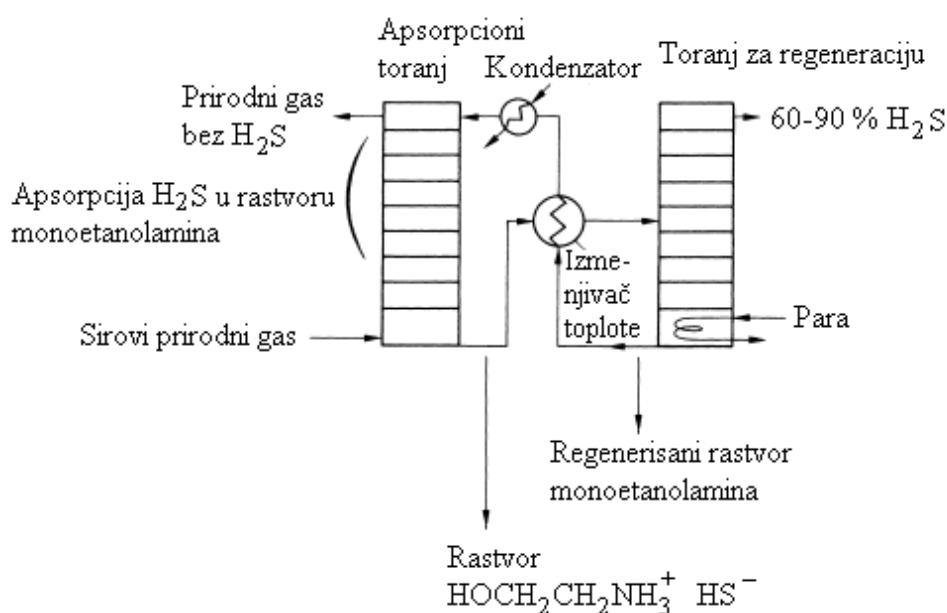


19. Dobijanje vodonik-sulfida iz prirodnog gasa i Klausov postupak

Sušlina postupka:

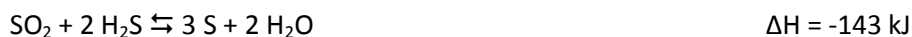
Vodonik-sulfid iz prirodnog gasa se odvaja apsorpcijom u rastvorima amina (najčešće monoetanol-amin u dietilen-glikolu ili metildietanolamin). Apsorpcija se izvodi u tornju u koji se vodonik sulfid uvodi odozdo, a rastvor za apsorpciju se rasprskava odozgo. H₂S reaguje sa rastvorom gradeći rastvornu nestabilnu so. Rastvor se zatim prebacuje u drugi toranj gde se so razlaže zagrevanjem i time regeneriše apsorpcioni rastvor koji se vraća u proces, a H₂S se izdvaja na vrhu kolone u gasovitom stanju.

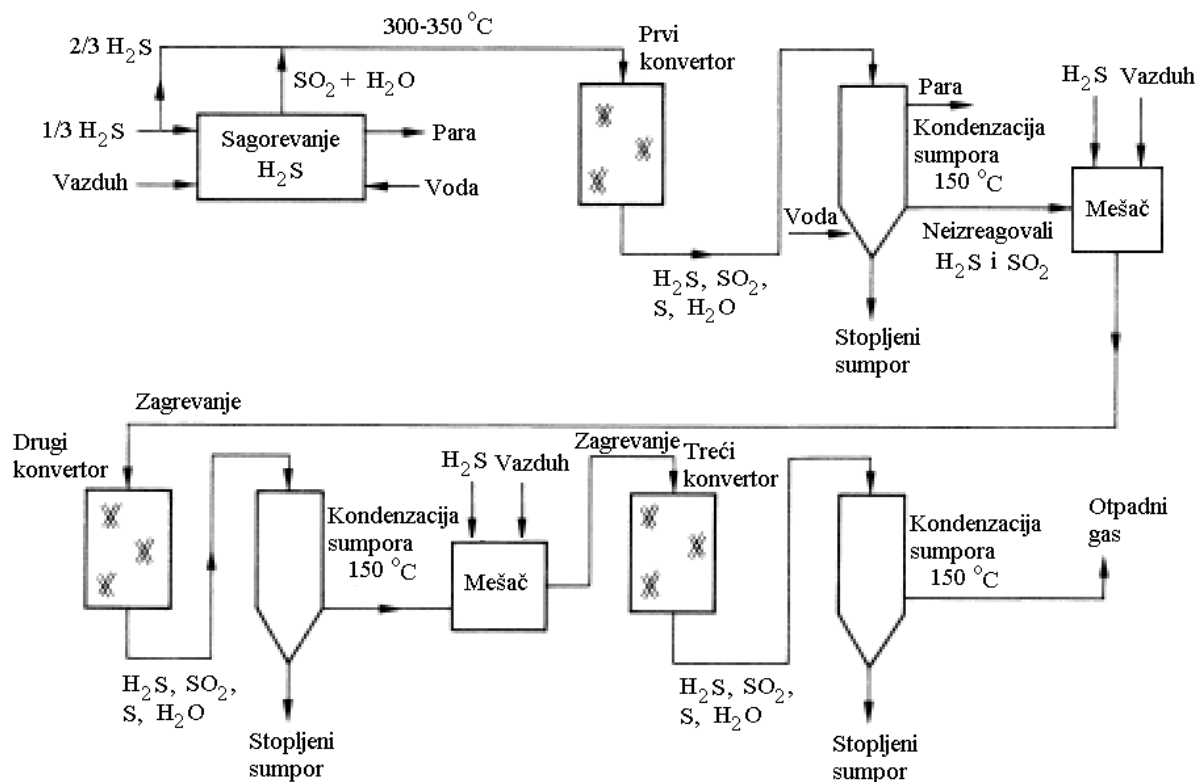


Slika 29. Odvajanje H₂S iz prirodnog gasa apsorpcijom u rastvoru amina.

Klausov postupak:

Zasniva se na reakciji H₂S i SO₂ u kojoj se sumpor simproporcioniše u elementarni sumpor. Prvo se jedna trećena H₂S sagori u struji vazduha, a zatim nastali SO₂ reaguje sa ostatkom H₂S u prisustvu katalizatora na bazi FeO, Al₂O₃ ili Co-Mo katalizatora.





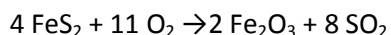
Slika 30. Klausov postupak dobijanja sumpora iz vodonik-sulfida.

Pitanja i odgovori:

20. Dobijanje sumpor-dioksidnog gasa prženjem pirita

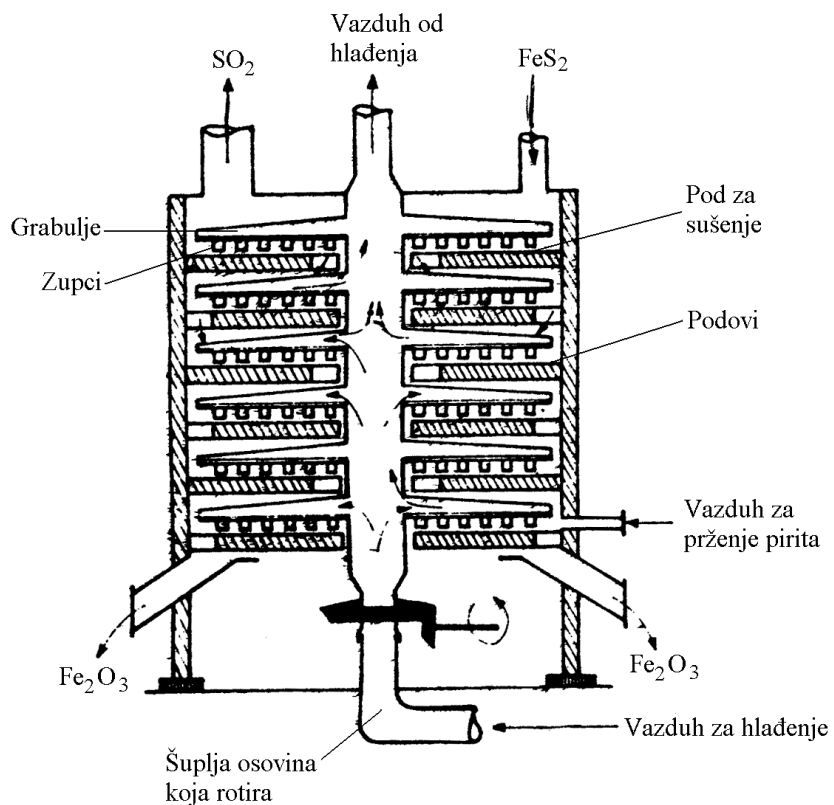
Sušlina procesa:

Pri prženju sulfidnih ruda nastaje SO_2 i odgovarajući oksidi metala:

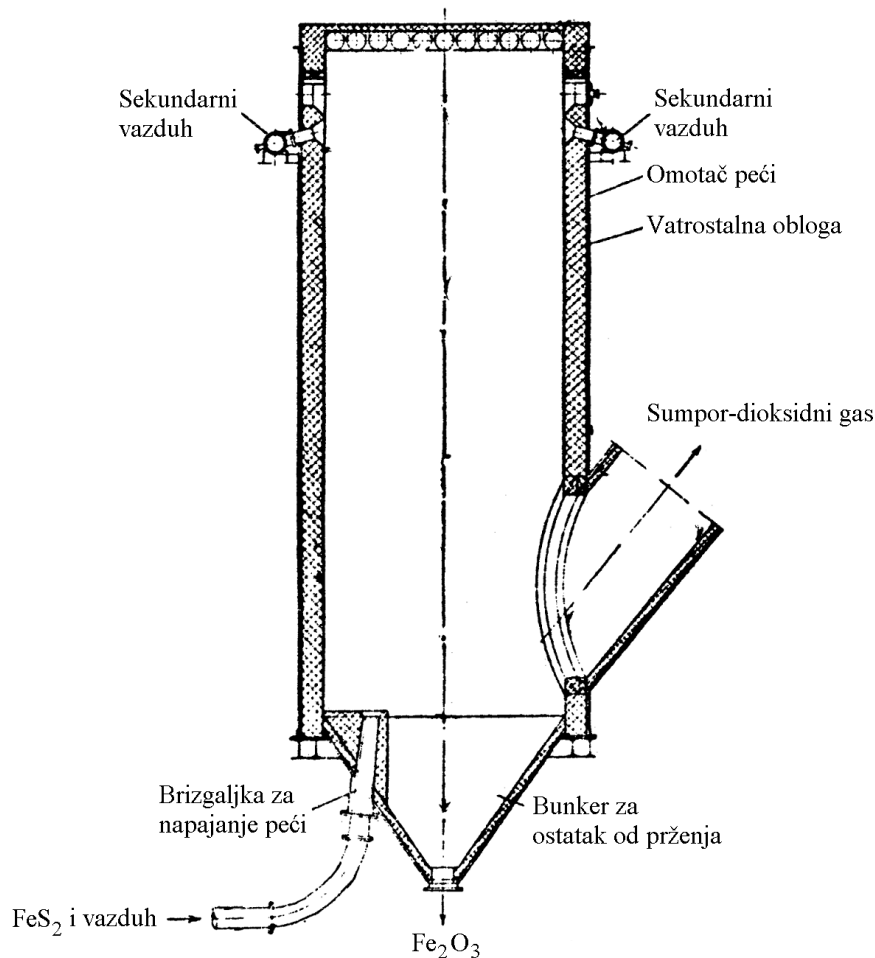


$$\Delta H = -1660 \text{ kJ}$$

Sulfidna ruda se prvo zapali, a onda se reakcija odigrava na određenoj temperaturi bez potrebe za dovođenjem toplote jer je reakcija vrlo egzotermna. Proces se odvija u etažnim ili rotacionim pećima ili se primenjuje prženje u lebdećem i fluidizovanom sloju. Pri prženju u etažnim pećima sulfidna ruda se nalazi na čvrstoj podlozi i stalno se meša dok se sa donje strane peći uvodi kiseonik za sagorevanje. Prilikom prženja u uskovitlanom sloju, sirovina u obliku praškastog materijala suspendovanog u vazduhu se uvodi u peć, uskovitla i zapali. Na ovaj način se postiže brza oksidacija i veliki kapacitet peći.



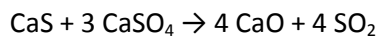
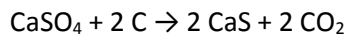
Slika 31. Prženje pirita u etažnoj peći.



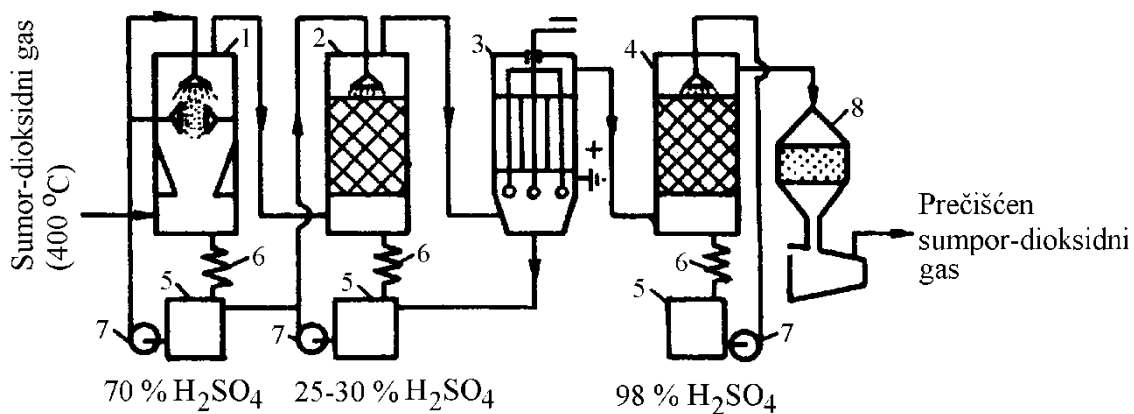
Slika 32. Prženje pirita u lebdećem sloju.

Pitanja i odgovori:**21. Dobijanje sumpor-dioksidnog gasa redukcijom gipsa****Sušlina procesa:**

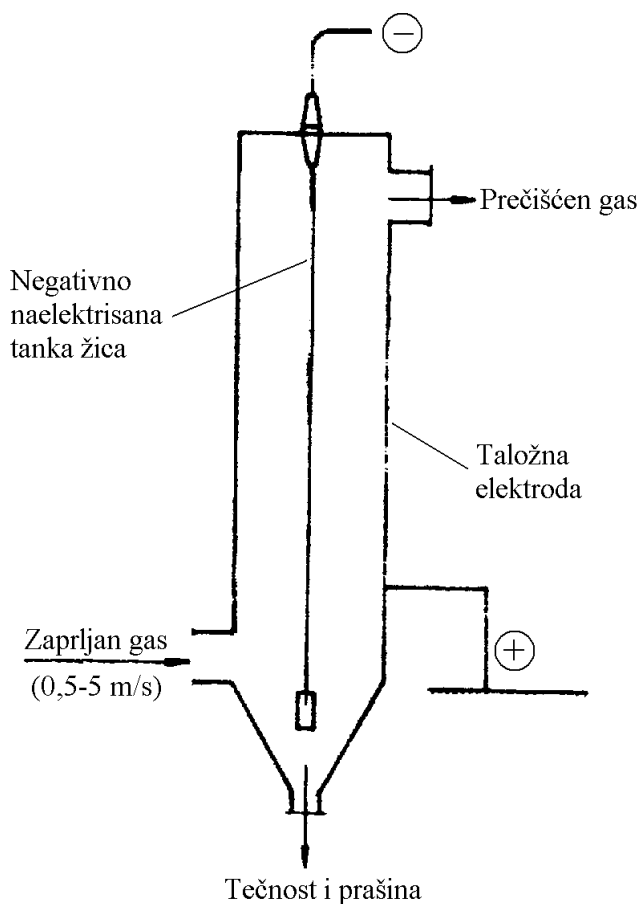
U ovu svrhu se najčešće koristi gips koji se redukuje koksom na 700-1200°C:

**Pitanja i odgovori:****22. Prečišćavanje sumpor-dioksidnog gasa****Sušlina procesa:**

Sistem se sastoji od četiri tornja. U prvom se gas ispira 70% sumpornom kiselinom (odozdo se uvodi gas, a odozgo se rasprskava kiselina) pri čemu se delimično uklanjaju prašina i jedinjenja arsena i sumpora. Iz prvog tornja se gas uvodi u drugi toranj ispunjen poprečnim materijalom gde se pere 30%-nom sumpornom kiselinom. Zatim se gas odvodi u elektrofiltrar gde se dejstvom jakog električnog polja talože čestice prašine. Iz elektrofiltra se gas uvodi u poslednji toranj za pranje ispunjen poprečnim materijalom u kome se suši 98%-nom sumpornom kiselinom.



Slika 33. Prečišćavanje sumpor-dioksidnog gasa



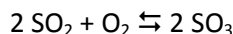
Slika 34. Elektrofiltrar.

Pitanja i odgovori:

23. Oksidacija sumpor-dioksida u sumpor-trioksid kontaktnim postupkom

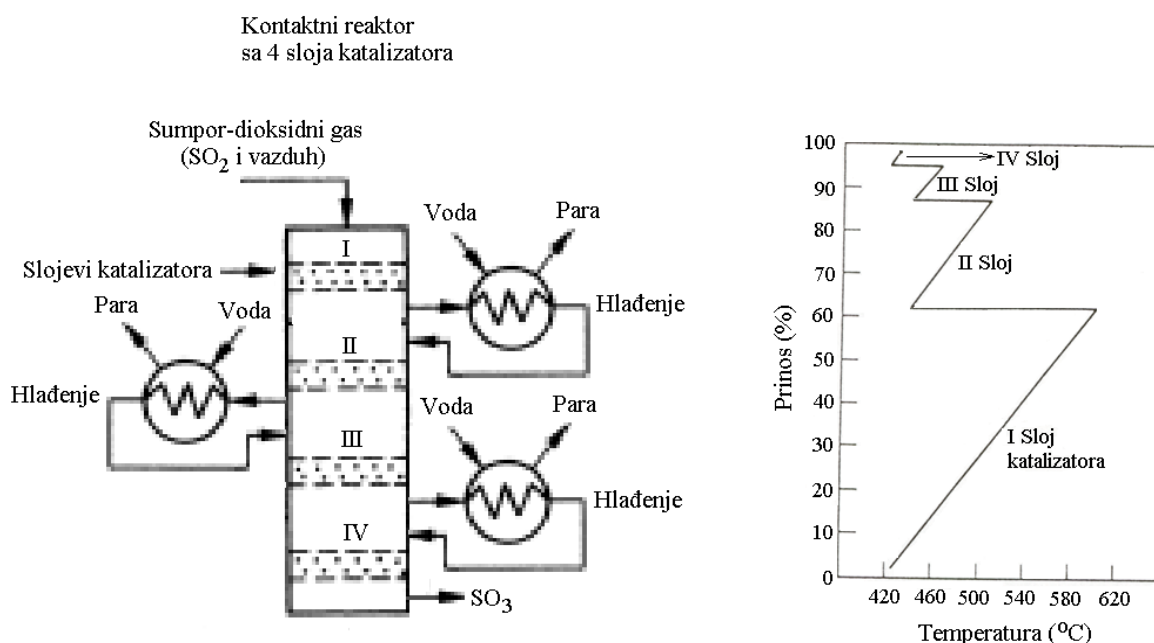
Sušlina procesa:

Ovaj postupak se naziva 'kontaktni' po tome što se vrši oksidacija SO_2 u SO_3 u kontaktu sa površinom čvrstog katalizatora (V_2O_5 na poroznom nosaču).



$$\Delta H = -188,4 \text{ kJ}$$

Proces oksidacije se odvija u takozvanim kontaktnim pećima sa četiri poda sa katalizatorom. SO_2 i vazduh se uvode odozgo, a dole se izdvaja nastali SO_3 . Između svakog poda se gasovi hlade u izmenjivaču toplote.

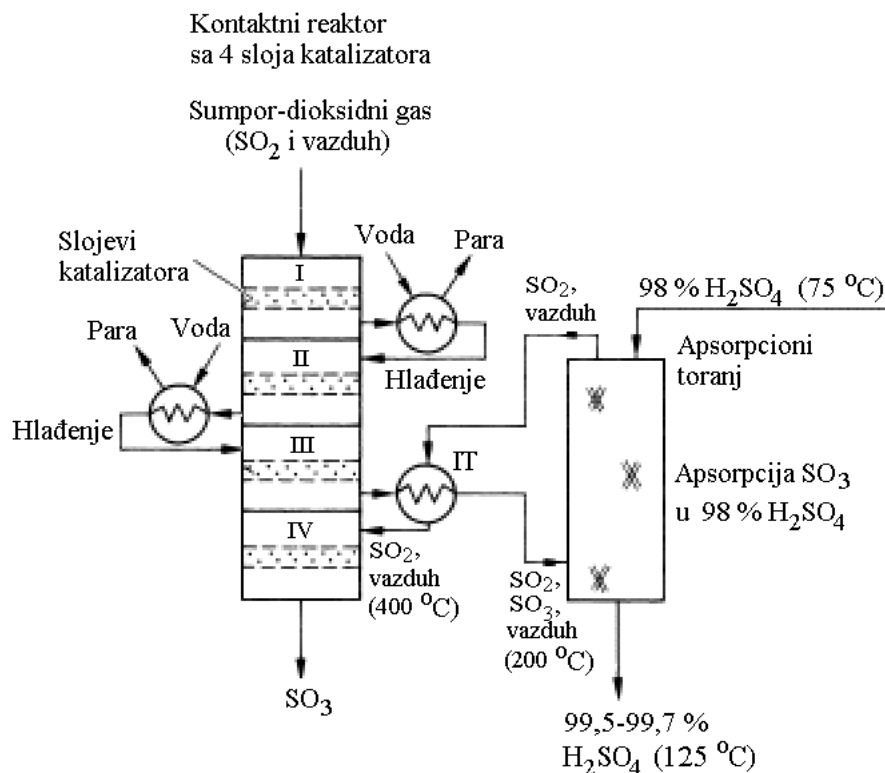


Pitanja i odgovori:

24. Oksidacija sumpor-dioksida u sumpor-trioksid postupkom sa dva kontakta i apsorpcijom između

Sušlina procesa:

Princip je potpuno isti kao u procesu iz 23. pitanja sa tim što se između 3. i 4. sloja katalizatora ne vrši hlađenje gasa već njegova apsorpcija u 98%-noj sumpornoj kiselini. Apсорpcija se vrši u tornju sa poprečnim materijalom. Iz tornja izlaze SO_2 i O_2 koji se ne rastvaraju u sumpornoj kiselini, uvode iznad 4. sloja katalizatora i nastavlja se oksidacija do prinosa SO_3 od 98% što je prednost ovog postupka.



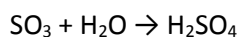
Slika 37. Konverzija SO₂ u SO₃ postupkom sa dva kontakta i apsorpcijom između.

Pitanja i odgovori:

25. Apsorpcija sumpor-trioksida

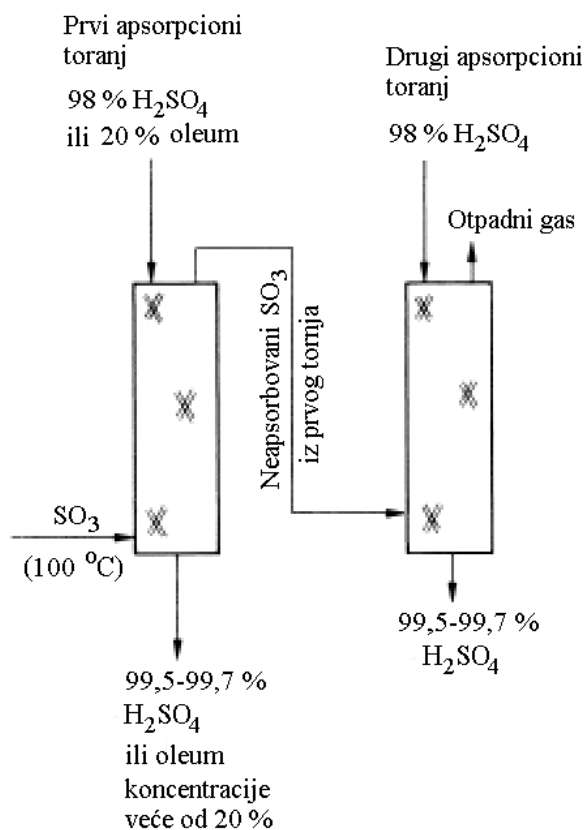
Sušlina procesa:

Apsorpcija se vrši u kontaktnim tornjevima sa poprečnim materijalom, SO₃ se uvodi odozdo, a 98%-na sumporna kiselina se rasprskava odozgo. Sumpor-trioksid reaguje sa vodom i nastaje kiselina:

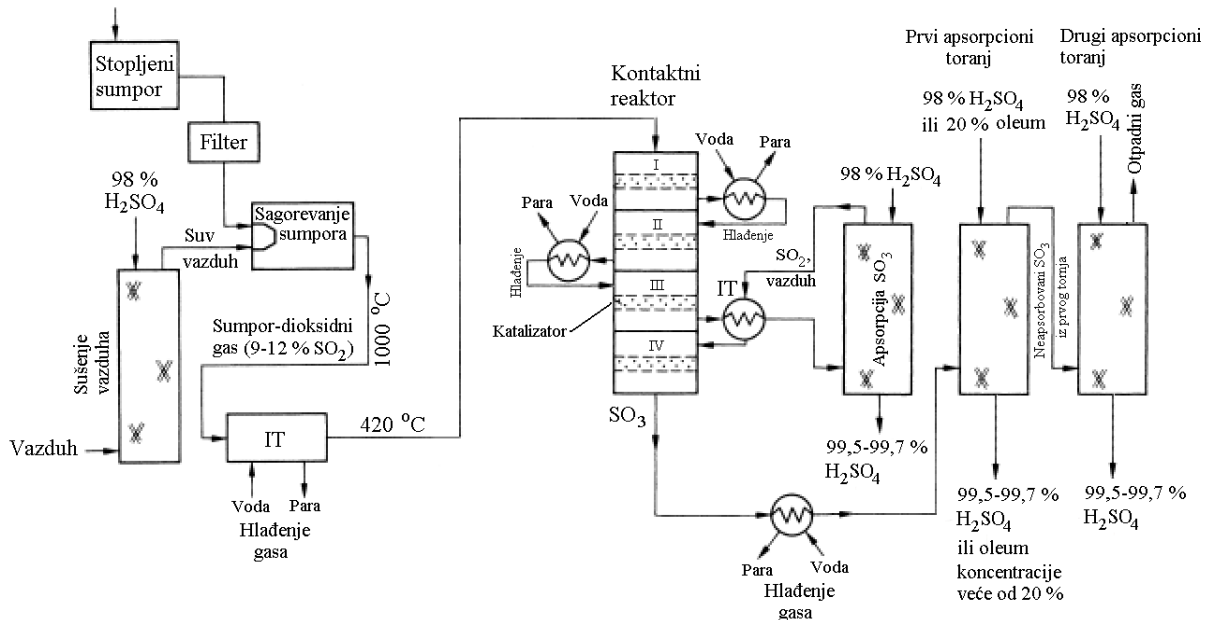


$$\Delta H = -130 \text{ kJ}$$

Na ovaj način se dobija sumporna kiselina koncentracije do 99,5% koja se razblažuje do 98%. Jedan deo kiseline se vraća u proces apsorpcije, a drugi je spreman za upotrebu. Na ovaj način se može dobiti i oleum.



Slika 38. Apсорpcija SO_3 u koncentrovanoj sumpornoj kiselinu i oleumu.



Slika 39. Sumarna šema procesa proizvodnje sumporne kiseline iz elementarnog sumpora kontaktnim postupkom.

Pitanja i odgovori:

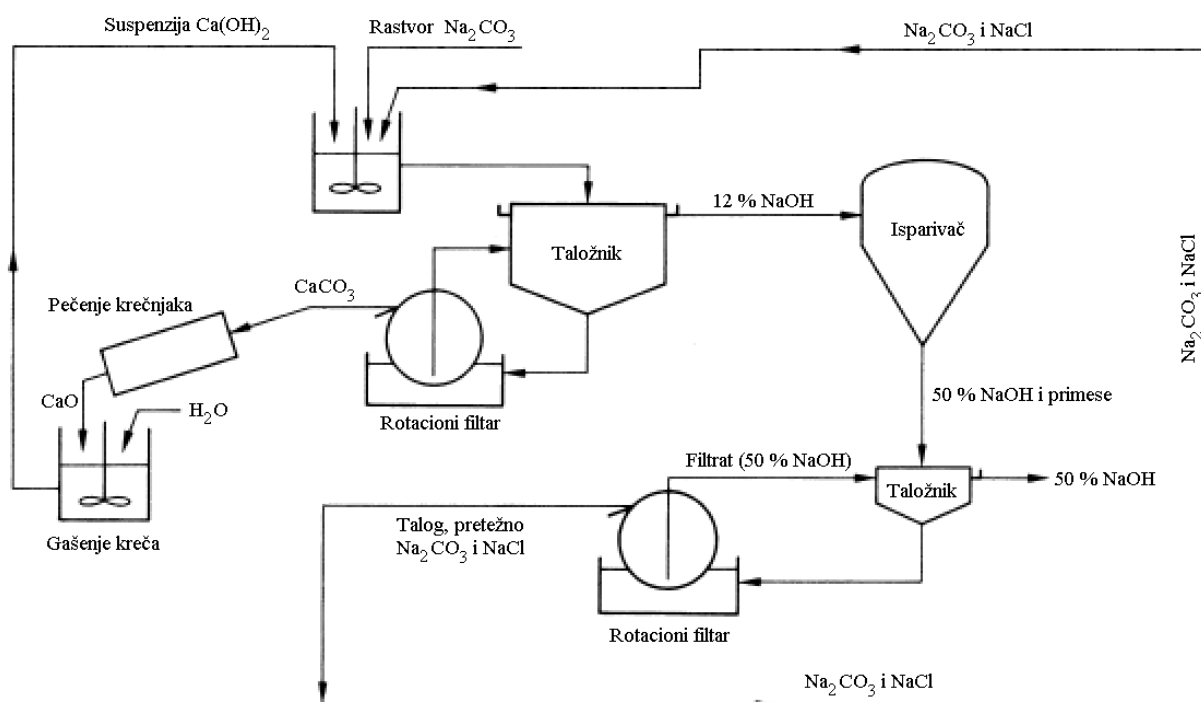
26. Proizvodnja natrijum-hidroksida postupkom kaustifikacije

Sušlina procesa:

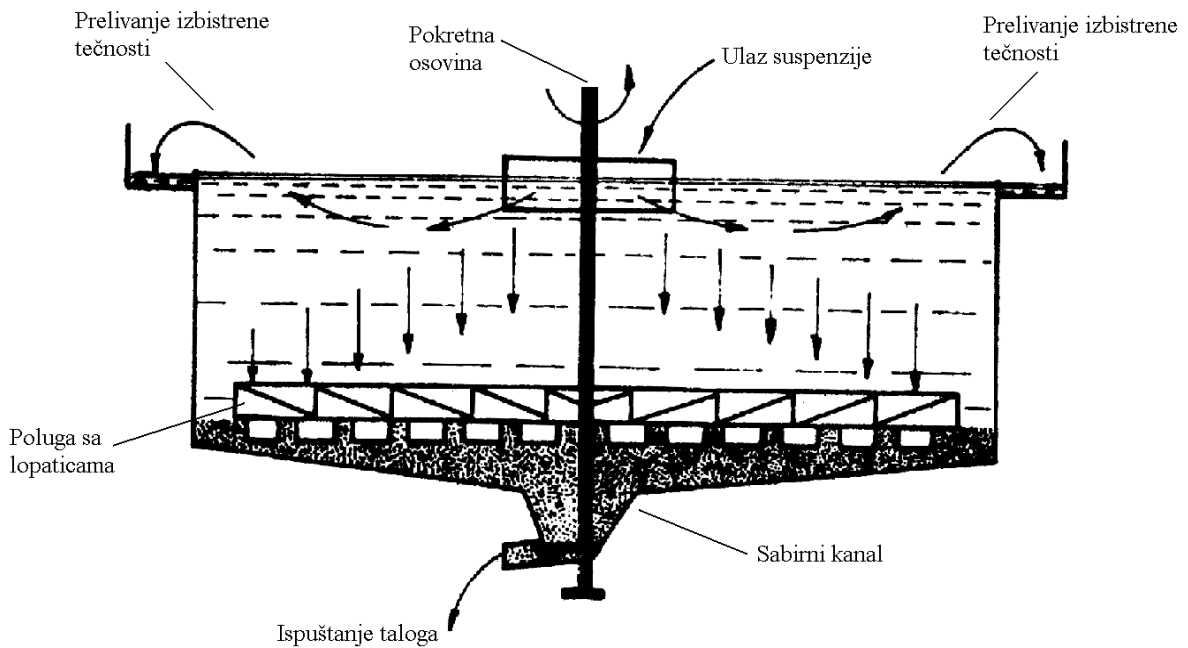
Kaustifikacija je tretiranje vodenog rastvora Na_2CO_3 sa $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



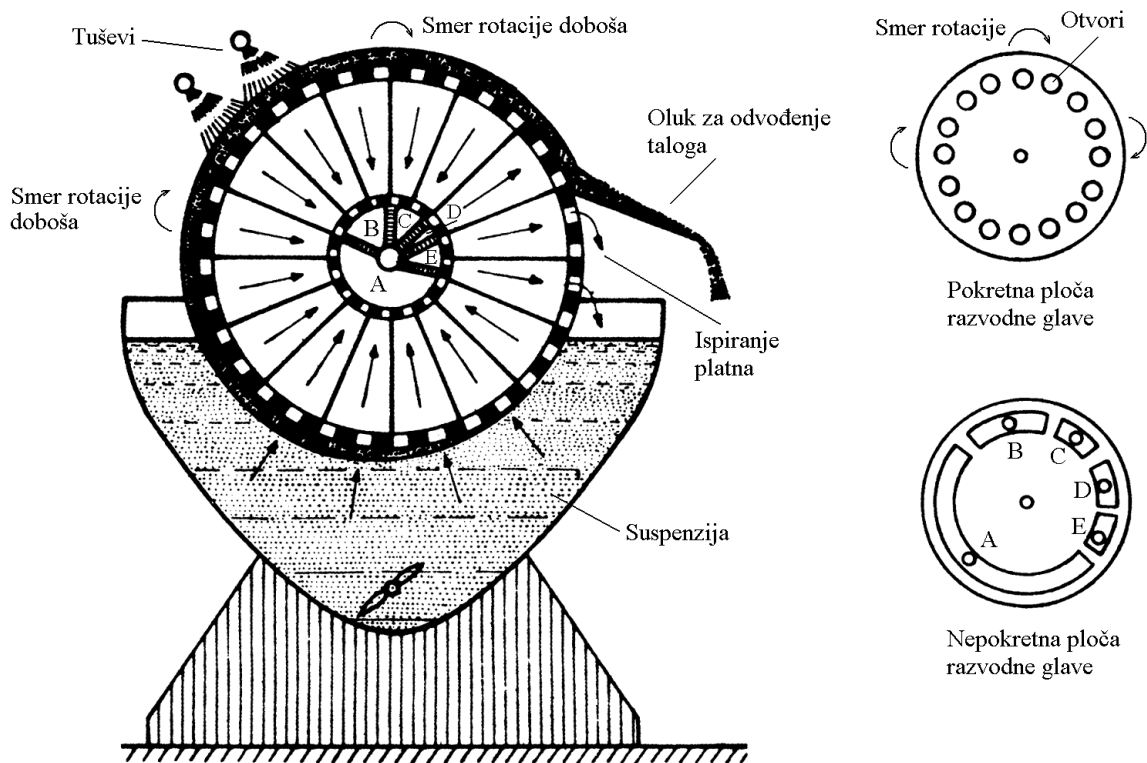
Nastala smeša se prebacuje u taložnik iz koga se odvaja rastvor NaOH (12%-ni rastvor) i odvodi u isparivač gde se koncentruje do 50% NaOH koji se dodatno prečišćava u drugom taložniku i spreman je za upotrebu. Talog CaCO_3 se ispira, peče i vača u proces kao $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ljuspice natrijum-hidroksida se dobijaju uranjanjem gvoždenog diska hladnog vodom u rastop NaOH (sadrži manje od 1% vode) dobijenog koncentrovanjem 50%-nog NaOH na 500-600°C.



Slika 41. Šema procesa kaustifikacije.



Slika 42. Dorov taložnik.



Slika 43. Rotacioni vakuum filtar.

Pitanja i odgovori:

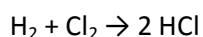
27. Elektrolitički postupci za proizvodnju natrijum-hidroksida, anodni i katodni procesi i sporedne reakcije

Sušlina procesa:

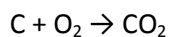
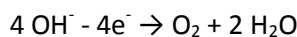
Elektrolitički postupci za dobijanje NaOH su zasnovani na elektrolizi rastvora NaCl pri čemu se na anodi hlor oksiduje do elementarnog Cl₂, a na katodi vodonik redukuje do elementarnog H₂.

Sporedne nepoželjne reakcije:

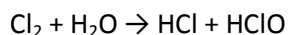
1) Reakcija nastalog vodonika sa hlorom:



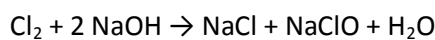
2) Oksidacija hidroksilnih jona do elementarnog kiseonika koji zatim reaguje sa grafitnom katodom:



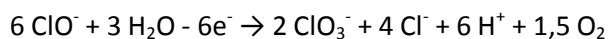
3) Reakcija nastalog hlora sa vodom:



4) Reakcija hlora sa NaOH:



5) Oksidacija hipohloritnog jona nastalog u reakciji pod 4:



Pitanja i odgovori:

28. Prečišćavanje rastvora natrijum-hlorida za elektrolizu

Sušlina procesa:

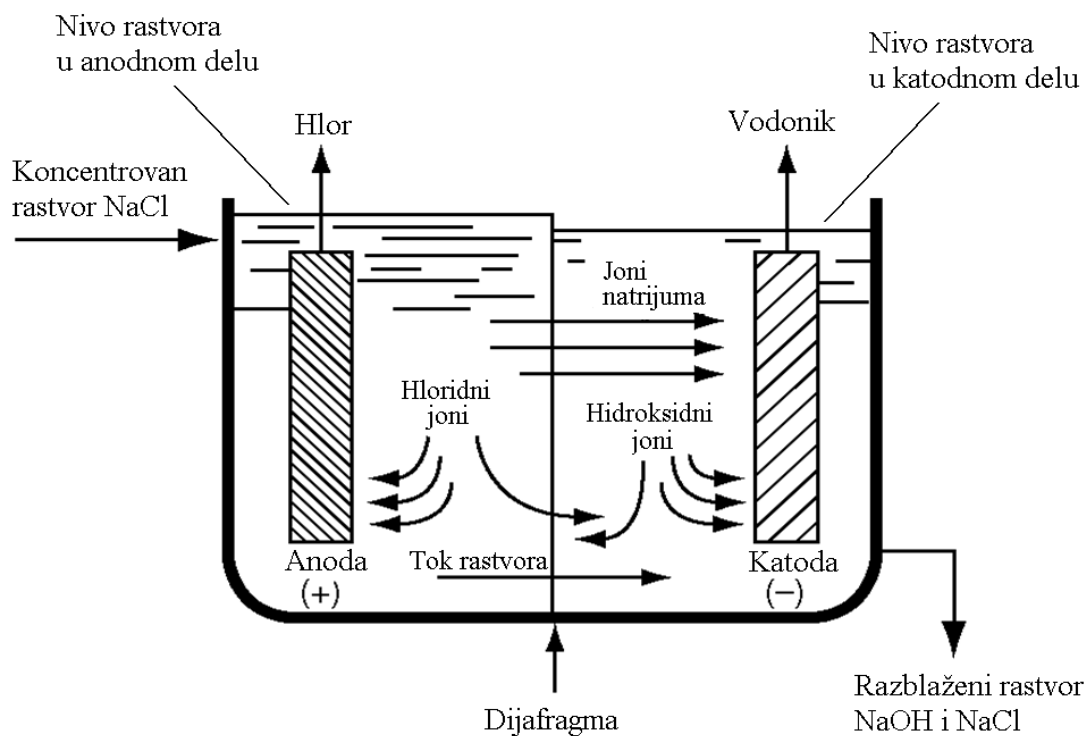
Pošto se rastvor NaCl za elektrolizu dobija iz prirodnih slanih voda ili rastvaranjem kamene soli, u njemu se mogu naći joni magnezijuma, kalcijuma, sulfati i tragovi prelaznih metala. Metalni joni se uklanjaju istovremenim dodatkom NaOH i uvođenjem CO₂ u rastvor pri čemu se talože slabo rastvorni hidroksidi i karbonati Ca i Mg i Fe, a joni prelaznih metala se uglavnom adsorbuju na talogu. Sulfati se odvajaju taloženjem sa rastvorom BaCO₃.

Pitanja i odgovori:

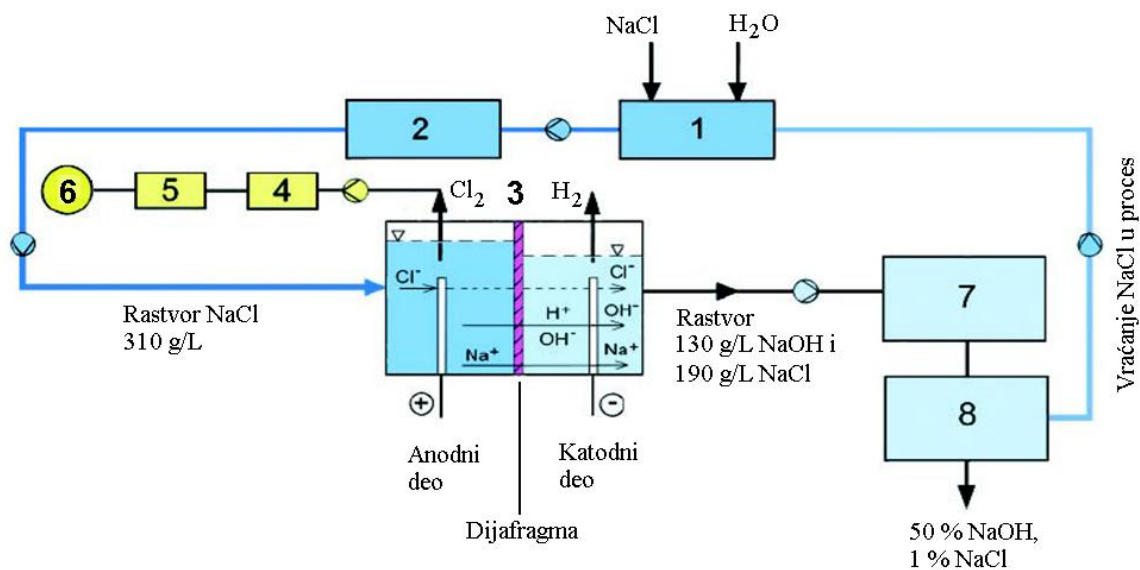
29. Elektroliza rastvora natrijum-hlorida – postupak sa dijafragmom

Sušlina procesa:

Koncentrovan rastvor NaCl protiče kroz elektrolitičku ćeliju sa dijafragmom u kojoj se odvijaju procesi opisani u pitanju 27. Dijafragma je porozna azbestna membrana sa oko 25% vlaknastog polimera na bazi teflona, anode su od grafita, a katode od gvožđa ili čelika. Rastvor NaCl ulazi u anodni prostor, a iz katodnog izlazi razblaženi rastvor NaOH i NaCl.



Slika 44. Elektrolitička ćelija sa dijafragmom.



1. Koncentrovanje rastvora NaCl
2. Prečišćavanje rastvora NaCl
3. Čelija za elektrolizu
4. Sušenje hlora
5. Likvefakcija hlora
6. Tank za tečni hlor
7. Uparavanje
8. Ceđenje i odvajanje taloga NaCl

Slika 45. Šema celog postupka elektrolize rastvora natrijum-hlorida u elektrolitičkoj ćeliji sa dijafragmom.

Pitanja i odgovori:

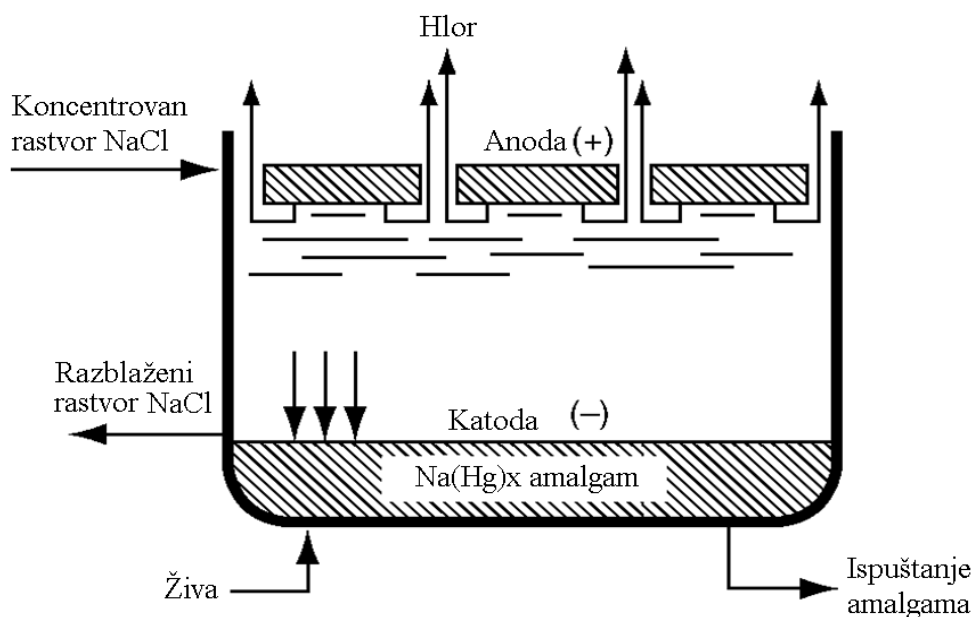
30. Elektroliza rastvora natrijum-hlorida – amalgamski postupak

Sušlina procesa:

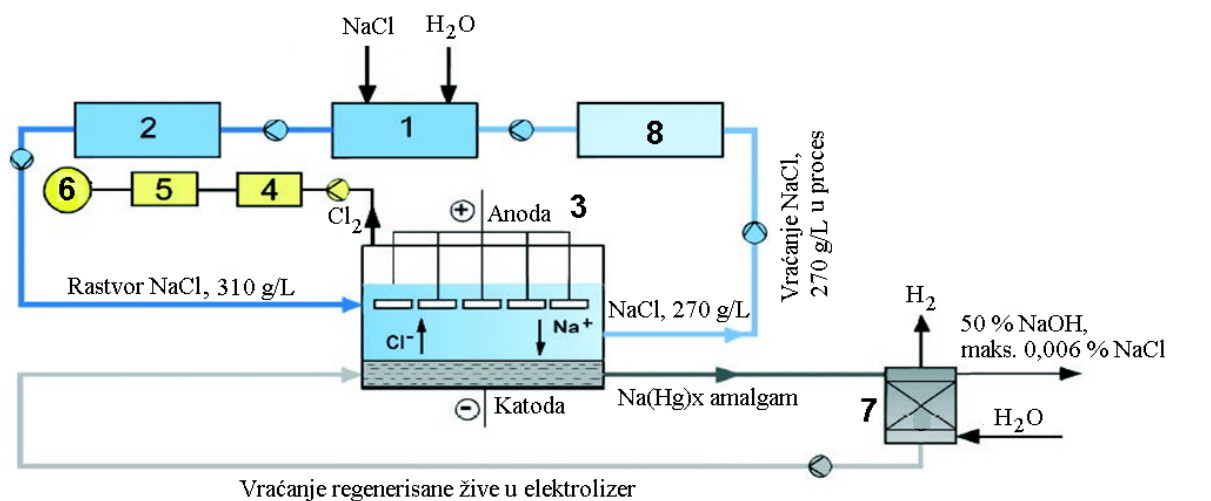
U ovom postupku je problem odvajanja anodnog i katodnog prostora rešen konstrukcijom reaktora sa dva odvojena postrojenja. U takozvanom elektrolizeru se vrši oksidacija hlora i redukcija Na iz amalgama. U takozvanom dekompozneru se amalgam razlaže vodom pri čemu nastaje NaOH, H₂ i tečna živa koja se ponovo vraća u proces.

Prednosti: jednostavnija konstrukcija i rad sa većim gustinama struje.

Nedostatci: utrošak veće količine energije nego u postupku sa dijafragmom i opasnost od otrovnih isparenja žive po ljude i životnu sredinu.



Slika 46. Elektrolitička ćelija sa živinom katodom.



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. Koncentrovanje rastvora NaCl | 5. Likvefakcija hlora |
| 2. Prečišćavanje rastvora NaCl | 6. Tank za tečni hlor |
| 3. Elektrolizer sa živinom katodom | 7. Dekompozitor sa grafitnim punjenjem (razlaganje amalgama) |
| 4. Sušenje hlora | 8. Dechlorovanje rastvora NaCl, 270 g/L koji se vraća u proces |

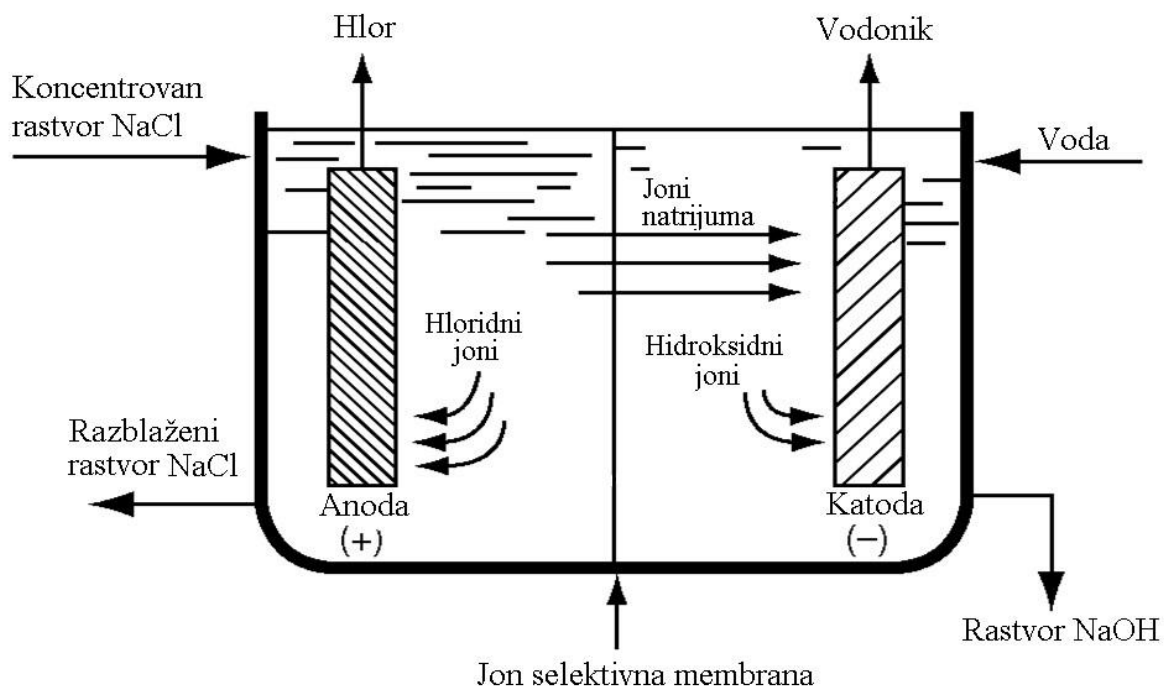
Slika 47. Šema celog postupka elektrolize rastvora natrijum-hlorida u elektrolitičkoj ćeliji sa živinom katodom.

Pitanja i odgovori:

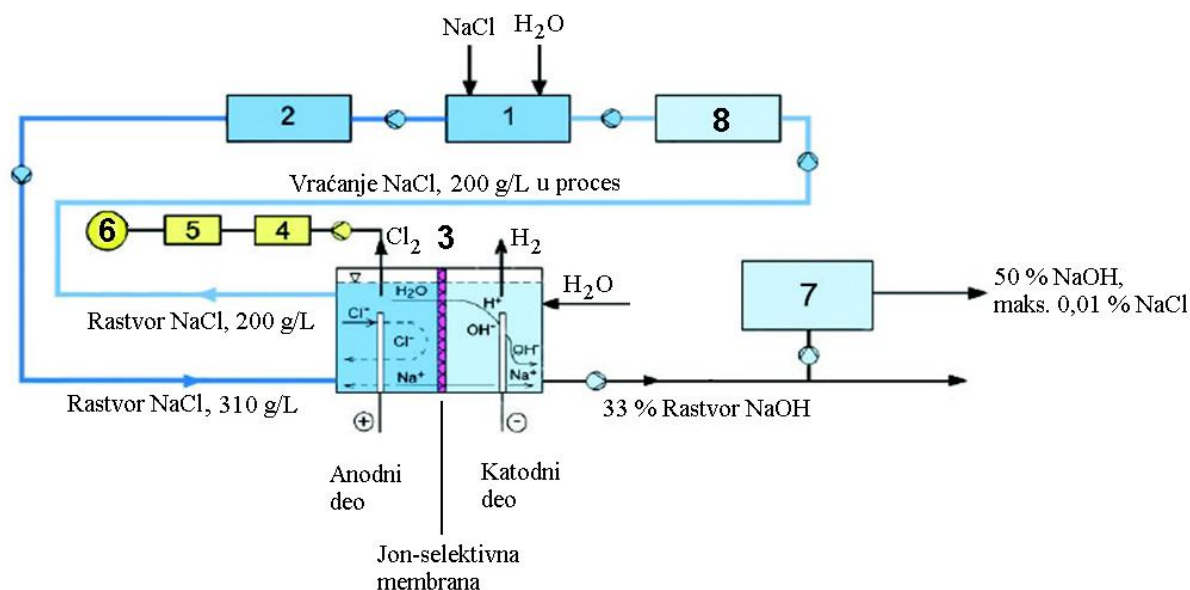
31. Elektroliza rastvora natrijum-hlorida – membranski postupak

Sušlina procesa:

Potpuno isti princip kao kod postupka sa dijafragmom, samo što se za odvajanje katodnog od anodnog prostora koriste vodonepropustljive jon-selektivne membrane. Ove membrane su negativno naelektrisane tako da ne propuštaju hloridne i hidroksidne jone, a propuštaju jone natrijuma.



Slika 49. Elektrolitička ćelija sa jon-selektivnom membranom.



Slika 50. Šema celog postupka elektrolize rastvora natrijum-hlorida u elektrolitičkoj ćeliji sa jon-selektivnom membranom.

Pitanja i odgovori: