A. DAJIĆ, M. MIHAJLOVIĆ

Uklanjanje boje Acid violet 109 iz otpadne vode tekstilne indrstrije unapeđenim procesom oksidacije

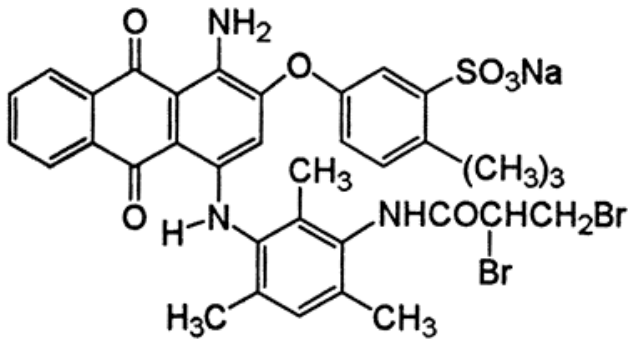
Brzi ekonomski razvoj doveo je do sve većeg zagađenja životne sredine [1]. Zagađenje životne sredine je posledica delovanja raznih industrija od kojih je tekstilna industrija među značajnijim. Prečišćavanje otpadne vode tekstilne industrije sa preko 100.000 različitih komercijalno dostupnih boja napravljenih da budu otporne na prirodne procese degradacije predstavljaju pravi izazov [2,3]. Ovakva voda sa visokim sadržajem štetnih i kancerogenih boja zahteva primenu efikasnih metoda prečišćavanja.

1 UVOD

Mnoge od poznatih metoda prečišćavanja na kraju procesa imaju prečišćenu vodu ali i velike količine nus-proizvoda nastalih tokom procesa prečišćavanja. Taj novoformirani otpad je neophodno dalje tretirati pa sa ekonomske tačke gledišta kao i sa stanovišta zaštite životne sredine takve metode prečišćavanja nisu poželjna opcije.

1.1 Acid violet 109

Acid violet 109 (AV 109) je antrahinonska boja ljubičasto–plave nijanse. Primenjuje se u procesima bojenja i štampe na vuni, svili i materijalima od poliamida. Slika 1 prikazuje hemijsku strukturu AV 109.



Slika 1: Hemijska struktura AV 109

1.2 Fentonova reakcija

Unapređeni oksidativni procesi (engl. advanced oxidation processes, AOP) imaju široku primenu u procesima prečišćavanja otpadne vode koja sadrži različite zagađujuće materije. Fenton se smatra jednim od najefikasnijih unapređenih procesa oksidacije voda koje sadrže opasne organske zagađujuće materije [4].

Fentonov reagens je katalitičko–oksidativna smeša vodonik-peroksida i jona gvožđa. U prvom koraku Fentonove reakcije H_2O_2 se razlaže pod dejstvom katalizatora-jona dvovalentnog ili trovalentnog gvožđa i pri tome nastaje reaktivni hidroksilni redikal, jednačina 1.

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + \bullet OH + OH^- \quad (1)$$

Gvožđe u ovoj reakciji ima ulogu katalizatora dok je hidroksilni radikal pogonska sila reakcije jer se neprekidno troši i ponovo nastaje. Složeni mehanizam razgradnje organskih molekula počinje oksidacijom hidroksilnim radikalima a nastavlja se direktnom oksidacijom vodonik-peroksidom i oksidacijom drugih radikala i međusobnom reakcijom radikala. Nakon prvog koraka reakcije, sledi oksidacija organske materije do neškodljivih jedinjenja odnosno do ugljen-dioksida i vode.

Da li će reakcija biti uspešna zavisi od koncentracije i odnosa učesnika u reakciji ali u velikoj meri i od uslova pod kojima se reakcija izvodi. Od važnosti su temperatura i dužina trajanja reakcije ali najvažnija je pH vrednost reakcione smeše.

Nedostaci Fentonovog procesa su što se reakcija izvodi u jako kiseloj sredini i što proces dovodi do proizvodnja mulja.

2 EKSPERIMETALNI DEO

Ispitivanje mogućnosti obezbojavanja rastvora boje izvedeno je Fentonovim reagensom u šaržnim uslovima na sobnoj temperaturi. Rastvori boje napravljeni su korišćenjem destilovane vode i boje Acid Violet 109, DCC colorants (Ningbo, Kina). Tabela 1 prikazuje osobine boje korišćene u eksperimentu.

Tabela 1. Neka od svojstava antrahinonske boje AV 109

Molekulska formula	$C_{35}H_34Br_2N_3NaO_7S$
CAS broj	12220-63-2
Molarna masa	823,52

Boja AV 109 je rastvarana u destilovanoj vodi tako da koncentracija boje bude 100 mg/dm³. Otpadna voda sa sadržajem boje ove koncentracije smatra se veoma zagađenom otpadnom vodom [5]. Uzorci simulirane otpadne vode napravljeni su sa pH vrednošću 3 jer se ta pH vrednost pokazala kao najpovoljnija u prethodnim

ispitivanjima što odgovara i literaturnim podacima. U istraživanju je ispitan uticaj količine gvožđa kao i molskog odnosa boje i vodonik-peroksida na uspeh reakcije obezbojavanja.

Mešanje reakcione smeše izvedeno je na magnetnoj mešalici (Ika C-MAG HS 7) i to brzinom od 250 obr/min. Podešavanje pH vrednosti izvedeno je razblaženim rastvorom H_2SO_4 (Zorka Pharma-Hemija d.o.o. 95÷97 %). pH vrednosti simulirane otpadne vode merene su pomoću Hanna Wastewater treatment photometer HI83314-02.

U prvom setu eksperimenata ispitivan je uticaj koncentracije gvožđa i to 0,2 mM 0,5 mM, 1 mM i 10 mM. Koncentracija vodonik-peroksida je 20 mM.

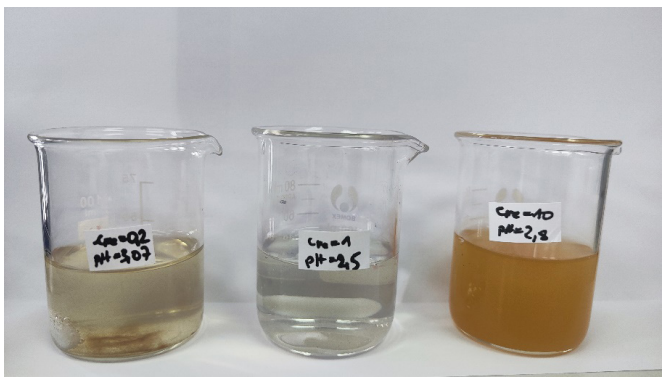
U drugom setu eksperimenata ispitivan je uticaj koncentracije vodonik-peroksida. Koncentracije vodonik-peroksida su varirane u rasponu 5 mM do 100 mM. Koncentracija gvožđa bila je konstantnom i iznosila je 1 mM.

Efikasnost procesa obezbojavanjaodređena je merenjem absorbance spektrofotometrijski pomoću UV-Vis spektrofotometra (Schimadzu 1800, Japan).

3 REZULTATI I DISKUSIJA

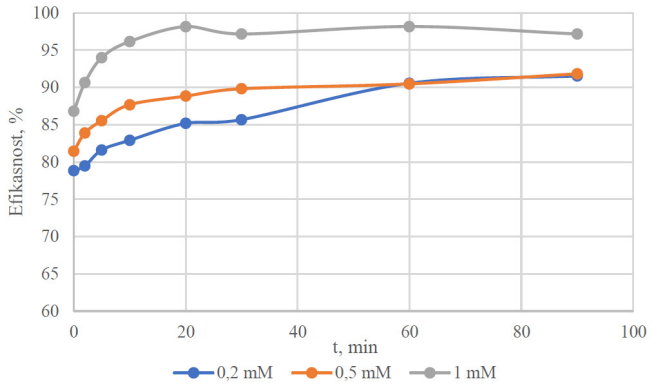
3.1 Uticaj koncentracije vodonik-peroksida na uspeh obezbojavanja simulirane otpadne vode

Eksperimenti ispitivanja mogućnosti uklanjanja boje Fentonovim reagensom započeti su ispitivanjem uticaja koncentracije gvožđa na efikasnost obezbojavanja. U slučaju kada je koncentracija gvožđa u vodi ispod 0,5 mM ili iznad 1 mM dolazi do pojave mulja koja onemogućava bilo kakvu vrstu merenja. Na slici 2 prikazani su neki od uzoraka simulirane otpadne vode nakon tretmana.



Slika 2: Proizvodi reakcije nakon tretmana otpadne vode Fentonovim reagensom

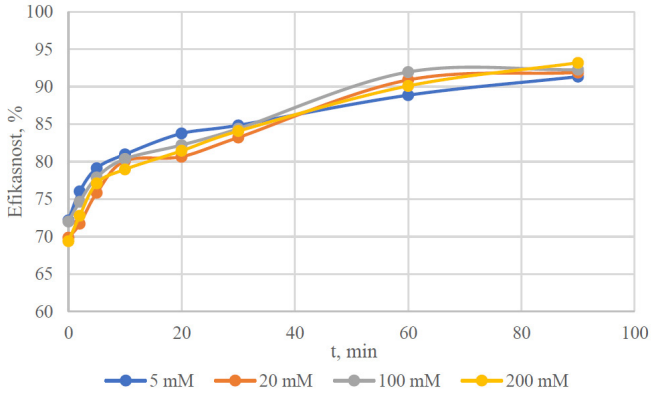
Slika 3 prikazuje rezultate uklanjanja boje AV 109 u zavisnosti vremena i koncentracije gvožđa u reakcionoj smeši. Primećuje se značajan uticaj koncentracije gvožđa na efikasnost procesa. Najveća efikasnost postiže se primenom 1 mM rastvora gvožđa i to 96% već nakon 10 minuta od početka reakcije. Pri koncentracijama od 0,2 i 0,5 mM postignuta je slična efikasnost nakon 90 minuta. Kada je korišćen 10 mM rastvor gvožđa došlo je do pojave žutog taloga, zbog čega efikasnost nije mogla biti određena. Može se izvesti zaključak da ovako visoke koncentracije gvožđa nisu pogodne za primenu u ovom procesu.



Slika 3: Uticaj koncentracije gvožđa u reakcionoj smeši na efikasnost obezbojavanja simulirane otpadne vode u zavisnosti od vremena

3.2 Uticaj koncentracije vodonik-peroksida na uspeh obezbojavanja simulirane otpadne vode

U Fentonovom procesu vodonik peroksid služi kao izvor hidrosilnih radikala. U ispitivanju su primenjene četiri različite koncentracije vodonik-peroksida u simuliranoj otpadnoj vodi sa konstantnom koncentracijom boje i konstantnom koncentracijom gvožđa. Slika 2 prikazuje rezultate eksperimenta uklanjanja antrahinonske boje u zavisnosti od koncentracije vodonik-peroksida i vremena.



Slika 4: Uticaj koncentracije vodonik-peroksida u reakcionoj smeši na efikasnost obezbojavanja simulirane otpadne vode u zavisnosti od vremena

Za sve ispitivane koncentracije početna efikasnost je u rasponu 70÷72%. U prvih 10 minuta odigravanja reakcije efikasnost raste za 10%, dok je za dostizanje narednih 10% potrebno 80 minuta. Pri svim ispitivanim koncentracijama postignuta je slična efikasnost. Čak i najmanja koncentracija vodonik-peroksida obezbeđuje nastanak dovoljne količine hidrosilnih radikala za postizanje vrlo velike efikasnosti procesa. Ovo je značajno sa stanovišta zaštite životne sredine, jer se u proces uvode vrlo male količine reaktanata.

Primenjena reakciona smeša sa količinom vodonik-peroksida od 5mM takođe pokazuje uspeh. Efikasnost nije kao kod

najkoncetrovanijih rastvora ali se efikasnost od 91,3 % smatra uspešnom. Ispitivanje je između ostalog, izvedeno u cilju da se ispita koja bi koncentracija vodonik-peroksida dala zadovoljavajuće rezultate.

4 ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je ispitivanje mogućnosti uklanjanja boje Acid Violet 109 iz simulirane otpadne vode tekstilne industrije Fentonovim reagensom u šaržnom postupku. Ispitan je uticaj koncentracije vodonik-peroksida i količine gvožđa u reakcionoj smeši. Najveći uspeh uklanjanja boje pokazala je smeša u kojoj je koncentracija gvožđa 1 mM a koncentracija vodonik-peroksida 100 mM. Kada je vreme trajanja reakcije preko 60 minuta gotovo sve primenjene koncentracije vodonik-peroksida pokazuju uspeh.

Jedan od nedostataka procesa uklanjanja boje Fentonovim reagensom je stvaranje mulja. Na osnovu eksperimenata izveden je zaključak o količini primenjenih hemikalija kojima se može izvesti tretman otpadne vode bez potrebe daljeg tretiranja nastalog mulja. Ove informacije su značajne zbog naredne faze istraživanja uklanjanja antrahinonske boje iz vode primenom mikroreaktorskih sistema.

ZAHVALNICA

Istraživanja u ovom radu izvršena su u okviru aktivnosti koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod ugovorima evidencioni brojevi 451-03-66/2024-03/200287 i 451-03-65/2024-03/200135.

LITERATURA

[1] **I. S. Herath, D. Udayanga, D.J. Jayasanka, C. Hewawasam**, *Textile dye decolorization by white rot fungi – A review*, Bioresource Technology Reports (2024), 25.

[2] **D. Christian, A. Gaekwad, H. Dani, S. M.A., A. Kandya**, *Recent techniques of textile industrial wastewater treatment: A review*, Materials Today: Proceedings, Volume 77, Part 1, 2023, Pages 277-285

[3] **Castillo-Suárez L. A., Sierra-Sánchez A. G., Linares-Hernández I., Martínez-Miranda V. , Teutli-Sequeira E. A.**, *A critical review of textile industry wastewater: green technologies for the removal of indigo dyes*, Int. J. Environ. Sci. Technol. 20, 2023, Pages 10553–10590

[4] **Atalay S., Ersöz G.**, *Green Chemistry and Water Remediation: Research and Applications*, Elsevier, 2021.

[5] **Ward, D.B., Tizaoui, C., Slater, M.J.**, *Wastewater dye destruction using ozone-loaded VolasilTM245 in a continuous flow liquid-liquid/ozone system*, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 45(2), 2006, Pages 124–139

Autori

Ana DAJIĆ
Inovacioni centar Tehnološko - metalurškog fakulteta u Beogradu, Beograd, Srbija
aveljasevic@tmf.bg.ac.rs

Marina MIHAJLOVIĆ
Inovacioni centar Tehnološko - metalurškog fakulteta u Beogradu, Beograd, Srbija,
msavic@tmf.bg.ac.rs

SMEITS
kgh
DRUŠTVO ZA PROCESNU TEHNIKU
DRUŠTVO ZA AUTOMATIKU
DOIEE
DESV M&E
ESUN
Bilten