depth ranging from 29 mm to 41 mm under the following test conditions: inlet concentration of ammonia was $3,5 \text{ mg/dm}^3$, flow rate of $30 \text{ dm}^3/\text{min}$ at 70% relative humidity and ambient temperature. The breakthrough was detected qualitatively by the phenolphthalein indicator paper. The new impregnated AC reached the breakthrough time of 108 min for a 29 mm bed depth, and 160 min for a bed depth of 41 mm.

Key words: ammonia, gas filter, activated carbon, surface oxidation, sulfuric acid, impregnation, copper sulphate, protection capacity, breakthrough time.

Uvod

Amonijak (NH_3) bezbojan je alkalni gas, manje gustine od vazduha, oštrog mirisa, lako rastvorljiv u vodi. U dodiru sa plamenom gori, uz nastanak azota i vode. Deluje kao nadražljivac sluzokože. Pri većim koncentracijama izaziva opekotine sluzokože i pluća, a može da dovede i do akutnog edema pluća. Simptomi dejstva amonijaka su kašalj, teškoće u disanju, bol u grudima, očima, stomaku i povraćanje. Posle izlaganja niskim koncentracijama nastupa brz oporavak [1,2]. Efekti na zdravlje industrijskih radnika pri hroničnom izlaganju malim koncentracijama ovog gasa još uvek nisu dokumentovani [3].

Molekul amonijaka ima slaba bazna svojstva i adsorbuje se hemisorpcijom na kiselim i baznim površinskim centrima AU [4]. U gruboj aproksimaciji kao mera sadržaja kiselih (baznih) centara na površini AU može da se upotrebi pH vrednost vodenog ekstrakta AU, koja se u literaturi označava kao pH vrednost AU i određuje se u definisanim uslovima [5]. Aktivni ugljevi sa pH vrednošću većom od 9 poseduju povećan broj baznih površinskih oksida i zbog toga imaju mali adsorpcioni kapacitet u odnosu na amonijak iz gasne faze [4]. Povećanje adsorpcionog kapaciteta AU u odnosu na amonijak postiže se oksidacijom njegove površine, dejstvom različitih oksidansa (azotna kiselina, sumporna kiselina, vodonik-peroksid, kalijum-persulfat) iz tečne faze. To dovodi do povećanja sadržaja kiselih površinskih centara (oksida), sa većim afinitetom prema amonijaku, ali takođe i prema metalnim jonima iz vodenih rastvora njihovih soli, koje se zbog toga bolje deponuju na

površini AU koji je prethodno tretiran oksidansom [4]. Dodatno povećanje adsorpcionog kapaciteta AU za amonijak postiže se impregnacijom AU solima prelaznih metala (Cu, Co, Ni) koji su poznati po tome što grade komplekse sa amonijakom (aminski kompleksi) [6].

Kod nas se kao impregnansi za aktivne ugljeve za zaštitu od amonijaka upotrebljavaju soli bakra (sulfat ili hlorid) [7-10].

Zahtevi, ispitivanje i označavanje gasnih i kombinovanih filtera, namenjenih za upotrebu u sredstvima za zaštitu respiratornih organa, u Evropskoj Uniji rešeni su standardom [11]. Gasni filter za zaštitu od amonijaka prema ovom standardu označava se zelenom bojom, tipom K i klasama 1, 2 i 3. Sorpciona sposobnost (zaštitna moć) ovih gasnih filtera ispituje se na (294 ± 1) K, pri protoku gasne smeše vazduh-amonijak od $30 \text{ dm}^3/\text{min}$ i pri ulaznim koncentracijama amonijaka $0,7 \text{ mg}/\text{dm}^3$, $3,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ i $7,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ za filtre klase K1, K2 i K3. Najveći dopušteni otpor protoku vazduha od $30 \text{ dm}^3/\text{min}$, sorpcioni kapacitet filtra i najkraće vreme proboja za utvrđenu probojnu koncentraciju amonijaka prema standardu [11], dati su u tabeli 1.

Kod nas problem još nije rešen na adekvatan način, tj. stari jugoslovenski standard [12] još uvek nije zamenjen standardom ekvivalentnim sa [11], a laboratorije za ispitivanje filtera (cedila) kod domaćeg proizvođača sredstava za zaštitu respiratornih organa, Trayal Korporeacije iz Kruševca, nisu opremljene aparaturom za ispitivanje zaštitne moći gasnog filtra tipa K u uslovima koji su potrebni prema tabeli 1.

Uslovi ispitivanja zaštitne moći za pojedine klase gasnog filtra tipa K i zahtevi koje ovi filtri moraju da ispune prema [11]

Tip i klasa filtra	Otpor protoku vazduha 30 dm ³ /min, (Pa)	Zaštitna moć				
		Uslovi ispitivanja			Zahtevi	
		Ulazna koncentracija (mg/dm ³)	Ulazna zapreminska koncentracija (%)	Probojna koncentracija (cm ³ /m ³)	Sorpcioni kapacitet, (g)	Najkraće vreme proboja, (min)
K1	100	0,7	0,1	25	1,05	50
K2	140	3,5	0,5	25	4,2	40
K3	160	7,0	1,0	25	12,6	60

Eksperimentalni rad

Za eksperimentalni rad korišćena su dva tipa komercijalnih AU, oznaka KCS i K-81/B (K-91A), dobijenih iz karbonizovane ljuske kokosovog oraha, aktivacijom vodenom parom na 1223 K u Korporaciji Trayal. Specifična površina ovih aktivnih ugljeva, određena po internoj metodi proizvođača iz izoterme adsorpcije benzena, iznosi 1250 m²/g, zapremina mikropora 0,48 cm³/g, a indeks adsorpcije benzena pri relativnom pritisku 0,17 je 40,3%.

Granulometrijski sastav izabranih AU određen je mehaničkim prosejavanjem svakog uzorka AU pre impregnacije na nestandardnoj seriji laboratorijskih sita od tkane mreže od žice, nazivnih veličina otvora 355 μm, 500 μm, 1,00 mm, 1,25 mm, 1,60 mm i 2,00 mm.

Vodeni ekstrakt ispitivanih AU za određivanje pH vrednosti dobijen je potapanjem uzorka AU mase 4,0 g u 100 ml destilovane vode bez ugljenik(IV)-oksida i zagrevanjem na grejnoj ploči, tako da ključa 5 min. Posle toga uronjen je termometar u rastvor i suspenzija ostavljena kratko vreme da se istalože čestice AU. Pre nego što se ohladi na 333 K odličen je sloj bistre tečnosti iznad taloga. Dekantovani deo je ohlađen na sobnu

temperaturu i izmerena mu je pH vrednost. Izabrani AU imali su pH vrednost između 9 i 9,5. To ukazuje na prisustvo baznih površinskih oksida na njihovoj površini.

Sadržaj vlage u ispitivanim AU određen je po internoj metodi u Korporaciji Trayal.

Postupak impregnacije izabranih AU sastojao se u oksidaciji uzoraka u višku rastvora sumporne kiseline i zatim, posle stabilizacije na ambijentnoj temperaturi, dvostruke impregnacije prelivanjem rastvorom bakar-sulfata, do pojave vlažnosti uzorka.

AU je pre impregnacije prosejan kroz laboratorijsko sito nazivne veličine otvora 355 μm.

Za impregnaciju je upotrebljavana sumporna kiselina (H₂SO₄), zapreminske mase 1,84 g/cm³, rastvor masene koncentracije oko 96%, proizvođača Zorka iz Šapca, čistoće „pro analysi“ i bakar-sulfat pentahidrat (CuSO₄ · 5H₂O), relativne molekulske mase M_r = 249,68 g/mol, istog proizvođača i stepena čistoće.

Oksidacija AU sumpornom kiselinom izvođena je tako što je 1000 g AU potapano u različite količine rastvora sumporne kiseline masenih koncentracija

Oznaka AU	Oznaka IAU	Postupak impregnacije			
		Oksidacija sumpornom kiselinom		Ukupan dodatak CuSO ₄ (Cu)	
		Koncentracija rastvora H ₂ SO ₄ , (% m/m)	Dodatak rastvora H ₂ SO ₄ (g/1000 g AU)	g/1000 g AU	% (m/m)
KCS	KCS-K1	10	900	2 x 142,2 (2 x 56,6)	22,0 (8,8)
KCS	KCS-K2	10	450	2 x 142,2 (2 x 56,6)	22,0 (8,8)
K-81/B	K-81/B-K1	10	450	2 x 142,2 (2 x 56,6)	22,0 (8,8)
K-81/B	K-81/B-K2	10	2220	2 x 142,2 (2 x 56,6)	22,0 (8,8)
K-81/B	K-81/B-K3	15	600	2 x 142,2 (2 x 56,6)	22,0 (8,8)
K-91/A	K-91/A-K			130,4 (51,9)	11,5 (4,6)
K-91/A	K-91/A-KP	10	1980	2 x 142,2 (2 x 56,6)	22,0 (8,8)

10% i 15%. Posle 3 h kontakta AU i sumporne kiseline dekantovan je višak rastvora kiseline, a tretirani uzorci AU ostavljeni su da se stabilišu 6 h na vazduhu i sobnoj temperaturi. Dodatak i koncentracija rastvora sumporne kiseline za pojedine uzorke AU, kao i njihove oznake, dati su u tabeli 2.

Oksidovani uzorci AU impregnisani su, zatim, prelivanjem rastvorom bakar-sulfata, metodom dvostruke impregnacije do početne vlažnosti AU. Za prvu impregnaciju uzorka AU, mase 1000 g, rastvoreno je 222,5 g bakar-sulfata pentahidrata u 400 cm³ do 500 cm³ destilovane vode, tako da je dobijen rastvor sa (2 ± 0,2) mol Cu/l. Dodatkom (670 ± 50) g ovog rastvora (u zavisnosti od koncentracije) dodavana je uvek ista količina od 142,2 g ili 0,89 mol CuSO₄ (56,6 g Cu) na 1000 g AU, pri jednoj impregnaciji. Nakon odležavanja od 3 h uzorak je su-

šen u električnoj sušnici na 378 K, u intervalu od 2 h. Posle hlađenja uzorka u eksikatoru iznad kalcijum-hlorida postupak impregnacije je ponovljen na isti način.

Oznake impregnisanih AU (IAU) i dodaci bakra posle dvostruke impregnacije dati su u tabeli 2. Sadržaj CuSO₄ (Cu) u impregnisanom AU određen je približno, proračunom iz dodate količine bakar-sulfata pentahidrata, i nije eksperimentalno proveravan.

Kvalitet dobijenog impregnisanog AU proveravan je određivanjem sadržaja vlage i pH vrednosti, otpora protoku vazduha i sorpcione sposobnosti sloja IAU u filtru (cedilu) prečnika 105 mm, napunjenog u pogonu Trayala, po internom tehnološkom postupku punjenja.

Otpor protoku vazduha od 30 dm³/min određen je kao razlika pritisaka ispred i iza filtra kada protok vazduha, u smeru strujanja vazduha pri udisanju,

Osnovne karakteristike ispitivanih AU, pre i posle postupka impregnacije

Oznaka IAU	Granulometrijski sastav						Sadržaj vlage, (%)		pH
	Klasa veličine granula d, (mm)						AU	IAU	
	d>2,00	2,00≥d>1,60	1,60≥d>1,25	1,25≥d>1,00	1,00≥d>0,500	d≤0,500			
	Granulometrijska frakcija (%)								
KCS-K1	33,1	42,2	20,1	2,5	1,4	0,7	6,7	10,8	2,5
KCS-K2	27,3	42,4	25,1	3,4	1,4	0,4	6,4	11,6	2,2
K-81/B-K1	0,1	4,3	33,7	23,3	37,9	0,7	6,9	7,2	2,5
K-81/B-K2	0,2	1,6	12,6	16,7	57,7	11,2	7,2	13,1	1,7
K-81/B-K3	0,2	4,0	34,4	24,3	36,1	1,0	6,5	13,9	1,9
K-91/A-K	0,2	4,2	33,1	23,9	37,7	0,9	6,8	10,9	

prolazi kroz filtar horizontalno. Razlika pritisaka merena je na ambijentnoj temperaturi i pri atmosferskom pritisku.

Sorpciona sposobnost određena je za ulaznu koncentraciju amonijaka 3,5 mg/dm³, odnosno zapreminsku koncentraciju 0,5%, što prema [11] odgovara klasi 2 gasnog filtra tipa K. Relativna vlažnost gasne smeše amonijak-vazduh bila je 70%, protok gasne smeše 30 dm³/min. Ulazna koncentracija amonijaka u gasnoj smeši proveravana je pre početka i posle završenog određivanja proboja filtra, barbotiranjem stabilisane gasne smeše kroz dve ispiralice sa 50 ml sumporne kiseline, koncentracije 0,05 mol/l. Višak kiseline posle apsorpcije amonijaka određen je titracijom rastvorom natrijum-hidroksida, koncentracije 0,1 mol/l, uz metilcrveno kao indikator.

Proboj sloja IAU u filtru detektovan je kvalitativno pomoću filter-papira nato-

pljenog rastvorom fenoltaleina, koji po-crveni u dodiru sa amonijakom.

Rezultati i diskusija

Rezultati određivanja granulometrijskog sastava ispitivanih uzoraka AU pre impregnacije, sadržaja vlage pre i posle postupka impregnacije i temperaturnog tretmana, kao i pH vrednosti posle impregnacije, prikazani su u tabeli 3.

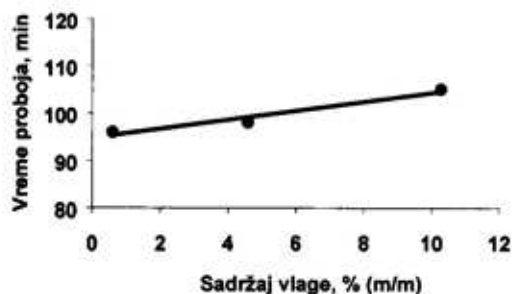
Zbog prisustva baznih površinskih oksida izabrani AU su u vodeni ekstrakt, pre postupka oksidacije sumpornom kiselinom, oslobadali OH jone. Njihova pH vrednost pre impregnacije bila je zbog toga oko 9 do 9,5. Iz tabele 3 se vidi da je opisanim tretmanom AU pH vrednost svih uzoraka IAU smanjena na vrednost manju od 3. Najmanja pH vrednost postignuta je za IAU K-81/B-K2 (1,70), tretiran sa 2200 g 10% H₂SO₄/1000 g AU.

Tabela 4

Uticaj sadržaja vlage u IAU K-91/A-K na vreme proboja amonijaka

Oznaka IAU	Otpor protoku vazduha 30 dm ³ /min (Pa)	Sadržaj vlage u IAU, (% (m/m))	Vreme proboja, (min)
K-91/A-KP1	94	10,3	105
K-91/A-KP2	96	4,6	98
K-91/A-KP3	100	0,6	96

Rezultati određivanja sadržaja vlage pokazuju da IAU posle impregnacije i sušenja na 378 K, 2 h, zadržavaju više vlage nego što je bilo u polaznim AU. Zbog mogućnosti rekristalizacije soli upotrebljene za impregnaciju u porama IAU u prisustvu vode, u literaturi [6] se predlaže povećanje temperature sušenja, uz prethodno vakumiranje uzorka. Prema rezultatima dobijenim u ovom radu, prikazanim u tabeli 4, prisustvo ove vlage pozitivno utiče na vreme proboja sloja IAU K-91/A-KP. Najduže vreme proboja ima sloj IAU K-91/A-KP1 (prečnik 105 mm, visina 29 mm) sa sadržajem vlage 10,3% (m/m). Sa slike 1 vidi se da vreme proboja amonijaka (ulazna koncentracija 3,5 mg/dm³, protok gasne smeše vazduh-amonijak 30 dm³/min i relativna vlažnost 70%) raste linearno sa povećanjem sadržaja vlage u uzorku IAU.



Sl. 1 – Zavisnost vremena proboja amonijaka od sadržaja vlage

Rezultati određivanja vremena proboja amonijaka u sloju IAU u gasnom filtru, prečnika 105 mm i visine 29 mm (ulazna koncentracija amonijaka 3,5 mg/dm³, protok gasne smeše vazduh-amonijak 30 dm³/min i relativna vlažnost 70%) i otpor ovog sloja IAU protoku vazduha 30 dm³/min, prikazani su u tabeli 5.

Iz table 5 vidi se da produženje vremena proboja, kao pozitivan trend, prati nepoželjno povećanje otpora protoku vazduha. Srednje vrednosti otpora protoku vazduha, za po dva uzorka odgovarajućeg IAU, daju niz vrednosti od 54 Pa (K-91/A-K) do maksimalne vrednosti 145 Pa (K-81/B-K2). Poređenje rezultata iz tabela 3 i 5 jasno pokazuje zavisnost otpora sloja AU protoku vazduha od granulometrijskog sastava AU. Uzorci KCS-K1 i KCS-K2 sa najkrupnijim granulama (95% granula ima klasu veličine iznad 1,25 mm sa 33,1% odnosno 27,3% granulometrijskog sastava iznad 2,00 mm) pružaju daleko manji otpor (61 Pa odnosno 59 Pa) od IAU iz grupe K-81/B-K (K-81/B-K1, K-81/B-K2 i K-81/B-K3) sa 95% granulometrijskog sastava klase veličine 1,60 mm $\geq d > 0,500$ mm, koji imaju otpore u slojevima navedenih dimenzija: 93Pa, 145 Pa i 116 Pa. U grupi IAU K-81/B-K najveći otpor protoku vazduha pružaju uzorci K-81/B-K2 (148 Pa i 140 Pa, srednja vrednost 145 Pa), koji su imali najveće učešće sitnijih granula (74% otpada na frakciju klase veličine 1,25 mm $\geq d > 0,500$ mm a 11,2% granulometrijskog sastava ima klasu veličine $d \leq 0,500$ mm.

Zanimljivi rezultati dobijeni su za otpor protoku vazduha za parove IAU vrlo bliskog granulometrijskog sastava, ko-

Tabela 5

Rezultati određivanja otpora sloja IAU protoku vazduha i vremena proboja amonijaka

Oznaka IAU	Otpor protoku vazduha 30 dm ³ /min, (Pa)	Vreme proboja, (min)
KCS-K1-1	58	45
KCS-K1-2	64	45
KCS-K2-1	60	52
KCS-K2-2	58	48
K-81/B-K1-1	88	71
K-81/B-K1-2	98	76
K-81/B-K2-1	148	79
K-81/B-K2-2	140	80
K-81/B-K3-1	116	110
K-81/B-K3-2	116	107
K-91/A-K-1	54	35
K-91/A-K-2	54	33
K-91/A-KP	94	105

ji su tretirani različitim količinama sumporne kiseline (tabele 2 i 5), kao što su KCS-K1 i KCS-K2, K-81/B-K1 i K-81/B-K3, odnosno K-91/A-K i K-91/A-KP. Kod svih parova uočava se porast otpora za uzorke koji su tretirani većom količinom koncentrovanog rastvora sumporne kiseline. Kod uzorka K-81/B-K1, koji je tretiran sa 450 g 10% H₂SO₄/1000g AU, srednja vrednost otpora je 93 Pa, a kod uzoraka K-81/B-K3, približno istog granulometrijskog sastava, koji je tretiran sa 600 g 15% H₂SO₄/1000 g AU, otpor je porastao za 20% (srednja vrednost 116 Pa). Prema tabeli 5 najmanji otpor protoku vazduha pruža sloj IAU K-91/A-K, visine 29 mm (54 Pa), koji pre impregnacije nije oksidovan sumpornom kiselinom (tabela 2). Iz tabele 3 vidi se da ovaj IAU ima granulometrijski sastav približno jednak sastavu K-81/B-K1 i K-81/B-K2, ali

mu je otpor manji od otpora KCS-K2 sa najkrupnijim granulama.

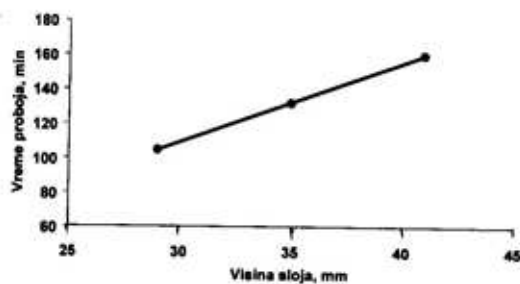
Prema tome, otpor protoku vazduha u sloju istih dimenzija raste u nizu: K-91/A K(54 Pa) < K-81/B-K1 (93 Pa) < K-91/A-KP (94 Pa) < K-81/B-K3 (116 Pa). Po istom redosledu poredane su i vrednosti vremena proboja amonijaka kroz slojeve ovih IAU visine 29 mm: K-91/AK (34 min) < K-81/B-K1 (74 min) < K-91/A-KP (105 min) < K-81/B-K3 (108 min). Rezultati dobijeni za K-81/B-K3 predstavljaju optimum postignut u ovom radu. Poređenjem dobijenih rezultata sa zahtevima za filter klase K2 iz tabele 1, vidi se da dobijene vrednosti otpora protoku vazduha i vremena proboja premašuju zahtevane. Zbog velike razlike dobijene i zahtevane vrednosti vremena proboja, velika je verovatnoća da će zahtevi biti ispunjeni i u uslovima propisanim evropskim standardom.

Slično kao granulometrijski sastav ponaša se i visina sloja IAU u gasnom filtru: povećanje visine sloja IAU kao rezultat daje povećanje otpora protoku vazduha, na jednoj strani, i produženje vremena proboja amonijaka, na drugoj. Rezultati određivanja ove zavisnosti za IAU K-91/A-K sa 10,3% (m/m) vlage, za visine sloja: 29 mm, 31 mm i 41 mm, prikazani su u tabeli 6. Ostali parametri siste-

Tabela 6

Uticaj visine sloja IAU na vreme proboja amonijaka

Visina sloja IAU (mm)	Otpor protoku vazduha 30 dm ³ /min, (Pa)	Vreme proboja (min)
29	94	105
35	114	132
41	126	160



Sl. 2 – Zavisnost vremena proboja amonijaka od visine sloja IAU

ma ostali su nepromenjeni. Linearna zavisnost vremena proboja amonijaka od visine sloja IAU prikazana je na slici 2.

Kao što je i očekivano, sa porastom visine sloja IAU raste i otpor protoku vazduha i vreme proboja. Povećanjem visine sloja sa 29 mm na 41 mm vreme proboja povećava se sa 105 min na 160 min (34%), a otpor protoku vazduha sa 94 Pa na 126 Pa (25%).

Zaključak

Rezultati ovog rada pokazuju da oksidacija ispitivanih aktivnih ugljeva sumpornom kiselinom, pre impregnacije bakar-sulfatom, povoljno utiče na njihove zaštitne karakteristike na dejstvo amonijaka.

Optimalni rezultati dobijeni su za aktivni ugalj komercijalne oznake K-81/B, tretiran sa 600 g rastvora sumporne kiseline, masene koncentracije 15%, na 1000 g AU i zatim dva puta impregnisan

sa 142,2 g bakar-sulfata i sušen na 378 K. Sloj ovog IAU sa sadržajem vlage 10%, visine 29 mm, pruža otpor od 116 Pa protoku vazduha 30 dm³/min. Srednje vreme proboja amonijaka iz gasne smeše sa vazduhom koncentracije 3,5 mg/dm³ za sloj ovog IAU istih dimenzija je 108 min, što premašuje zahteve evropskog standarda [11] za gasni filter klase K2.

Literatura:

- [1] Ristić, D.: Protivnuklearna, protivhemijska i protivbiološka zaštita, VIZ, Beograd, 1977.
- [2] Nikolić, D.: Zaštita od toksičnih materija i efekata dejstva NHB oružja, ŠC ABHO, Kruševac, 1996.
- [3] Hollness, D. L.; Purdham, J. T. and Nethercott, J. R.: Acute and Chronic Respiratory Effects of Occupational Exposure to Ammonia, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1989, 50(12) pp. 646-650.
- [4] Bracilović, D.: Ispitivanje adsorpcije jona metala na ugljeničnim materijalima, Magistarski rad, TMF, Beograd, 1974.
- [5] Smišek, M., Čemy, S.: *Active Carbon*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam – London – New York, 1970.
- [6] Brunko, T. G.; Lazerko, G. A.; Morozova, A. A.; Ermolenko, I. N.: Poglošćenje ammiaka voloknastimi ugolnimi sorbentami s solevoj dobavkoj, *Izd. AN SSSR*, 1978, No 1, 67-71.
- [7] Ilić, S. i sar.: Komparativna analiza uticaja impregnanata za zaštitu od dihlorida ugljene kiseline, Bilten ABHO, ŠC ABHO, Kruševac, 1999, 10.
- [8] Nikolić, D.: Praktikum za izvođenje laboratorijskih vežbi iz Zaštite od NHB dejstva, ŠC ABHO, Kruševac, 1996.
- [9] Nikolić, D., Biočanin, R.: Optimizacija zaštitne moći i pada pritiska u sorpcionim filterima, Bilten ABHO, ŠC ABHO, Kruševac, 1999, 10.
- [10] Nikolić, D.: Zaštita životne sredine, Univerzitet u Prištini, Rudarsko-metalurški fakultet, Kosovska Mitrovica, 2001.
- [11] *Respiratory Protective Devices, Gas Filters and Combined Filters, Requirements, Testing, Marking, European Standard EN 141* : 2001.
- [12] Sredstva za ličnu zaštitu, Zaštita organa za disanje, Zaštitna maska za uklanjanje gasova, para i čestica, *JUS Z. B1.002* : 1984.