

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Marko Spasenović
Predmet / naučna oblast:	Mehaničke i hidromehaničke operacije i oprema
Naziv teme:	Idejno rešenje postrojenja za otprašivanje ljuštionice uljarica kapaciteta 400 t/dan
Mentor:	prof. dr Marko Obradović
Datum odbrane:	25.12.2023.

Prikaz diplomskog rada:

Radom je stavljen akcenat na značaj kvaliteta vazduha u procesnim postrojenjima. U konkretnom procesu odvajanja ljuske od jezgra semena suncokreta, gde nastaju povišene vrednosti koncentracija nečistoća, odnosno prašine i mikročestica u vazduhu, značaj sistema prečišćavanja vazduha dolazi do izražaja.

U kontekstu zaštite zdravlja ljudi, okoline, omogućavanju nesmetanog odvijanja procesa u postrojenju, ali i u cilju smanjenja investicionih i operativnih troškova postrojenja, radom su prikazani osnovni elementi projektovanja sistema otprašivanja.

Na samom početku prikazani su osnovni postupci i bitne veličine za ispitivanje same sirovine. Daljom, dubljom analizom prikazana je mikrostruktura, fizičke i hemijske karakteristike sirovine koje su bitne kada je proces ljuštenja i projektovanje sistema za otprašivanje u pitanju.

U okviru materijalnog bilansa predstavljen je postupak proračuna ciklona, filtra i pada pritiska u deonicama cevovoda, na osnovu tehničkog opisa i projektnog zadatka. Na osnovu predstavljenog proračuna izvršen je izbor odgovarajuće opreme u okviru idejnog rešenja.

Osvrt na karakteristične sklopove nezaobilaznih sistema u postrojenjima za ljuštenje, sa svim pripadajućim podsistemima, ima za cilj da prikaže, osim samog načina funkcionisanja, u kom smeru se kreće razvoj uređaja.

Iako već duže vreme dominiraju na tržištu trenutne izvedbe uređaja kada su konstrukcioni parametri u pitanju, razvoj se ogleda u automatizaciji, odnosu smanjenju ljudske radne snage u postrojenjima. Ovakav razvoj ima za cilj smanjenje operativnih troškova, uz naravno, povišene investicione troškove, ali i otklanjanje faktora ljudske greške.

Predmetno postrojenje ljuštionice se sastoji iz dve paralelne linije ljuštenja i prosejavanja, odnosno čišćenja sirovine. Mašine koje čine srž procesa ljuštenja su udarne horizontalne ljuštilice tipa DGBB, dok su čistilice LACB-20Z-OL, obe proizvođača Buhleg GmbH. Kapacitet postrojenja, definisan projektnim zadatkom iznosi 400 t/dan, na bazi suncokreta.

Za potrebe otprašivanja dela postrojenja, tačnije, za otprašivanje vazduha sa otkisnih mesta na sejnim površinama dve čistilice, potrebno je 300 m³/min.

Naime, za zadatak količinu vazduha, proračunskim modelom je definisan prečnik ciklona od 1,6 m, na osnovu čega su dalje definisane i ostale karakteristične dimenzije. Pad pritiska koji nastaje u ciklonu, računat po metodi Sheperd i Lapple iznosi 1171,9 Pa, pri ukupnoj efikasnosti izdvajanja od 95,5%. Na osnovu proračunskih parametara izabran je ciklon tipa MGXG, pomenutog proizvođača.

Za dalje prečišćavanje vazduha od finih čestica zagađenja, na osnovu proračunskih parametara vršen je izbor vrećastog filtra. Filtar sa 116 vreća, ukupne površine od 99,8 m², sa impulsnim otresanjem je tipa MVRU 116MST, istog proizvođača.

N

a osnovu ukupnog pada pritiska u sistemu od 4522 Pa, i potrebne količine vazduha od 300 m³/min, izračunata potrebna snaga ventilatora iznosi 37 kW. Za ostvarivanje ove funkcije izabran je direktno kuplovani ventilator tipa FQ 631 N, proizvođača Buhler GmbH.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad	
Kandidat:	Andrija Jovanović
Predmet / naučna oblast:	Procesi i postrojenja za pripremu voda
Naziv teme:	Idejno rešenje linije hemijske pripreme vode za parno kotlovsko postrojenje protoka pare od 8 t/h sa pogonskim natpritiskom manjim od 20 bar
Mentor:	prof. dr Dušan Todorović
Datum odbrane:	12.9.2024.

Prikaz diplomskog rada:

Parni kotao je uređaj u kome se hemijska energija goriva procesom sagorevanja transformiše u toplotnu energiju produkata sagorevanja, koja se posredstvom razmenjivačkih površina predaje radnom fluidu koji u njemu isparava i čija se para pregreva do određene temperature. Kao radni fluid najčešće se koristi voda, koja u kotlu isparava, pregreva se i kao finalni produkt dobija se suvozasícena ili pregrejana para.

Sirova voda nikada se ne koristi u parnim kotlovima bez prethodne pripreme. Da bi voda mogla da se koristi u parnim kotlovima mora se strogo paziti na kvalitet vode. Ona mora biti podvrgnuta hemijskoj pripremi da bi se odstranile primese koje mogu da izazovu neželjene efekte poput taloženja (stvaranje kamenca), stvaranja mulja i pojave korozije. Ove pojave izazivaju smanjenje efikasnosti prenosa toplote, smanjenje radnog veka postrojenja i smanjenje pouzdanosti. Zadatak ovog master rada bio je da se idejno rešenje linije HPV za parno kotlovsko postrojenje sa masenim protokom vodene pare od 8 t/h i sa pogonskim natpritiskom manjim od 20 bar. Pre toga je bilo neophodno upoznati se sa zahtevima za kvalitet napojne vode i značaja da voda bude na pravilan način pripremljena, kao i objasniti koje se neželjene pojave javljaju ako voda nije pravilno pripremljena. Pošto se idejno rešenje zasnivalo na upotrebi reverzne osmoze bitno je bilo objasniti membranski postupak pripreme vode.

U prvom poglavlju ovog rada opisano je zašto je bitno na pravilan način pripremiti vodu koja će se koristiti za dobijanje pare u parnom kotlu. Opisana su neka bitna svojstva vode, navedene su primese koje treba izdvojiti iz vode i objašnjeno je zašto je bitno da se one izdvoje. Takođe, u ovom poglavlju pokazano je kako su definisani zahtevi za kvalitetom kotlovske i napojne vode.

U drugom poglavlju opisane su neželjene pojave do kojih dolazi u slučaju da se u kotlovskom postrojenju koristi nepripremljena ili nepravilno pripremljena voda. Zatim su nabrojani i opisani procesi koji se koriste za pripremu vode, izuzev membranske filtracije (koja je obrađena u trećem poglavlju).

U trećem poglavlju opisana membranska filtracija. Rečeno je šta je to membranska filtracija i gde se primenjuje. Objašnjeni su principi i upotreba reverzne osmoze i navedeni su tipovi filtracije. Zatim su opisani osnovni pojmovi neophodni za razumevanje membranskih procesa, kao i problemi zaprljanja membrana i formiranja naslaga na površini membrana. Zatim su opisani materijali od kojih se prave membrane, kao i membranski moduli.

U četvrtom poglavlju dati su bilansi postrojenja linije hemijske pripreme vode i opisani su gubici koje linija HPV treba da nadoknadi. U ovom delu rada dat je i proračun uređaja. Za postrojenje koje proizvodi 8 t/h pare i kod kog je povrat kondenzata oko 10% (0,8 t/h), uz gubitke usled odsoljavanja (0,3 t/h) i ispuštanja pare (0,1 t/h) usvojeno je da postrojenje treba da proizvodi 8 t/h. Zbog efikasnosti RO sistema od oko 75% neophodno je da protok sirove vode bude oko 11 t/h.

U petom poglavlju dato je idejno rešenje linije. Opisani su rad linije i usvojeni su elementi linije. Tabelarno su dati glavni elementi linije, merni instrumenti, kontroleri, pumpe, ventilator, ventili i slavine za uzorkovanje, sa svojim opisom i namenom, a takođe su navedeni i njihovi proizvođači. Usvojena je linija sa mehaničkim filterom finoće filtracije 100 µm, multimedijalni filter sa Greensand Plus ispunom, reverzna osmoza sa spiralnim modulima, degazator, mehanički filter finoće filtracije 100 µm, omekšivač za izdvajanje zaostalih jona kalcijuma i magnezijuma, kao i dozirni sistemi (za kontinualnu regeneraciju deferizacije ispune, za prevenciju taloženja kalcijum karbonata, za dehlorsanje, za biocid, za kondicioniranje permeata).

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Lazar Petrović
Predmet / naučna oblast:	Mehaničke i hidromehaničke operacije i oprema
Naziv teme:	Idejno rešenje postrojenja za pneumatski transport sojine sačme kapaciteta 6 t/h
Mentor:	prof. dr Nikola Karličić
Datum odbrane:	30.9.2024.

Prikaz diplomskog rada:

Obrada soje i njenih produkata je veoma složen i zahtevan postupak. Iz soje se izdvaja sojino ulje mehaničkim putem ili alkoholnom ekstrakcijom, pomoću rastvarača. Nakon ekstrakcije ulja, preostala masa predstavlja sojinu sačmu, od koje se proizvodi stočna hrana jer je bogata proteinima. U okviru postrojenja za preradu soje i sojinih produkata neophodno je postojanje transportnih sistema koji treba da prenose soju i njene produkte željenim kapacitetom do određenih uređaja, mašina, skladišnih posuda, silosa i sl. U praksi se najčešće zrnasti i praškasti materijali, u šta spada i soja i sojina sačma, transportuju pomoću pneumatskih transportnih sistema, upravo zbog toga jer je ovaj način transporta najpogodniji za transport rastresitih materijala.

U okviru ovog rada obrađene su teorijske osnove pneumatskog transporta, analizirani su tipovi i komponente sistema pneumatskog transporta, obrazloženi su uticaji materijala na odabir adekvatnog sistema pneumatskog transporta i predstavljena je metodologija proračuna pneumatskog transporta. Takođe, opisane su karakteristike i primena soje i sojine sačme, kao i postupak proizvodnje stočne hrane od sojine sačme. Praktični deo rada je sačinjen od projektovanja idejnog rešenja postrojenja za pneumatski transport samlevene sojine sačme, od mlina do skladišnih siloćelija u okviru fabrike za preradu soje i njenih produkata, kapaciteta 6 t/h sa izborom opreme. Mlin i skladišne siloćelije se nalaze u okviru jednog objekta u postrojenju za preradu soje i sojinih produkata. Kao idejno rešenje za transport sojine sačme od mlina do siloćelija usvojen je potisni sistem pneumatskog transporta zbog ograničenog raspoloživog prostora u koji se može smestiti transportni cevovod i zbog potrebe za transportovanjem materijala u više siloćelija. Trasa transportnog cevovoda je projektovana tako da cevi idu uz zid i krov objekta, kako ne bi predstavljale prepreku. Izračunavanjem pada pritiska i potrebne snage strujne mašine dobijaju se neophodni podaci na osnovu kojih se usvaja duvaljka poželjnih karakteristika. Proračunom se dobija da prečnik transportnog cevovoda treba da iznosi 100,624 mm, na osnovu čega se usvaja da je transportni cevovod izrađen od bešavnih čeličnih cevi DN100(114,3×6,3)mm. Na osnovu rezultata proračuna dobija se da snaga duvaljke mora da bude veća od 18,375 kW, te se usvaja duvaljka AERZEN GM 15 L-G5 DN100 sledećih karakteristika: snaga mašine: 30 kW; količina isporučenog vazduha: 17,3 m³/min; pad pritiska koji može da savlada: 0,7 bar.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad	
Kandidat:	Uroš Kovačević
Predmet / naučna oblast:	Biotehnologija
Naziv teme:	Idejno rešenje linije za proizvodnju piva kapaciteta 500 hl/god
Mentor:	prof. dr Nikola Karličić
Datum odbrane:	30.9.2024.

Prikaz diplomskog rada:

Mikropivare su male nezavisne pivare sa godišnjim kapacitetom proizvodnje piva koji obično ne prelazi 5000 hektolitara. One se razlikuju od velikih industrijskih pivara zbog fokusa na kvalitetu, inovaciji i raznolikosti ukusa. Proces proizvodnje u mikropivari, mada u manjem obimu, obuhvata sve ključne faze industrijske proizvodnje piva, ali sa većom fleksibilnošću u pogledu prilagođavanja receptura i stila piva specifičnim zahtevima tržišta.

U radu su obrađene osnovne sirovine za proizvodnju piva, voda, ječam, hmelj i kvasac. Osim toga izvršena je analiza tehnološkog procesa proizvodnje piva sa pratećom opremom. Akcenat je stavljen na tehnologiju i konstrukciona rešenja opreme za proizvodnju piva iz domena procesne tehnike. Iz tog razloga, u ovom master radu nisu obrađeni procesi punjenja piva, koji takođe predstavljaju značajan deo proizvodnog sistema.

Idejno rešenje pivare sa određivanjem potrebnog kapaciteta varionice i fermentora, kako bi se osigurala proizvodnja od 500 hektolitara godišnje. Materijalni bilans za jedno kuvanje piva omogućio je precizan uvid u potrošnju neophodnih sirovina. Pored toga, sproveden je detaljan mehanički i toplotni proračun cilindrično-konusnog fermentora kapaciteta 1250 l, u cilju obezbeđivanja optimalnih uslova za proces fermentacije.

Kapacitet od 500 hektolitara godišnje je dobar izbor za početak rada mikropivare jer omogućava stabilan i organizovan proizvodni proces, uz mogućnost fleksibilnog planiranja. Uz pažljivo dimenzionisanje i odgovarajuću konfiguraciju opreme, postoji potencijal za proširenje kapaciteta u budućnosti, naročito ugradnjom dodatnih fermentatora, što bi omogućilo povećanje obima proizvodnje bez značajnijih izmena u postojećoj proizvodnoj liniji. Ovaj modularni pristup omogućava pivari da poveća proizvodni kapacitet na ekonomičan i efikasan način.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Katarina Telebak
Predmet / naučna oblast:	Biotehnologija
Naziv teme:	3D štampani materijali u procesima biološke obrade otpadnih voda
Mentor:	prof. dr Nikola Karličić
Datum odbrane:	30.9.2024.

Prikaz diplomskog rada:

Primena 3D štampe u izradi komponenti za barbotажne bioreaktore predstavlja značajan korak ka inovativnim rešenjima u biološkim procesima prerade otpadnih voda. Ispitivanja različitih materijala, kao što su PLA i PET-G, pokazala su potencijal za smanjenje troškova i unapređenje funkcionalnosti bioreaktora kroz brzu i ekonomičnu proizvodnju zamenskih delova.

U okviru master rada sprovedeno je eksperimentalno ispitivanje 3D štampanih materijala, PLA i PET-G, na mašini za kidanje i na pritisak, na osnovu čega je izabran materijal za izradu statičkog distributera vazduha. Nakon izbora materijala, izrađena su dva statička distributera vazduha istih dimenzija, ali različitih gustina ispune materijala. Prvi distributer imao je gustinu ispune od 25%, dok je kod drugog distributera gustina ispune povećana na 50%. Takođe, sprovedena su i eksperimentalna ispitivanja pada pritiska kod tri statička distributera vazduha – dva štampana i jednog keramičkog – u koloni ispunjenoj vodom.

Cilj rada bio je da se utvrdi mogućnost korišćenja 3D štampanih materijala u procesima biološke obrade otpadnih voda, odnosno da se pokaže na koji način 3D štampani distributeri mogu predstavljati inovativno i efikasno rešenje u bioprocima, omogućavajući brzu, jednostavnu i ekonomičnu zamenu delova u slučaju nedostataka konvencionalnih distributera vazduha.

Eksperimentalno ispitivanje materijala urađeno je na univerzalnoj mašini za ispitivanje Shimadzu AGS-X serije, kapaciteta do 100 kN. Za potrebe ispitivanja izrađeno je ukupno 20 epruveta – po 10 od PLA i PET-G materijala. Za svaki materijal, pet epruveta korišćeno je za ispitivanje na pritisak, a pet za ispitivanje na kidanje.

Rezultati ispitivanja pokazali su značajne razlike u mehaničkim i termičkim svojstvima ova dva materijala. PET-G je izabran kao superiorniji materijal za 3D štampanje statičkog distributera u sistemu za prečišćavanje otpadnih voda, zahvaljujući većoj hemijskoj otpornosti, čvrstoći i otpornosti na udarce, što ga čini pogodnijim za rad u bioreaktorima.

Za eksperimentalna ispitivanja pada pritiska kod statičkih distributera vazduha korišćena je polipropilenska kolona dimenzija 600×600×1300 mm, sa odgovarajućim priključcima i armaturom. Ispitivani uzorci distributera vazduha imali su sledeće dimenzije: dužina 210 mm, spoljašnji prečnik 70 mm, unutrašnji prečnik 30 mm i debljina zida 20 mm.

Ispitivanje je započeto merenjem temperature okolnog vazduha i vode unutar kolone, nakon čega je uključena duvaljka. U trenutku pojave prvih mehurova kroz distributer merena je vrednost nadpritiska ispred distributera i merne prigušnice, kako bi se utvrdila razlika pritiska. Regulacija protoka vazduha postignuta je upotrebom regulatora protoka i ventila za rasterećenje, dok nije dostignut zadati režim ispitivanja. Po završetku eksperimenta kompresor je isključen, ventil za rasterećenje potpuno otvoren, a voda iz kolone ispuštena kroz ventil za drenažu u kanalizaciju.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Istraživanje je pokazalo da je štampani distributer sa gustinom ispune od 25% efikasniji u smislu nižeg pada pritiska pri različitim protocima vazduha u odnosu na štampani distributer sa gustinom ispune od 50%. Iako se očekivalo da će veća gustina ispune doprineti boljim rezultatima, dobijeni podaci ukazuju da distributer sa 50% ispune ima veći pad pritiska, što može ukazivati na nesavršenosti štampanog dela ili same instalacije, usled kojih može doći do nestabilnosti protoka vazduha. Poređenja radi, keramička cev imala je drugačiji profil pada pritiska zbog svoje strukture i svojstava. Keramika je poznata po visokoj otpornosti na hemijske agense, zbog čega je pogodna za okruženja sa agresivnim hemikalijama. Takođe, keramičke cevi imaju dobru termičku otpornost i mogu izdržati visoke temperature bez deformacija, kao i visoku mehaničku čvrstoću i otpornost na abraziju, što je značajno u sistemima sa mehaničkim opterećenjem.

Prvi rezultati naglašavaju prednost korišćenja PET-G plastike sa nižom gustinom ispune za sisteme koji zahtevaju efikasnu raspodelu vazduha, dok keramička cev može biti pogodna za specifične uslove u kojima su potrebne osobine poput hemijske otpornosti, termičke stabilnosti i mehaničke izdržljivosti.

Preporučuje se korišćenje 3D štampanih distributera vazduha za protoke do 10 m³/h, jer kod većih protoka mogu nastati problemi usled nesavršenosti instalacije ili drugih faktora. Stoga je važno pažljivo razmotriti specifične uslove rada i instalacije kako bi se osigurala optimalna efikasnost rada distributera.

U budućim istraživanjima može se razmotriti optimizacija gustine ispune i oblikovanja štampanih distributera kako bi se postigli još bolji rezultati u pogledu protoka i smanjenja pada pritiska. Pored toga, planirano je dalje istraživanje i merenje rastvorenog kiseonika u vodi, kako bi se dobili podaci o efikasnosti raspodele gasova u sistemu.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Filip Dević
Predmet / naučna oblast:	Upravljanje otpadom i otpadnim vodama
Naziv teme:	Ispitivanje procesnih karakteristika uređaja za zagrevanje prostora automatski loženog drvenim peletom
Mentor:	prof. dr Aleksandar Jovović
Datum odbrane:	30.9.2024.

Prikaz diplomskog rada:

Proces testiranja peći na pelet SIA bio je neophodan kako bi se osiguralo da peć zadovoljava stroge ekološke i energetske standarde, posebno u skladu sa zahtevima SRPS EN 14785:2011 i nemačkim propisom BImSchV (Bundes-Immissionsschutzverordnung), koji reguliše dozvoljene emisije štetnih materija. Ispitivanja su uključivala merenja emisije ugljen-monoksida (CO), azotnih oksida (NOx), čvrstih čestica, kao i analizu energetske efikasnosti peći.

Prvo testiranje je sprovedeno kako bi se procenila osnovna efikasnost peći i njene emisije u različitim radnim uslovima, uključujući nominalnu i minimalnu snagu. Iako su rezultati bili zadovoljavajući za većinu parametara, pojavili su se problemi sa emisijom čvrstih čestica na minimalnoj snazi, koja je bila iznad dozvoljenih granica propisanih standardom EN 14785:2011 (dozvoljeno je do 40 mg/Nm³). Čvrste čestice su dostigle vrednost pri kojima su zahtevale korekciju u dizajnu, što je dovelo do potrebe za modifikovanjem ložišta peći. Pored toga, primećene su fluktuacije u emisijama ugljen-monoksida, koje su se približile gornjim granicama dozvoljenih vrednosti.

Da bi se rešili ovi problemi, izvršene su ključne modifikacije na peći, uključujući vraćanje tangencijalnog ventilatora za konvekciju, koji je inicijalno bio uklonjen kako bi se smanjila buka. Ovaj ventilator je omogućio efikasnije odvođenje toplote i bolju cirkulaciju vazduha u peći, što je rezultiralo poboljšanjem ukupnih performansi i smanjenjem emisija. Pored toga, izmenjivači toplote su optimizovani kako bi se poboljšalo hlađenje i smanjila temperatura izduvnih gasova, čime se povećala efikasnost sagorevanja.

Nakon modifikacija, sprovedeno je drugo testiranje, kako u laboratoriji Kvalitet Niš, tako i u akreditovanoj laboratoriji u Brnu (Češka), koja je specijalizovana za testiranje emisija i energetske efikasnosti. Drugo testiranje je pokazalo da su problemi sa čvrstim česticama uspešno rešeni, jer su rezultati pokazali emisiju čvrstih čestica u granicama od 18 mg/Nm³, što je znatno niže od dozvoljene granice od 40 mg/Nm³.

Peć SIA je uspešno dobila sertifikate u skladu sa SRPS EN 14785:201, što je potvrdilo njenu usklađenost sa evropskim standardima za emisiju štetnih materija i energetske efikasnost. Takođe, dobijen je i sertifikat za usklađenost sa BImSchV, što omogućava njen plasman na nemačko tržište. Ovi sertifikati su od ključne važnosti jer osiguravaju da peć ispunjava sve potrebne uslove za bezbednost, efikasnost i zaštitu životne sredine.

Rezultati testiranja i postignute modifikacije pokazuju da peć SIA sada ispunjava sve stroge zahteve koji važe u Evropskoj uniji, što je ključno za njenu buduću komercijalizaciju. Ispunjavanjem ovih standarda, peć doprinosi smanjenju zagađenja vazduha i unapređenju energetske efikasnosti u domaćinstvima.

Ovaj proces testiranja i sertifikacije je pokazao značaj pažljivog inženjerskog pristupa i kontinuirane optimizacije sistema grejanja, sa posebnim akcentom na ekološke standarde i energetske efikasnost.