

Autori:
MIRJANA S. STANKOVIĆ
LATO L. PEZO

Saradnici na projektu:
Dušan Vučelić, Mirjana Stanković,
Predrag Savić, Lato Pezo

Institut za opštu i fizičku hemiju,
Beograd

STRUČNI RAD

546.33-36+66.048:66.012.7

POVEĆANJE KAPACITETA UPARIVAČKE STANICE

Inženjering HP IOFH je izradio bazni tehnološki projekat uparivačke stanice u fabrici za proizvodnju deterdžentskog zeolita u okviru fabrike "Zeolite Mira", Mira, Italija. Uparivačka stanica je kapaciteta 15.000 kg isparene vode na sat, pri čemu se od 26.000 kg 11% vodenog rastvora NaOH dobija 11.000 kg 26% vodenog rastvora NaOH.

U fabrici za proizvodnju deterdžentskog zeolita "Zeolite Mira", Mira, Italija, primenjuje se tehnološki postupak koji su razvili stručnjaci HP IOFH. Inženjering HP IOFH je učestvovao ne samo u projektovanju, planiranju i izgradnji fabrike već i u puštanju fabrike u rad i u osposobljavanju radnika. Stručnjaci HP IOFH su permanentno vršili kontrolu proizvodnje, kao i kontrolu kvaliteta sirovina i gotovog proizvoda i kontrolu rada uparivačke stanice.

Kvalitet ulazne sirovine (11% NaOH), prikazan je sledećim karakteristikama: bezbojna tečnost, gustina 1,14 g/cm³, 115 g/l sadržaj Na₂O, 6 g/l sadržaj Al₂O₃, 0,5 g/l sadržaj SiO₂, viskoznost 0,002 Pas, sadržaj NaOH 11%, temperatura 56°C, pH 12-13. Kvalitet gotovog proizvoda (26% NaOH) je bezbojna tečnost, gustina 1,27 g/cm³, 258 g/l sadržaj Na₂O, 12 g/l sadržaj Al₂O₃, 1,3 g/l sadržaj SiO₂, 0,0025 Pas, sadržaj NaOH 26%, temperatura 57°C, pH 13.

OPIS PROCESA

Najveći broj modernih uparivačkih sistema radi na principu vertikalnih uparivača sa padajućim filmom, pošto ovi uparivači obezbeđuju najbolji odnos između cene i kapaciteta. Vertikalni uparivači sa dugačkim cevima se obično sastoje od jednostavnog jednoprolaznog vertikalnog cevnog izmenjivača toplote sa omotačem, koji se prazni u relativno mali parni prostor. Obično se nivo tečnosti održava u parnom prostoru, a vreme zadržavanja tečnosti je svega nekoliko sekundi.

Uparivač obično radi u jednoprolaznom režimu, pri čemu se koncentracija povećava od ulazne do izlazne, za vreme koje je potrebno da tečnost i oslobođena para prođu kroz cevi. Usled dužine cevi i relativno visokog koeficijenta prelaza toplote, moguće je ostvariti veći kapacitet jedne jedinice u ovom tipu uparivača nego u bilo kom drugom tipu.

Ulazni rastvor ulazi na vrhu cevi, počinje da ključa duž cevi, a mešavina uparene tečnosti i formirane pare izlazi na dnu suda pri velikoj brzini, udarajući u usmeri-

vač struje, koji prosleđuje mešavinu u parni prostor. Ovaj usmerivač je efikasan kao primarni separator i kao razbijač pene.

U mnogim slučajevima, kada je odnos protoka tečnosti prema uparenoj vodi ili odnos protoka tečnosti prema grejnoj površi mali, poželjno je obezbediti recirkulaciju proizvoda kroz uparivač. Ovo se može obezbediti dodavanjem by-pass linije između izlaza i ulaza u uparivač.

Temperatura tečnosti u cevima uparivača sa dugim cevima nije ista u svim tačkama duž cevi i teško je sračunati njenu vrednost. Na gornjem kraju, tečnost obično ne ključa, nego se zagreva u kontaktu sa grejnom površinom. Pošto su ulazne brzine tečnosti obično vrlo male, stvarni koeficijenti razmene toplote su mali u ovim zonama. Od ove tačke nadalje tečnost počinje da ključa i temperatura opada, zbog smanjenja statičkog trenja i protok se povećava, sve dok mešavina pare i tečnosti ne dostigne dno cevi gde vlada temperatura parnog prostora. Stoga je stvarna temperaturska razlika u zoni ključanja uvek manja od ukupne temperaturske razlike između temperature pare i temperature parnog prostora.

Iako je stvarni koeficijent prenošenja toplote u zoni ključanja prilično visok, on se delimično menja sa smanjenjem razlike temperatura. Tačka u cevi u kojoj ključanje počinje i u kojoj se dostiže maksimum temperature je veoma zavisna od procesnih parametara kao što su protok na ulazu u isparivač, ulazna temperatura, osobine ulaznog materijala i toplotni fluks.

Izvedba isparivača sa dugačkim vertikalnim cevima sa padajućim filmom eliminiše probleme sa hidrostatičkim pritiskom. Tečnost se dovodi na vrh cevi i klizi niz cevi u tankom sloju filma. Odvajanje pare od tečnosti obično se dešava na dnu suda, iako su neki isparivači ovog tipa uređeni tako da se para uzdiže kroz cevi u suprotnom smeru od toka tečnosti. Pad pritiska kroz cevi je obično veoma mali, a temperatura tečnosti koja ključa je ista kao i temperatura u parnom prostoru. Isparivači sa padajućim filmom se široko koriste za koncentrovanje, pošto je vreme zadržavanja veoma malo, tečnost se ne pregreva tokom prolaska kroz isparivač, a koeficijenti razmene toplote su visoki, čak i na niskim temperaturama ključanja.

Adresa autora: M. Stanković, Institut za opštu i fizičku hemiju, a.d. Beograd, Studentski trg 12/15, 11000 Beograd
Materijal pripremljen za publikovanje: Decembar 20, 2002.

Osnovni problem sa isparivačima sa dugačkim vertikalnim cevima sa padajućim filmom jeste raspoređivanje tečnosti u cevima, pošto je veoma važno da sve cevi budu jednako kontinualno snabdevane. Ovo obično zahteva recirkulaciju, osim ako protok tečnosti u odnosu na isparavanje nije prilično visok.

Prednosti isparivača sa dugačkim vertikalnim cevima su: niska cena, velika površina za razmenu toplote, mali gabariti, zauzimaju malo prostora, dobri koeficijenti za prenos toplote pri odgovarajućim razlikama temperatura. Nedostatak ovih isparivača je što nisu pogodni za ugušćivanje slanih tečnosti i tečnosti koje se talože i što je obično potrebna recirkulacija za izvedbu sa padajućim filmom. Najšira primena ovih isparivača je za: čiste tečnosti, tečnosti koje pene, korozivne rastvore, velika opterećenja pri isparavanju i za rad pri niskim temperaturama.

Jedan od najjednostavnijih načina za smanjivanje energetske troškova za isparivač je termokompresija pare iz jednoprolaznog isparivača, tako da se zagrejani medijum koristi u istom isparivaču. Kompresija se može ostvariti mehaničkim putem ili sa parnim ejektorom.

Ovakvi isparivači se široko koriste, svuda gde je dostupna električna energija, a gorivo za proizvodnju pare je skupo. Termokompresija u parnom ejektoru ima prednosti kada je para pristupačna na pritisku prilično većem od onog koji se koristi u isparivaču. Efikasnost parnog ejektora je dosta niska, i drastično opada ukoliko se parni ejektor koristi u uslovima za koje nije projektovan. Stoga se koriste višestruki ejektori, u slučaju kada se očekuje širok opseg brzina isparavanja. Zbog niske cene investicije i mogućnosti da obrađuje velike zapremine pare, parni ejektor se koristi da poboljšaju ekonomske parametre isparivača koji rade na niskim temperaturama. Parni ejektori imaju toplotni ulaz nešto veći nego što je potrebno za zagrevanje sistema i deo toplote se stoga gubi.

Osnovni cilj višestrukih isparivača je smanjenje potrošnje energije. Većina ovakvih izmenjivača radi kontinualno. Kod višestrukih isparivača, para iz spoljnog izvora se kondenzuje u prvom stepenu. Prvi stepen radi na temperaturi ključanja, tako da isparena voda služi kao zagrevni medijum za sledeći stepen. Ovde isparava dodatna količina vode, koja služi kao zagrevni medijum za treći stepen, ili se kondenzuje, itd. Kao prva aproksimacija, ekonomski parametri sistema višestrukog isparivača rastu proporcionalno broju stepena isparivača.

Poboljšanje ekonomskih parametara višestrukog isparivača se ostvaruje na račun investicije isparivača. Ukupna površina za razmenu toplote raste sa povećanjem broja stepena isparivača. Ovo je samo približno, pošto prelazak sa jednog na dva stepena znači da se predaja toplote viši na višem temperaturskom nivou gde su koeficijenti prelaza toplote viši. S druge strane, rad na nižim razlikama temperatura smanjuje koeficijent prelaza toplote za mnoge tipove isparivača. Ukoliko materijal ima znatno povećanje tačke ključanja to će takođe smanjiti temperatursku razliku. Jedini pouzdan način predviđanja promena ekonomskih parametara i prostora potrebnog za postrojenje pri promeni broja stepena isparivača je detaljan toplotni i materijalni bilans zajedno

sa analizom efekata promene na osobine prelaza toplote pri radnim uslovima.

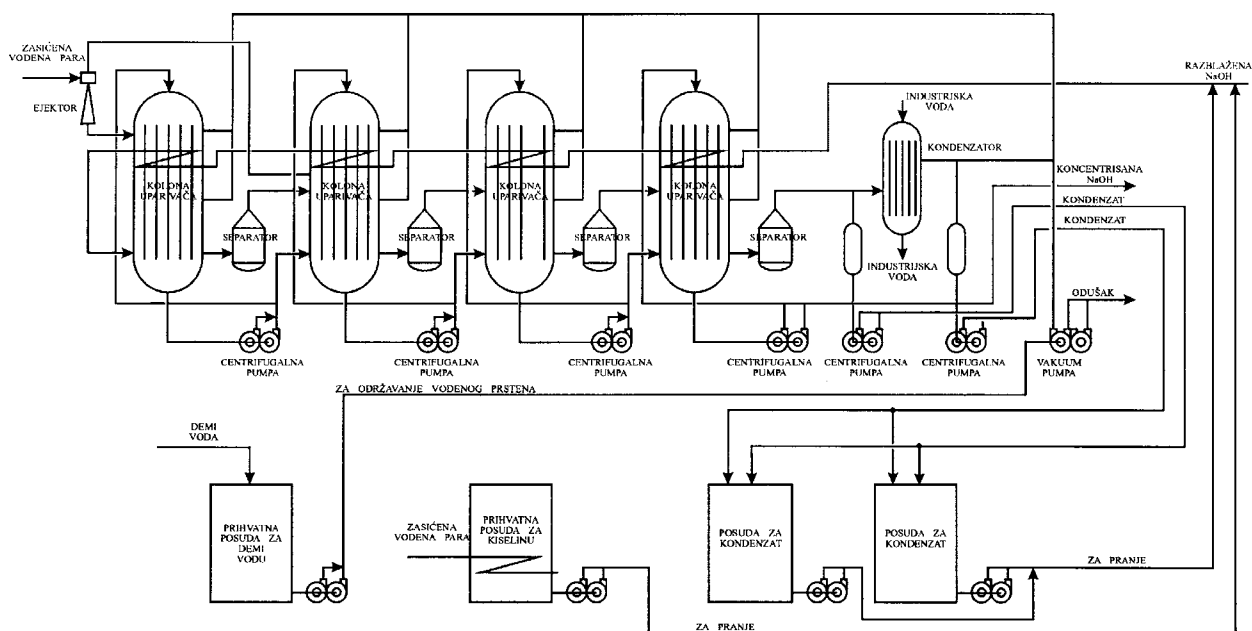
Tečnost se u višestrukom isparivaču prenosi iz jednog u drugi stepen, redno, tako da se krajnji proizvod dobija samo u jednom stepenu isparivača. Kod povratnog doziranja, sirovi materijal ulazi u poslednji (najhladniji) stepen, a izlaz iz ovog stepena postaje ulaz za prethodni stepen itd. sve do prvog stepena iz koga izlazi gotov proizvod. Ovaj metod rada ima prednosti ukoliko je ulazni materijal hladan, pošto mnogo manje tečnosti mora da se zagreva na višu temperaturu koja je u početnim stepenima. Ovaj metod se takođe koristi kada je proizvod veoma viskozan, i visoke temperature su potrebne da bi smanjile viskoznost i da bi se dobio dobar koeficijent prelaza toplote. Kada je viskoznost proizvoda visoka, ali ne sme da se zagreva, tečnost iz prvog stepena se ponekad obara na nižu temperaturu u jednom ili više stepena, a oborena para se dodaje pari iz ostalih stepena isparivača.

Za potrebe uparavanja razblaženog natrijum hidroksida u fabrici za proizvodnju deterdžentskog zeolita predviđen je isparivač sa četiri stepena. Četiri uparivačke kolone čine seriju, koja je zasnovana na principu padajućeg filma. Na slici 1 prikazana je uparivačka stanica fabrike za proizvodnju deterdžentskog zeolita. Parni prostori su spojeni sa kolonama uparivača. Na kraju četvrtog stepena nalazi se vertikalni cevni kondenzator. Pre prvog stepena je montiran parni ejektor, koji se koristi za termokompresiju pare. Svaki stepen isparivača ima svoju posebnu cirkulacionu pumpu, koja se koristi za potrebe cirkulacije i transporta koncentrovanog rastvora NaOH. Vakuumpumpa se koristi za odvajanje kondenzata od vazduha. Centrifugalna pumpa se koristi za obaranje prezasićene vodene pare (vlaženje pare). Vakuumpumpa i pumpe za kondenzat su postavljene na kraju četvrtog stepena.

Razblaženi rastvor NaOH se transportuje iz postrojenja za filtraciju deterdžentskog zeolita i na tom cevovodu je montiran maseni merač protoka. Razblaženi rastvor NaOH prolazi kroz sve kolone (od četvrte do prve). Prezasićena vodena para prolazi kroz ejektor, ovlaži se čistim kondenzatom iz centrifugalne pumpe, a zatim ulazi u kolonu 1. Para prolazi između cevi u cevnom registru ove kolone, dok razblaženi natrijum hidroksid prolazi kroz cevi sa vrha ka dnu kolone. Generisana sekundarna (Bridova) para se sa dna kolone 1 isparivača prenosi dalje u sledeće stepene isparivača. Pare iz sva četiri isparivača se skupljaju u cevovodu koji ide prema kondenzatoru, gde se kondenzuju.

Čist kondenzat se prebacuje u posudu za prihvatanje čistog kondenzata. Sekundarni (nečisti) kondenzat se skuplja u posudi za nečisti kondenzat, a nastaje od sekundarnih para. Koncentrovani rastvor NaOH se transportuje kroz sve kolone isparivača (od prvog do četvrtog), korišćenjem centrifugalnih pumpi, u postrojenje za kristalizaciju zeolita. Industrijska voda se koristi za kondenzaciju pare u vertikalnom kondenzatoru i za hlađenje zaptivki centrifugalnih pumpi, kao i za održavanje vodenog prstena u vakuum pumpi sa vodenim prstenom.

Radni period isparivača je 19 smena, a jedna od dve smene su predviđene za pranje (ukupno 7 radnih dana). Pranje posuda se vrši sa 4% HNO₃. Razblažena



Slika 1. Uparivačka stanica fabrike za proizvodnju deterđženskog zeolita
 Figure 1. Technological scheme of the evaporation unit for the production of detergent zeolite

kiselina se transportuje kroz iste cevi kao i rastvor natrijum hidroksida. Kondenzat se koristi za čišćenje i on prolazi istim putem kao i razblažena kiselina.

ZAKLJUČAK

Dobijeni proizvod zadovoljava sve propise kvaliteta, kao i propise o zaštiti životne sredine. Rad uparivačke stanice je potpuno automatizovan, čime je ostvareno to da proizvod ima ujednačen kvalitet. U radu uparivačke stanice nema otpada, pošto se sav proizvod nezadovoljavajućeg kvaliteta vraća nazad u proces. Proces

proizvodnje se može voditi i ručno, što je neophodno pri probnom režimu rada i pri remontu postrojenja. Ugradnjom uparivačke stanice u fabriku za proizvodnju deterđženskog zeolita dobio se potpuno zatvoren tok filtrata. 11% rastvor NaOH nastaje pri filtraciji deterđženskog zeolita i umesto da predstavlja štetan otpad on se uparava do 26% rastvora NaOH i kao takav se vraća nazad, u fabriku za proizvodnju deterđženskog zeolita, konkretno – u postrojenje za rastvaranje vlažnog hidrata. Time se postiže ne samo zaštita životne sredine, već i visok nivo ekonomičnosti procesa.

SUMMARY

INCREASING THE CAPACITY OF AN EVAPORATION UNIT

(Professional paper)

Authors: Mirjana S. Stanković, Lato L. Pezo

Project associates: Dušan Vučelić, Mirjana Stanković, Predrag Savić, Lato Pezo

Institute of General and Physical Chemistry, Belgrade

The IGPC Engineering Department designed a basic technological project for an evaporation unit for detergent zeolite production at "Zeolite Mira", Mira, Italy. The evaporation unit was for a capacity of 15,000 t/h of evaporated water per hour from 26,000 t/h of 11% NaOH solution.

The gained product meets all quality regulation, as well as environmental regulations. The evaporation process is fully automatized, and the product has uniform quality. There is no waste material in detergent zeolite production, because all products with unsatisfactory quality are returned to the process. The production process can be controlled manually, which is necessary during start-up, and repairs. A fully closed cycle of filtrate was achieved by installing an evaporation unit. 11% NaOH solution is produced in detergent zeolite filtration, which is dangerous waste. It is evaporated to 26% NaOH solution and afterwards returned to the wet hydrate dissolution plant. In this way environmental protection is achieved, as well as a highly economical process.

Key words: Evaporation unit • Technology • Plant •
 Ključne reči: Uparivačka stanica • NaOH • Tehnologija •