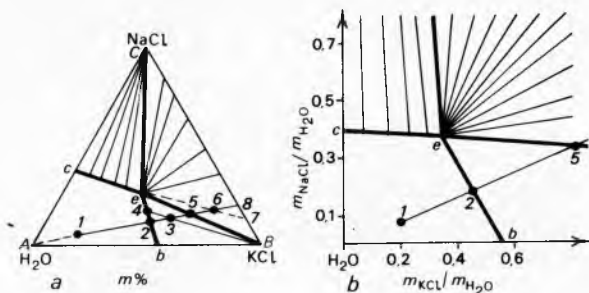


razmatranje ograničava na slučajeve koji su važni za neke tehnološke operacije. Neki od njih već su dovoljno opisani (v. već citirana poglavlja članka *Destilacija i Ekstrakcija*). O nekim drugima bit će posebno govora u člancima o nekim tehnološkim operacijama (npr. u članku *Luženje*). Zbog posebne važnosti, potrebno je još razmotriti samo fazne ravnoteže u vodenim otopinama dviju soli sa zajedničkim ionom.

Taj slučaj predstavljen je primjerom na sl. 16. To je fazni dijagram sustava voda, kalijum-klorid, natrijum-klorid na temperaturi $\theta = 100^\circ\text{C}$, pod standardnim tlakom, alternativno u Gibbsovom trokutu (sl. 16 a), gdje su koordinate maseni postoci, i u pravokutnom koordinatnom sustavu (sl. 16 b), gdje su koordinate omjeri masa komponentata otopina svake pojedine od tih



Sl. 16. Fazni dijagram sustava voda, kalijum-klorid, natrijum-klorid: a u Gibbsovom trokutu, b u pravokutnom koordinatnom sustavu

soli. Površina $Aceb$ tog dijagrama predstavlja područje stanja pri kojima su obje soli potpuno topljive u vodi, drugim riječima područje postojanja samo jedne faze otopine NaCl i KCl u sustavu. Točke b i c su figurativne točke zasićenih otopina kalijum-klorida, odnosno natrijum-klorida, a točka e figurativna točka zasićene otopine objiju soli (tzv. eutonička točka). Površine Cec i Bbe ovog dijagrama, pak, predstavljaju dvofazna područja, a površina Bce trofazno područje sustava, jer u njima obuhvaćenim stanjima uz otopinu postoje i čvrsti NaCl, ili KCl, odnosno i čvrsti NaCl i čvrsti KCl.

Ako se smije zanemariti utjecaj otopljenih soli na vrelište vode, može se uzeti da se npr. iz otopine u figurativnoj točki 1, koja, dakle, ima sastav m_1 , privođenjem topline sustavu voda isparava bez povišenja temperature. Pri tome se sastav otopine mijenja tako da se udio vode smanjuje, a omjer prisutnih količina soli ostaje stalan. Proces je prikazan pravcem na kojemu se nalaze figurativne točke 1, 2, 3, 5, 6 i 8 i koji prolazi kroz vrh A (100% H_2O). U figurativnoj točki 2 otopina je zasićena sa KCl, pa taj počinje kristalizirati. Omjer tokom procesa između stanja u figurativnim točkama 1 i 2 isparene vode i nakon toga preostale količine otopine može se izračunati s pomoću pravila poluge (iznosi $1/2/A1$). Pri daljem isparavanju sastav otopine mijenja se po liniji $24e$. Tako, npr., kad se u sustav sastava m_1 nalazi otopina sastava m_4 , omjer količina otopine i izdvojenog KCl bit će $B3/34$, a omjer količina isparene vode i preostale smjese od izdvojene soli i otopine $31/A1$. U eutoničku točku e otopina dopijeva kad se proces isparavanja razvije do figurativne točke 5. Zbog toga što tada otopina postaje zasićena objema solima, one se počinju istovremeno izdvajati. Odatle pa do kraja procesa isparavanja sastav otopine ostaje i dalje eutonički, a sastav smjese izdvojenih soli mijenja se po liniji $B8$. Tako je, npr. u figurativnoj točki 6 pravca koji prikazuje promjenu stanja u procesu isparavanja, omjer količina izdvojenih KCl i NaCl $C7/B7$. Konačni omjer količina izdvojenih soli određen je figurativnom točkom 8.

LIT.: A. Findlay, The phase rule, New York 1951. — R. Hultgren et al., Selected values of thermodynamic properties of metals and alloys, New York 1952. — M. X. Карапетяну, Химическая термодинамика, Москва 1953. — H. B. Callen, Thermodynamics, New York 1960. — A. A. Аюпян, Химическая термодинамика, Москва 1963. — Я. И. Герасимов, Курс физической химии, Москва 1963. — I. M. Klotz, Chemical thermodynamics, New York 1964. — E. A. Gugenheim, Thermodynamics, Amsterdam 1967. — I. Prigogine, Увод у термодинамику неравнотежних процеса, Београд 1967. — В. Б. Коган, Гетерогенные равновесия, Ленинград 1968. — M. W. Zemansky, Heat and thermodynamics, New York 1970. — W. J. Moor, Physical chemistry, Englewood Cliffs 1974.

R.

FENOLI, organskokemijski spojevi koji sadrže jednu ili više hidroksilnih skupina (OH) vezanih izravno na ugljikove atome aromatskog prstena. U užem smislu nazivaju se tako samo hidroksi-derivati benzena, a u širem smislu i hidroksiderivati drugih, policikličkih ugljikovodika (npr. naftalena i antracena, v. *Aromatski ugljikovodici*, TE 1, str. 418). *Fenol* je također trivijalno ime najjednostavnijeg i najvažnijeg spoja iz te grupe, monohidroksibenzena $\text{H}_6\text{C}_5\text{OH}$.

Naziv fenol stvorio je Ch. Gerhardt za monohidroksibenzen prema riječi fen (phène), kojom je A. Laurent bio nazvao benzen zbog njegove prisutnosti u rasvjetnom plinu (gr. *φωσφωσ* *faein* svijetliti). (Radikal C_6H_5 —još se i danas naziva fenil; izraz fenol bio je u neku ruku zamišljen kao kratica od *fenil-alkohol*.)

Monohidroksibenzen našao je F. F. Runge (1834) u katranu kamenog ugljena i nazvao ga karbolnom kiselinom. Tim se imenom on i danas ponekad naziva, naročito u industriji.

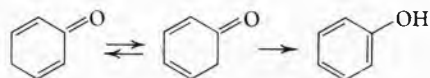
Hidroksiderivati homologa benzena: metilbenzena (toluena) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ i (*o*-, *m*- i *p*-)dimetilbenzena (ksilenâ) $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ redovito se nazivaju, umjesto svojim sistemskim imenima, trivijalnim imenima (*o*-, *m*-, i *p*-)krezoli i (2,3-, 3,4-, 2,4-, 3,5- i 2,5-)ksilenoli ili također metilfenoli i dimetilfenoli (brojke označuju položaj metilnih skupina prema hidroksilnoj). Zbog njihove prisutnosti u drvnom katranu, a naročito u katranu kamenog ugljena, fenol, krezoli i ksilenoli nazivaju se još i skupinom nazivom «katranske kiseline», a smjesa fenola krezolske frakcije pri destilaciji katrana, krezolnom kiselinom (analogno nazivu karbolna kiselina).

Analogno alkoholima (TE 1, str. 213), kao najrodnijim spojevima, fenoli koji sadrže više od jedne hidroksilne skupine vezane za ugljikove atome aromatskog prstena sistemski se nazivaju benzendiolima, -triolima, itd. Benzentrioli, -tetrola, i -pentol i heksol obuhvaćaju se još skupnim nazivom polihidroksi-benzeni. Benzendioli i -triole također imaju trivijalne nazive koji se mnogo upotrebljavaju (v. dalje): pirokatehin (katehol), rezorcin(ol), pirogalol, floroglucin(ol).

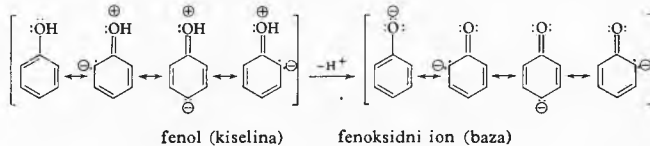
Starim trivijalnim imenima na *-in* dodat je nastavak *-ol* u nastojanju da se u njih unese neki sistem, kao i u trivijalna imena alkohola (v. *Alkoholi*, TE 1, str. 213).

Kemijska svojstva fenolâ. Specifična kemijska svojstva fenolâ u prvom su redu posljedica uzajamnog djelovanja između aromatske jezgre i hidroksilnih skupina koje su na nju izravno vezane. Hidroksilna skupina predaje elektron jezgri i aktivira je u *o*- i *p*-položaju (v. malo niže mezomeriju). Zbog toga se fenoli svojim kemijskim svojstvima i razlikuju od alkohola.

Najznačajnija je od tih razlika što su fenoli izazivite kiseline. Fenol se može smatrati enolnim oblikom (tautomerom) 2,4-cikloheksadienona ili 2,5-cikloheksadienona:



Nema dokaza o postojanju tih dienona, jer je enolni oblik (zbog njegova aromatskog karaktera) kudikamo stabilniji od karbonilnog. Međutim, na stabilnost pojedinog oblika utječe i rezonancija (mezomerni efekt), tj. delokalizacija elektrona. Fenol je protonska kiselina kojoj je fenoksidni ion konjugirana baza (v. *Kiseline i baze*); i fenol i njegova konjugirana baza (anion) stabilizirani su u izvjesnoj mjeri delokalizacijom elektrona, ali anion više nego neutralna kiselina:



To objašnjava jaku kiselost fenolâ u usporedbi s alkoholima. Na kiselost fenolâ utječu i drugi supstituenti i njihov položaj na aromatskom prstenu. Tako je npr. monohidroksibenzen vrlo slaba kiselina (konstanta disocijacije na 25°C mu je $K = 1,3 \cdot 10^{-10}$), tako da se može istjerati iz njegovih soli (fenoksidâ), već s pomoću ugljik-dioksida, a pikrinska kiselina (2,4,6-trinitrofenol) bliza je po jakosti mineralnoj kiselini ($K = 4,2 \cdot 10^{-1}$).

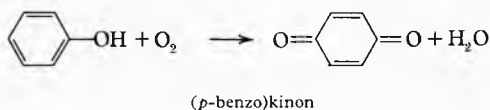
Ovo svojstvo fenolâ obično omogućava njihovu izolaciju iz smjesa s drugim tvarima pomoću jakih lužina. Pri tome se dobivaju vodeni ekstrakti, otopine fenoksidâ (fenolatâ), iz kojih se fenoli lako talože kiselinama.

Tautomerijom se može objasniti i činjenica da se hidroksilna skupina fenolâ ne može izravno esterificirati (v. Esterifikacija u članku *Esteri*, str. 353) karbonskim kiselinama; esteri se, međutim, mogu dobiti reakcijom s kloridima ili anhidridima tih kiselina.

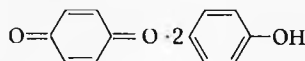
Analogno dobivanju alifatskih etera, eteri fenolâ lako se mogu dobiti iz odgovarajućih fenoksidâ Williamsonovom sintezom ili nekom od njenih modifikacija (v. Anisol u članku *Alkilacija*, TE 1, str. 212, također Dobivanje etera u članku *Eteri*, str. 356).

Dalja posljedica aktivirajućeg djelovanja hidroksilne skupine jest velika reaktivnost aromatskog prstena fenolâ u *o*- i *p*-položaju. Zbog toga se fenoli općenito lako oksidiraju, sulfoniraju, halogeniraju, nitriraju, nitroziraju, kopuliraju s diazonijumskim solima, alkiliraju, kondenziraju s aromatskim aminima, itd. Pri tome općenito nastaju najprije 2- i/ili 4-monoderivati, pa 2,4- i/ili 2,6-diderivati i zatim, ako to dopuštaju sterički činioci, 2,4,6-triderivati, 2,3,4,6-tetraderivati i, konačno, pentaderivat.

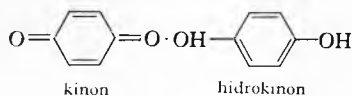
Tako fenoli vrlo lako reagiraju s kisikom iz zraka. Pri tome nastaju dioli, trioli i niz drugih produkata oksidacije. Jedan od najpoznatijih među tim produktima jest (*p*-benzo)kinon, koji nastaje reakcijom



pri čemu kinon odmah stvara s monohidroksibenzenom adicijski proizvod, fenokinin:



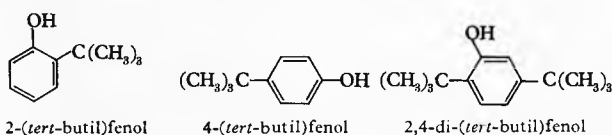
sjajne crvene boje. Drugi važni adicijski proizvod kinona, kinhidron:



u reflektiranom svjetlu tamnozeleni, u propuštenom crvenosmeđi kristali, nastaje pri oksidaciji *p*-benzendiola (hidrokinona).

Od reakcija *halogeniranja* fenola tehnički značaj imaju uglavnom reakcije kloriranja, prvenstveno kloriranja monohidroksibenzena i metil-hidroksibenzena (krezola). I od reakcijâ sulfoniranja fenolâ tehnički su najvažnije reakcije sulfoniranja monohidroksibenzena i krezola. Dosta je važno također nitriranje i nitroziranje ovih spojeva i drugih alkilfenola. (Za informacije o ovim reakcijama fenolâ v. i članke *Kloriranje*, *Sulfoniranje*, *Nitriranje*, *Nitroziranje*.)

Alkiliranje (v. članak *Alkilacija*, TE 1, str. 210) fenolâ u *o*- i *p*-položaju općenito je lakše izvedivo od alkiliranja alifatskih spojeva. Sredstva za alkiliranje fenolâ najčešće su olefini, a katalizatori kiseli. Već prema prirodni reaktanata i katalizatorâ i temperaturi procesa, pri tome se dobivaju različiti proizvodi, npr. pri jednom od tehnički važnih alkiliranja, alkiliranju monohidroksibenzena 2-metilpropenom (izobutilenom) u prisutnosti sumporne kiseline, dobiva se smjesa u kojoj se nalaze:



[Na temperaturama procesa do $\sim 70^\circ\text{C}$ u smjesi prevladava 2,4-di-(*tert*-butil)fenol, a na 150°C 4-(*tert*-butil)fenol. Na još višim temperaturama nastupa dealkilacija.]

Prisutnost alkilnih skupina u *m*-položaju aromatskog prstena fenola ograničava ovakvu alkilaciju, npr. u *m*-krezolu na položaje 4,5 i 6, a 3,5-ksilenol uopće se ne može alkilirati izobutilenom.

Zbog visokog reaktiviteta njihovog aromatskog prstena, fenoli općenito lako stupaju i u procese kondenzacije s aldehidima, ketonima i drugim spojevima. Tehnički su posebno važni procesi kondenzacije fenolâ s formaldehidom (v. *Plastične mase*).

Fiziološka svojstva fenolâ. Monohidroksibenzen i mnogi alkilfenoli jaki su otrovi; denaturiraju bjelancevine, razaraju tkivo i ubijaju sve vrste stanica. Već razmjerno kratki dodir ovih spojeva s kožom ima za posljedicu upale i zatim raspadanje. Osim toga oni razmjerno brzo dublje prodiru u tkivo, gdje uzrokuju opekotinama slične ozljede, a i apsorbiraju se u krvi, gdje djeluju kao otrov, pa, čak i kad je površina dodira mala, posljedica može biti smrt. Prvi je simptom da koža na mjestu dodira pobijeli. Dalje razvijanje ozljede može spriječiti ispiranje alkoholom, ponekad i toplom vodom. Zbog toga, osim zaštitne odjeće i obuće, obavezne za zaposleno osoblje, propisima o zaštiti na radu u prostorijama u kojima se operira ovim fenolima obično se određuje da imaju tople tuševne i da je alkohol na dohvata ruke. Fenoli se iz organizma izlučuju najvećim dijelom kao netrovnne natrijumske soli njihovih estera sa sumpornom kiselinom.

Djelovanje monohidroksibenzena kao sredstva protiv truljenja («seps») poznato je odavna. Engleski je kirurg J. Lister (1867) objasnio to djelovanje kao sprečavanje rasta bakterija i uveo u kirurgiju antiseptički princip upotrijebiši karbolnu kiselinu (fenol), kao u ono vrijeme najjači poznati antiseptik. Danas su monohidroksibenzen kao antiseptik u velikoj mjeri potisnule druge za čovjeka i životinje manje opasne tvari. (U kirurgiji, kako je poznato, antiseptički je princip zamijenjen aseptičkim.) Vrlo su toksični također benzendioli i benzotrioli. Krezoli imaju jače antiseptičko djelovanje od fenola, ali su manje toksični; postoje alkilfenoli s toksicitetom toliko malim da se mogu dodavati namirnicama kao antioksidansi, npr. di-*tert*-butilkrezol.

TEHNIČKI VAŽNIJI FENOLI

Pojam fenola kako je gore definiran obuhvaća velik broj organskih spojeva različite strukture i različitih svojstava. U nastavku ovog članka bit će govora samo o onim monocikličkim nesupstituiranim fenolima, alkilfenolima i arilfenolima koji su tehnički važni ili važniji; to je u prvome redu fenol u najužem smislu riječi, monohidroksibenzen, pa benzendioli i -trioli, krezoli i ksilenoli, te neki drugi alkilfenoli, cikloalkilfenoli, aralkilfenoli, hidroksiarilalkani, arilfenoli i difenoli. (O policikličkim fenolima v. *Naftoli*.)

O tehnički važnijim supstituiranim fenolima v. članke *Kloriranje*, *Nitriranje*, *Nitroziranje* i *Sulfoniranje*.

Monohidroksibenzen (fenol)

Čisti monohidroksibenzen bezbojan je, na običnim temperaturama čvrsta tvar; t. t. $40,90^\circ\text{C}$; t. k. $181,75^\circ\text{C}$.

Točnu strukturu monohidroksibenzena odredio je A. Laurent koji ga je prvi dobio u čistom stanju.

Na zraku se monohidroksibenzen dosta brzo oboji crveno, naročito u prisutstvu amonijaka, tragova bakra ili željeza; to obojenje uzrokuju male količine oksidacijskih proizvoda (v. gore). Razmjerno male količine vode znatno snižuju talište monohidroksibenzena: fenol sa 6% vode već je na običnoj temperaturi tekuć. Između 28 i 92% H_2O binarna se smjesa fenola i vode na običnoj temperaturi sastoji od dvije tekuće faze koje se ne miješaju. Područje ograničene topljivosti s povišenjem temperature postaje uže; iznad $65,3^\circ\text{C}$ fenol i voda u svim se omjerima miješaju.

Fenol se lako otapa u većini organskih otapala, npr. u etanolu, acetonu, benzenu, eteru, glicerolu i octenoj kiselini; u alifatskim ugljikovodicima je manje topljiv, te se iz njih može prekrystalizirati. Napon para mu je i na običnoj temperaturi razmjerno visok, stoga fenol ima jak i karakterističan vonj.

Kemijska svojstva monohidroksibenzena. Osim u navedene opće reakcije fenolâ, monohidroksibenzen stupa i u niz manje ili više specifičnih reakcija. Tako se on može lako reducirati u benzen grijanjem s prahom cinka. Njegovom katalitičkom hidrogenacijom dobiva se cikloheksanol; zbog toga se monohidroksibenzen može upotrijebiti kao ishodni materijal za sintezu kaprolaktama i time za proizvodnju poliamidâ (v. *Plastične mase*). Osim kondenzacije s formaldehidom značajne su i kondenzacije monohidroksibenzena s acetonom i anhidridom ftalne kiseline. Pri tome nastaje 4,4-izopropilendifenol (bisfenol A), odnosno fenoltalein. Reakcijom bezvodnog natrijum-fenoksida (fenolata) s ugljik-dioksidom pod pritiskom dobiva se salicilna kiselina (Kolbeova sinteza). Kondenzacijom kalijum-fenoksida s ugljik-dioksidom, pak, nastaje *p*-hidroksibenzojeva kiselina.

Za industriju je važno i kopuliranje monohidroksibenzena s diazonijumskim solima u azojojila (v. *Bojila*, TE 2, str. 88).

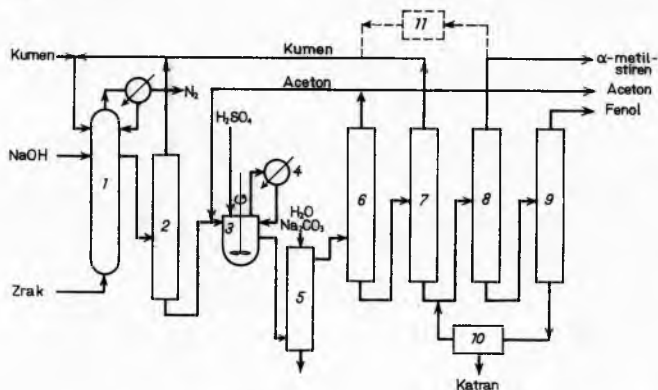
Dobivanje monohidroksibenzena. Monohidroksibenzen se proizvodi u preradi katrana, prvenstveno katrana kamenog ugljena (prirodni fenol) i nizom sinteznih postupaka (sintetski fenol).

Iako je sinteza monohidroksibenzena taljenjem benzensulfonske kiseline s natrijum-hidroksidom bila poznata već 1867. sve do pod konac devedesetih godina prošlog stoljeća fenol se proizvodio skoro isključivo iz katrana. Sintetski počeo se najprije proizvoditi u Njemačkoj kao sirovina za dobivanje pikrinske kiseline kao eksploziva. Međutim, tek otkriće umjetnih smola na bazi fenola (L. H. Baekeland, 1908) i njihov plasman na tržištu poslije prvog svjetskog rata proširili su potražnju monohidroksibenzena do te mjere da je proizvodnja prirodne fenola nije više mogla podmiriti. To i nove primjene monohidroksibenzena dovele su konačno do suvremene proizvodnje sintetskog fenola daleko veće od proizvodnje fenola iz katrana.

O proizvodnji fenola iz katrana v. članak *Katran*. Za sintetske postupke ispočetka je polazna sirovina bila samo benzen; u novije vrijeme se i toluen može preko benzojeve kiseline u industrijskom mjerilu prevesti u fenol. Od svih postupaka za sintetsku proizvodnju fenola danas je najvažniji kumenski postupak, tj. postupak proizvodnje iz benzena preko kumena (izopropilbenzena). Drugi postupci proizvodnje sintetskog fenola danas se mnogo manje upotrebljavaju.

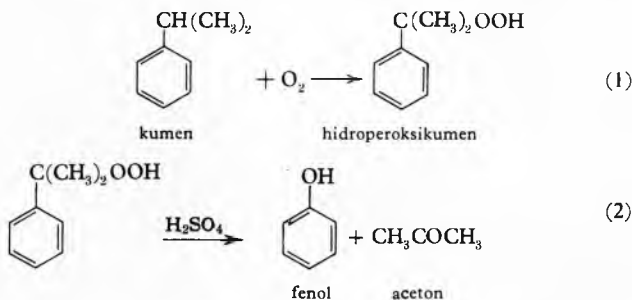
Kumenski postupak proizvodnje monohidroksibenzena

Ovaj proces omogućila je proizvodnja kumena alkiliranjem benzena razvijena za vrijeme drugog svjetskog rata u USA i kasnije proizvodnja kumenhidroperoksida (v. *Alkilacija*, TE 1, str. 211). Shematski je proces proizvodnje monohidroksibenzena po američkom postupku, počevši od kumena, prikazan na slijedećoj slici:



Tehnološka shema proizvodnje fenola kumenskim postupkom. 1 Oksidacija kumena na kumilhidroperoksid (KHP), 2 koncentriranje otopine KHP, 3 cijepanje KHP, 4 hladenje acetona (i time regulacija temperature), 5 ispiranje sumporne kiseline, 6 odvajanje acetona, 7 odvajanje kumena, 8 odvajanje α-metilstirena, 9 odvajanje fenola, 10 krekovanje ostatka (acetofenon — kumilfenol), 11 hidriranje α-metilstirena

Temeljne reakcije tog procesa jesu



Kumen dobiven alkilacijom benzena propilenom dovoljno je čist za reakciju (1), koja se izvodi u tekućoj fazi, ali kako je reakcija autokatalitička, male količine hidroperoksikumena na početku olakšavaju proces. Tu reakciju prate i neke sporedne reakcije, te se među konačnim produktima nalaze također fenil-dimetilkarbinol i acetofenon, ali i karbonske kiseline (pretežno oksalna). Iako kiseline nastaju samo u tragovima, one mogu uzrokovati prijevremeni raspad hidroperoksikumena. Zbog toga se reakcijskoj smjesi dodaje alkalni stabilizator, najčešće otopina natrijum-

-karbonata. Sve operacije skupčane s reakcijom (1) izvode se u jednom ili više reaktora (1) na temperaturama iznad 100 °C; za oksidaciju u ovom postupku služi zrak (u drugom postupku oksidira se čistim kisikom). Otpadni plinovi, koji izlaze gore iz reaktora 1, prije nego što se ispuste u atmosferu hlade se radi kondenzacije pare kumena; kondenzat se vraća u proces. Pod takvim uvjetima postiže se konverzija od ~30%, te produkti reakcije sadrže ~20·25% hidroperoksikumena, uz nereagirali kumen. Velike koncentracije hidroperoksikumena u produktima izbjegavaju se, naročito u fazama procesa u kojima je temperatura visoka.

Za reakciju (2) načelno nije potrebno prethodno izolirati hidroperoksikumen, — štaviše, čini se da prisutnost kumena olakšava reakciju. U praksi se reakcijska smjesa koja dolazi s vrha reaktora 1 koncentrira na ~80% hidroperoksikumena rektifikacijom, po pravilu u visokom vakuumu i u prisutnosti sode kao stabilizatora. Ispareni kumen vraća se u proces.

Reakciju raspada hidroperoksikumena kataliziraju sve jače kiseline, odn. Lewisove kiseline; najčešće se upotrebljava sumporna kiselina. Reakcija se izvodi u homogenoj sredini, pri čemu aceton (koji se u ovom procesu dobiva kao nusproizvod), dodat u suvišku, služi kao otapalo za hidroperoksikumen i kiselinu-katalizator (0,1·2%), ili u dvofaznom sistemu, pri čemu se koncentrat hidroperoksikumena mehanički dispergira u 5·60%-tnoj sumpornoj kiselini. U oba slučaja efektivna koncentracija hidroperoksikumena u reakcijskoj smjesi treba da je vrlo mala, tj. djelotvornim dovođenjem topline razvite vrlo egzotermnom reakcijom, te pomnom kontrolom temperature i količine katalizatora, treba održavati uvjete za brz raspad dovedenog hidroperoksikumena. Homogena reakcija izvodi se na temperaturi ključanja acetona; reakcija u dvofaznom sistemu na 60·70 °C.

U slijedećoj operaciji odvaja se vodena faza od acetonske i iz ove se onda ponovljenim izluživanjem vodom i otopinom sode potpuno ukloni katalizator (kiselina), da bi se spriječilo stvaranje većih količina α-kumilfenola iz fenola i α-metilstirena pri kasnijem razdvajanju reakcijske smjese višestepenom rektifikacijom. Pri toj rektifikaciji u prvoj se koloni odvaja pod običnim tlakom sirovi aceton, a onda se ostatak u vakuumu razdvaja postepeno na pet frakcija: kumen (s malo α-metilstirena i fenola), koji se vraća u proces; α-metilstiren [iz njega se hidrogenacijom može dobiti kumen koji se vraća u proces; u novije vrijeme on se proizvodi u čistom stanju (0,6 kg na 100 kg fenola) i upotrebljava u proizvodnji stirenskih kopolimerizata]; sirovi fenol (98·99%); acetofenon (pomiješan s fenolom) i fenildimetilkarbinol. Iz ostatka (pretežno α-kumilfenol) mogu se pilozinom (termičkim krekovanjem) dobiti dalje količine fenola i α-metilstirena.

Iskorišćenje u tom procesu, računato na kumen kao ishodni materijal, iznosi ~93%, a računato na benzen, ~84%.

Sirovi fenol se podvrgava daljem čišćenju, dok se dobije proizvod s t. k. 40,7·40,85 °C.

Proizvodnja fenola kumenskim postupkom spregnuta je s proizvodnjom acetona (u težinskom omjeru 1 : 0,6); to redovito ne stvara ekonomskih problema jer je potražnja za acetonom mnogo veća od količine što se proizvodi tim postupkom.

Ostali postupci proizvodnje sintetskog fenola

Danas se nova postrojenja za proizvodnju sintetskog fenola, ukoliko su iole većeg kapaciteta, grade isključivo za rad po kumenskom postupku. Tako je udio fenola proizvedenog iz kumena u ukupnoj proizvodnji sintetskog fenola u SR Njemačkoj od 1957 do 1970 narastao od ~45% na preko 90%. U USA je taj udio 1969 bio 58%, prema 20% u godini 1957, a od apsolutnog porasta proizvodnje sintetskog fenola od 388 kt u tom periodu od 13 godina 90% otpada na fenol iz kumenskog postupka. (Poblize o svjetskoj proizvodnji fenola v. dalje.) Iz toga se lako može razabrati da su, naročito u USA, još u pogonu, pa i razmjerno nedavno bila u izgradnji, postrojenja za proizvodnju sintetskog fenola po postupcima različitim od kumenskog. To su tri postupka koji, poput kumenskog postupka, polaze, u stvari, od benzena (postupak taljenja natrijum-benzensulfonata s natrijum-hidroksidom, postupak hidrolize klorbenzena natrijumskom lužinom i postupak hidrolize klorbenzena vodenom parom) i jedan postupak koji polazi, u stvari, od toluena (postupak oksidativne dekarboksilacije benzojeve kiseline). U USA proizvedeno

-dioksidom), zatim se kinon reducira u hidrokinon prahom željeza u neutralnoj otopini.

1,3-Benzendiol (rezorcinol) sastojak je spojeva u nekim prirodnim smolama. [Odatle i od naziva njegovog derivata orcin(ol)a, 5-metil-rezorcinola, i potječe naziv rezorcin(ol).] Iz tih se tvari i ovaj benzendiol može dobiti hidrolizom. Tehničko dobivanje rezocinola, međutim, zasniva se na alkalnoj hidrolizi 1,3-benzendisulfonske kiseline (taljenjem s NaOH). Za dobivanje rezorcinola postoji i jedan postupak posredstvom 1,3-diizopropilbenzena analogan kumenskom postupku proizvodnje monohidroksibenzena.

Najvažniji derivati benzendiola jesu monoeteri, posebno gvajakol (1-hidroksi-2-metoksi-benzen), koji se među ostalim nalazi i u proizvodima destilacije drvenog katrana i može se iz njih izolirati. Tehničku važnost imaju i neki alkil-derivati 1,4-benzendiola i njihovi eteri, također neki esteri 1,3-benzendiola. Za upotrebu ovih spojeva (v. dalje) njihovo važno zajedničko svojstvo jest što su manje toksični od samih benzendiola.

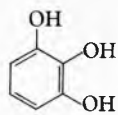
Upotreba benzendiola i njihovih derivata. Za primjenu 1,2- i 1,4-benzendiola vrlo važno svojstvo jest njihova sklonost oksidaciji. Zbog toga se ubrajaju među najvažnija organska sredstva za redukciju i stabilizaciju prema oksidansima. Tako se npr. mnogo upotrebljavaju u fotografiji kao aktivne komponente razvijaa. Kao antioksidansi mogu se upotrijebiti za stabilizaciju različitih tehničkih proizvoda (npr. sušivih ulja, naliča). Za to se upotrebljavaju i neki eteri i esteri benzendiola. Pirokatehol i rezorcinol važne su sirovine za proizvodnju sintetskih štavila.

Vrlo mala toksičnost nekih derivata benzendiola dopušta da se iskoriste i neka njihova ljekovita svojstva. Tako se npr. neki esteri gvajakola upotrebljavaju kao ekspektoracije, sredstva koja olakšavaju iskašljavanje sekreta i sluzi iz dišnih organa. Osim toga mala toksičnost alkil-derivata benzendiola čini ih i mnogo upotrebljivijima za antiseptike nego što su to sami benzendioli.

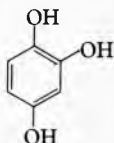
Velika reaktivnost benzendiola i nekih njihovih derivata omogućava i njihovu upotrebu kao sirovine u mnoštvu sinteza u industriji bojila, lijekova, mirisnih tvari i drugih proizvoda. Ti su spojevi i važne sirovine u proizvodnji umjetnih smola.

Polihidroksibenzeni (benzenpolioli)

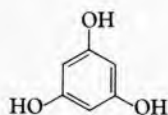
Postoje po tri izomerna trihidroksibenzena i tetrahidroksibenzena, a samo po jedan pentahidroksibenzen i heksahidroksibenzen. Tri benzentriola jesu



1,2,3-trihidroksibenzen
(1,2,3-benzentriol,
pirogalol,
pirogalna kiselina)



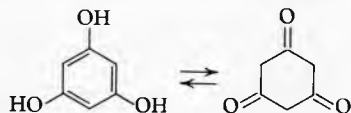
1,2,4-trihidroksibenzen
(1,2,4-benzentriol,
hidroksihidrokinon)



1,3,5-trihidroksibenzen
(1,3,5-benzentriol,
floroglucinol,
floroglucin)

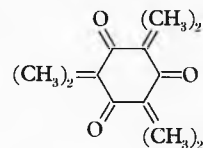
Tetrahidroksibenzeni su 1,2,3,4-tetrahidroksibenzen (1,2,3,4-benzentetrol), 1,2,3,5-tetrahidroksibenzen (1,2,3,5-benzentetrol) i 1,2,4,5-tetrahidroksibenzen (1,2,4,5-benzentetrol). Veću tehničku važnost imaju samo pirogalol i floroglucinol.

Pirogalol i floroglucinol oba su čvrste kristalne tvari (t. t. između 133 i 134, odn. 217 i 219 °C). Pirogalol se u vodi i u većini organskih otapala otapa lakše nego floroglucinol. Pored svojstava zajedničkih svim fenolima, za pirogalol je karakteristično (kao za 1,2-benzendiol) da se zbog *o*-položaja hidroksilnih skupina lako oksidira, pri čemu nastaju najprije spojevi kinonske strukture, a za floroglucinol što reagira, već prema reakcijskim uvjetima, u jednom od dva tautomerna oblika:

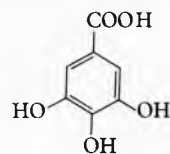


od kojih je karbonilni (keto-oblik) znatno izraženiji nego karbonilni oblik drugih fenola i razmjerno lako stupa u reakcije svojstvene

karbonilnoj skupini. Iz njega se, npr., alkiliranjem mogu dobiti spojevi koji imaju samo keto-oblik. Jedna od takvih reakcija alkiliranja, karakteristična za spojeve s metilenskim skupinama između dvije karbonilne, jest reakcija s metiljodidom u alkoholnoj otopini kalijum-hidroksida, kojom se dobiva 2,2,4,4,6,6-heksametilcikloheksan-1,3,5-trion



Pirogalol (1,2,3-benzentriol) može se dobiti sintetski iz 2,6-diklorbenzen-4-sulfonske kiseline taljenjem s kalijum-hidroksidom i zagrijavanjem pri tome nastale 1,2,3-benzentriol-5-sulfonske kiseline s mineralnim kiselinama. Tehnički se, međutim, još uvijek dobiva postupcima termičke razgradnje galne kiseline



(proizvedene enzimskom ili kemijskom hidrolizom tanina; odatle i nazivi pirogalol, pirogalna kiselina). Ta metoda potiče još od C. W. Scheelea.

Floroglucinol (1,3,5-benzentriol) obično se dobiva oksidacijom trinitrotoluena u trinitrobenzojevu kiselinu, dekarboksiliranjem te kiseline, redukcijom dobivenog trinitrobenzena u triaminobenzen i hidrodrolizom ovoga jakim mineralnim kiselinama.

Kao i benzendioli, i benzentrioli su tehnički zanimljivi prvenstveno kao reducens i kao antioksidansi. Tako je pirogalol najstariji fotografski razvijaa, a njegova primjena na tom području ima dobre izgled i u novijim fotografskim tehnikama. Floroglucinol se u fotografiji upotrebljava kao stabilizator emulzija (zaštita od oksidacije). Upotrebljava se također kao termalni stabilizator alkilceluloze i za sprečavanje prijevremene polimerizacije i kondenzacije različitih materijala. Postoje patenti za upotrebu pirogalola i njegovih derivata kao stabilizatora za mnoštvo tehničkih proizvoda, pa i za neke prehrambene proizvode.

Floroglucinol služi kao razvijaa u tehnici diazokopiranja i bojenja tekstilnih vlakana (posebno acetatnih, ali također vlakana od viskoze, Orlona, Nylona, pamuka, Rayona i njihovih mješavina).

Pirogalol se upotrebljava kao sirovina u procesima kondenzacije i polimerizacije pri proizvodnji umjetnih smola i plastmasa, npr. za proizvodnju pirogalol-formaldehidnih smola s redukcijom-oksidacijskim svojstvima i svojstvima anionski permselektivnih membrana (v. Ionski permselektivne membrane u članku *Elektrodijaliza*, TE 4, str. 337), za proizvodnju sredstava za štavljenje i vulkanizaciju, te adhezivâ. Primjenu floroglucinola za iste svrhe još uvijek sprečava njegova visoka cijena, osim u sintezama proizvoda u kojima cijena sirovina nema važnu ulogu, npr. u industriji bojila i, posebno, lijekova.

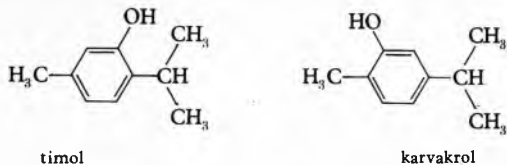
Alkilfenoli i cikloalkilfenoli

Uz supstitucijske derivate fenola s jednostavnim alkilnim i cikloalkilnim skupinama na aromatskom prstenu, u ovu skupinu spojeva načelno se mogu ubrojiti i oni u kojima su vodikovi atomi tih alkila također supstituirani drugim radikalima. Od takvih spojeva stanovitu tehničku važnost imaju neki aralkilfenoli i hidroksiaralkani (bisfenoli).

Jednostavni alkilfenoli. Neki od ovih fenola nalaze se kao takvi u stanovitim prirodnim eteričnim uljima koja se odavna upotrebljavaju kao mirisne tvari (npr. timol i karvakrol).

Većina drugih jednostavnih alkilfenola nalazi se u reakcijskim proizvodima termičke razgradnje organskih materijala, kao što su katrani i krekovana zemna ulja.

Jedna od glavnih zajedničkih odlika jednostavnih alkilfenola jest smanjena reaktivnost hidroksilne skupine u usporedbi s reaktivnošću te skupine u monohidroksibenzenima. Utjecaj alkilne skupine na hidroksilnu skupinu na zajedničkom aromatskom prstenu očituje se i time što su gustoća, hidrofilnost i reaktivnost prema alkalijama alkilfenola to manji, a njihova topljivost u ugljikovodicima to veća što im je veći bočni lanac. Inače je reaktivnost u slobodnim položajima na aromatskom prstenu ovih spojeva slična toj reaktivnosti kod drugih fenola.



Među ovim spojevima tehnički su najvažniji već spomenuti krezoli i ksilenoli. Na običnim temperaturama čisti krezoli i ksilenoli bezbojne su tekućine ili kristalne tvari s niskom točkom taljenja. Niži homolozi ovih fenola imaju svojstven (krezolni) miris.

Do nedavna su se krezoli i ksilenoli skoro isključivo dobivali iz navedenih izvora, poglavito iz katrana kamenog ugljena (v. članak *Katran*). Međutim, kako se u posljednje vrijeme u svijetu istovremeno povećala potražnja ovih sirovina i smanjio opseg prerade katrana, poraslo je značenje sintetskih postupaka njihove proizvodnje.

Od tih postupaka još uvijek se najviše upotrebljavaju oni pri kojima se najprije dobivaju smjese krezola i ksilenola alkiliranjem monohidroksibenzena metanolom, a zatim koncentrirani i pojedini spojevi destilacijskim operacijama sličnim onima kod dobivanja iz katrana. U nekim od tih postupaka alkiliranje se izvodi u parnoj fazi s čvrstim katalizatorima, kao što su oksidi aluminijuma ili magnezijuma, na 300–400 °C, a u nekima u tekućoj fazi, gdje su katalizatori otopine halogenida cinka u vodi.

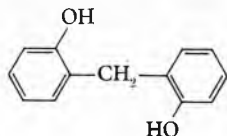
Za industrijske sinteze krezola još se uvijek upotrebljavaju i postupci na bazi hidrolize toluensulfonskih kiselina, a u novije vrijeme izrađen je i postupak propiliranjem toluena analogan kumenskom postupku proizvodnje monohidroksibenzena.

Danas se krezoli najviše troše za proizvodnju njihovih estera s fosforom kiselinom. Iako se značenje krezolâ kao plastifikatorâ jako smanjilo, oni se izrađuju u sve većim količinama jer nalaze primjenu i u drugim područjima, npr. kao negorive hidrauličke tekućine. Vrlo važno područje upotrebe krezolâ jest kao otapala umjetnih smola za obloge žica malih elektromagneta. I krezoli i ksilenoli danas se mnogo troše kao sirovine za proizvodnju umjetnih smola. Znatne količine krezolâ i ksilenolâ troše se i za proizvodnju stabilizatora protiv oksidacije, osmoljavanja, starenja (najviše alkiliranjem, poglavito *p*-krezola tercijarnim butilenom, v. napred) za niz vrlo važnih tehničkih materijala, kao što su mineralna ulja, goriva za motore s unutarnjim izgaranjem, proizvodi na bazi kaučuka.

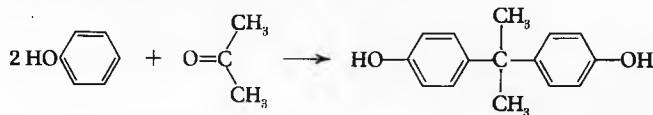
Jednostavni alkilfenoli s alkilima razgranatih lanaca s nešto većim brojem atoma ugljika (od C₄ do C₉) upotrebljavaju se kao sirovine u proizvodnji specijalnih, u uljima topljivih smola. Jednostavni alkilfenoli s lancima od još većeg broja atoma ugljika (od C₈ do C₁₅) služe kao sirovine u proizvodnji neionskih površinski aktivnih tvari.

Osim za te svrhe, alkilfenoli služe kao sirovine i za izradu mnoštva drugih proizvoda, npr. (posebno ksilenoli) za proizvodnju lijekova i sredstava za dezinfekciju.

Cikloalkilfenoli, aralkilfenoli i hidroksiarilalkani. Zbog dobrog bakterijskog djelovanja uz malu toksičnost za sisavce, neki se cikloalkil- i aralkil-fenoli upotrebljavaju za priređivanje sredstava za dezinfekciju. Jedan od najjednostavnijih aralkilfenola koji se upotrebljavaju za ove svrhe jest 2-benzilfenil (*o*-benzilfenil)



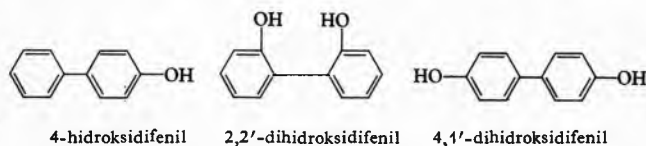
Među hidroksiarilalkanima najpoznatiji su derivati propana, posebno 2,2-(4,4-dihidroksidifenil)-propan (bisfenol A, izopropilendifenol, bisfenolpropan), jer se može dobiti jednostavnom i skoro kvantitativnom kondenzacijom produkata kumenskog postupka proizvodnje fenola, monohidroksibenzena i acetona, u kiseloj sredini:



Taj je fenol važna sirovina u proizvodnji specijalnih umjetnih smola, prvenstveno epoksidnih, ali i nekih vinilnih, polikarbonatnih i poliesterskih. Sam je važan stabilizator za niz tehničkih proizvoda, posebno plastičnih masa.

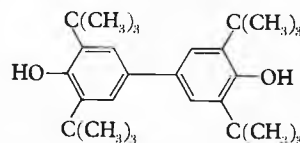
Arilfenoli i difenoli

Najpoznatiji *arilfenol* jest 4-hidroksidifenil (*p*-hidroksidifenil, *p*-fenilfenol, para-ksenol):



jer je sporedni proizvod kod dobivanja monohidroksibenzena postupkom alkalne hidrolize klorbenzena, a služi za proizvodnju specijalnih smola kondenzacijom s formaldehidom, za proizvodnju neionskih emulgatora, za sintezu bojila, kao nosilac pri bojenju i tiskanju poliesterskog vlakna i za proizvodnju *o*-klorderivatâ, koji su germicidi. Analogno nastaje i *o*-fenil-fenol (2-hidroksidifenil, ortoksenol), koji se primjenjuje kao germicid, fungicid i kao kemikalija u gumarskoj industriji.

Od *difenolâ* stanovitu tehničku važnost imaju 2,2'-dihidroksidifenil (*o,o'*-dihidroksidifenil, *o*-difenol) i 4,4'-dihidroksidifenil, *p*-difenol). Prvi služi za priređivanje germicida, drugi se može upotrijebiti kao antioksidans, ali je na tom području važniji njegov derivat 4,4'-dihidroksi-3,3',5,5'-tetra-*tert*-butil-difenil



posebno kao stabilizator za sintetsku gumu, poliolefine, smole, voskove i petrolna ulja.

Ž. Viličić

PROIZVODNJA I POTROŠNJA FENOLA

Ukupna svjetska proizvodnja fenola rasla je u razdoblju 1955–1975 prosječno godišnjom stopom od 9,3%, te se povećala od ~500 na ~3000 kt (1960, 1965 i 1970 iznosila je ~800, ~1400 i 2300 kt). Zbog toga što je primjena fenola usko povezana s proizvodnjom različitih intermedijarnih i finalnih organskih kemikalija industrije, i proizvodnja i svjetska potrošnja fenola koncentrirane su uglavnom u zemljama s vrlo razvijenom kemijskom industrijom. Sudjelovanje najvećih zemalja-proizvođača u svjetskoj proizvodnji fenola prikazano je u tabl. 1. Preko 80% od ukupne svjetske proizvodnje fenola ostvaruje se u 8 industrijski najrazvijenijih zemalja. Proizvođači su još DDR, Poljska, Rumunjska, ČSSR, Belgija, Španjolska, Švedska, Kanada, Australija.

Od ukupno ~4000 kt/god. kapaciteta postrojenja za proizvodnju sintetskog fenola u svijetu samo tvornice u USA i Kanadi imaju ~1500 kt/god., a zemlje zapadne Evrope ~1300 kt. Od navedenih ukupnih kapaciteta u zapadnoj Evropi 70% je za proizvodnju fenola kumenskim postupkom, 9% postupkom oksidacije toluena, 4,4% postupkom alkalne hidrolize klorbenzena, 7,5% ostalim postupcima, uključivši i postupak taljenja natrijum-benzensulfonata sa natrijum-hidroksidom. Ovoj analogna raspodjela kapaciteta za proizvodnju fenola u USA je: 90,9%, 2%, 1,5% i 5,6%. Svjetska proizvodnja prirodnog fenola je ~100 kt.

U posljednjih 5 godina u zemljama Zajedničkog evropskog tržišta prosječno je od ukupne potrošnje fenola otpadalo 38,3% za proizvodnju fenolnih smola (koje su se poglavito upotrebljavale kao mase za prešanje, ljeplja, veziva, smole za lakove, za lijevanje), 25,1%, odnosno 17,8% za proizvodnju kaprolaktama, odnosno adipinske kiseline kao intermedijara za proizvodnju poliamidnih sintetskih vlakana, 13% za proizvodnju intermedijara za epoksidne smole (poglavito bisfenole), 3,8% za proizvodnju alkilfenola kao sirovina za proizvodnju detergenata i 1,3% za ostalo (poglavito intermedijara za proizvodnju sredstava za zaštitu bilja, salicilne kiseline). Za te iste svrhe u isto vrijeme se u USA trošilo respektivno 46%, 16%, 3%, 14%, 4% i 17% od ukupne potrošnje fenola.

Tablica 1
KONCENTRACIJA SVJETSKJE PROIZVODNJE FENOLA U kt
U INDUSTRIJSKI NAJRAZVIJENIJIM ZEMLJAMA

Zemlja	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
USA	558	608	615	686	770	797	791	885	1 020
Japan	84	99	118	127	137	185	196	200	215
Z. Njemačka	156	175	161	198	239	242	221	228	246
Francuska	97	99	100	106	120	123	127	134	138
Italija	105	120	135	137	192	216	223	225	256
V. Britanija	69	93	99	113	123	136	160	175	185
Nizozemska	19	27	48	56	72	74	70	85	87
SSSR	190	205	220	240	260	300	300	300	320
Ostale zemlje	122	174	204	187	237	227	312	368	333
Ukupno	1 400	1 600	1 700	1 850	2 150	2 300	2 400	2 600	2 800

Tablica 2
PROIZVODNJA, UVOZ, IZVOZ I POTROŠNJA FENOLA U kt
U JUGOSLAVIJI OD 1965 DO 1975

Godina	Proizvodnja	Uvoz	Izvoz	Potrošnja	
				izvedena	efektivna
1965	5 571	568	2 346	3 793	2 707
1966	9 490	171	2 715	6 846	2 383
1967	7 854	1 004	714	8 144	5 118
1968	6 588	1 491	4 573	3 506	3 120
1969	6 840	450	4 383	2 906	4 341
1970	7 564	147	4 298	3 413	4 781
1971	7 021	66	1 370	5 717	6 079
1972	9 505	—	1 026	8 479	9 050
1973	9 237	626	3 019	6 844	4 729
1974	9 309	282	2 883	6 708	3 670
1975	7 969	—	445	7 524	...

Proizvodnja i potrošnja fenola u Jugoslaviji. Proizvodnja sintetskog fenola u Jugoslaviji započela je 1965 i to po kumenskom postupku u petrokemijskom kombinatu Organokemijska industrija (OKI) u Zagrebu. Iste godine započela je i proizvodnja fenola po postupku taljenjem natrijum-benzensulfonata s natrijum-hidroksidom u koksiari Boris Kidrič u Lukavcu, ali već je obustavljena 1967. (U tom postrojenju proizvodio se fenol u količini od 6 kt god.) Kapacitet, proizvodnje kumena i fenola OKI-a 1975 bili su 15, odnosno 10 kt/god. Podaci o proizvodnji, uvozu, izvozu i potrošnji fenola prikazani su u tablici 2.

Danas se fenol u Jugoslaviji troši isključivo za proizvodnju fenolnih smola, koje se poglavito upotrebljavaju za mase za prešanje i smole za izradu kočičkih obloga, dekorativnih laminata, lakova. (Ranije se fenol u Jugoslaviji trošio i za izradu intermedijara za herbicide.)

K. Čaušević

LIT.: R. Bemmann, Die technische und wirtschaftliche Bedeutung des Phenols, Berlin 1954. — A. Dierichs, R. Kubicka, Phenole und Basen, Vorkommen und Gewinnung, Berlin 1958. — R. Stroh, R. Seydel, W. Hahn, Alkylierung von Phenolen mit Olefinen in der Neuere Methoden der präparativen Chemie, Weinheim 1960. — H. Knopf, O. Lindner, Moderne technische Phenol-Synthesen I i II, Chem. Ing. Techn., 36, 1964. — Industrial chemicals, New York 1965. — O. Lindner, H. Moerschel, E. Böcker, H. Oettel, Phenole und Alkylphenole in der Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, München-Berlin 1970.

K. Čaušević, Ž. Viličić

FIKSACIJA TEKSTILA, stabilizacija tekstilne strukture (vlakana prede, tkanina, pletiva) u određenom obliku, tako da se oblik ne mijenja u normalnim uvjetima upotrebe i njege tekstilnih proizvoda. Fiksacija predstavlja postizanje ravnotežnog stanja u određenim uvjetima za što je potrebno uklanjanje unutarnjih istezanja i napona nastalih u tkivima tokom prerade. (Pod tkivom se razumijevaju sve vrste plošnih tekstilnih proizvoda: tkanine, pletiva, »netkana« tkiva.)

Fiksacija je važan proces u okviru dorade tekstila (v. članke *Apretura*, TE 1, str. 313 i *Dorada tekstilnih proizvoda*, TE 3, str. 384). Njena važnost u tekstilnoj industriji stalno raste kako se povećavaju zahtjevi suvremenog doba u pogledu stabilnosti tekstilnih proizvoda, osobito otpornosti prema gužvanju. Taj porast važnosti fiksacije osjeća se, općenito, kako u proizvodnji tekstila od prirodnih vlakana (pamuka i vune) tako i u proizvodnji tekstila od kemijskih vlakana, poglavito sintetičkih.

Procesi analogni fiksaciji odvijaju se i nenamjerno u mnogim fazama tehnološke prerade i upotrebe tekstila, pa često uzrokuju neželjene efekte (npr. prednaprezanje materijala u preradi, gužvanje, gubitke oblika).

Namjerni i poželjni efekti fiksacije rezultati su uspješno izvedenih procesa industrijske fiksacije i kućanskog glačanja tekstila. Cilj je namjerne i poželjne fiksacije da održi proizvode u izvornom stanju (u kojem su dobiveni ili proizvedeni), ili da dozvoli slobodno opuštanje (relaksaciju) proizvoda, ili da održi proizvode u novom zadanom obliku. Među procesima prve od ove tri skupine nalaze se npr. plošna fiksacija tkiva, proizvodnja prede na navitku; među procese druge skupine ide npr. skupljanje vitica, relaksacijsko skupljanje tkiva, a među procese treće skupine npr. plisiranje, voluminiziranje prede, nabiranje.

Procesi fiksacije klariraju se sa dva stajališta: prema sredstvima koja se pri tome upotrebljavaju ili prema trajnosti efekta fiksacije.

Sredstva koja se upotrebljavaju za fiksaciju jesu: toplina, kemijska sredstva, vlaga, ljepila i naprezanja. Procesi fiksacije izazvani povišenjem temperature (termofiksacija) provode se najčešće u tekstilnoj tehnologiji, a posebno za fiksiranje tkiva izrađenih od sintetskih vlakana ili od mješavina sa sintetskim vlaknima. Proces voluminiziranja prede odvija se također termofiksacijom. Procesi fiksacije kemikalijama odvijaju se unutar vlakana kemijskim umrežavanjem lančanih polimerâ. Vlaga je sredstvo koje samostalnim djelovanjem dovodi veoma sporo ili uopće nikako ne dovodi do fiksacije (sušenje na zraku), ali u nekim slučajevima u kombinaciji s toplinom pojačava efekte termofiksacije (fiksacije parom, vlažno glačanje). Ljepilima i adhezivima postiže se učvršćavanje vlaknate strukture tkiva (vanjska obrada smolama). Naprezanje se upotrebljava u slučajevima kad se žele postići efekti prenaprezanja.

Trajnost efekata fiksacije dijeli fiksaciju na prolaznu, polutrajnu i trajnu ili permanentnu.

Pod *prolaznom fiksacijom* razumijeva se fiksacija kojoj se rezultati poništavaju u uvjetima uobičajene upotrebe, kao malim povišenjem temperature (npr. pri glačanju), kvašenjem (npr. pri pranju), djelovanjem slabih mehaničkih sila (npr. pri nošenju), a u nekim slučajevima već i promjenom vlažnosti zraka koja uvjetuje i veću vlažnost u materijalu (što prouzrokuje npr. gužvanje vunenih tkanina u vlažnim danima).

Pod *polutrajnom fiksacijom* razumijeva se fiksacija proizvoda koji su, što se tiče svojstava stečenih tom obradom, postojani u uvjetima uobičajene upotrebe, ali im se ta svojstva mogu poništiti nekom namjernom obradom u oštrijim uvjetima. Takvi procesi fiksacije jesu npr. glačanje s parom, skupljanje vlakana za tzv. visoko voluminiziranje prede.

U procesima *permanentne fiksacije* zbivaju se u strukturi materijala promjene koje se ne mogu poništiti. Naknadnom obradom trajno fiksiranih proizvoda u oštrijim uvjetima mogu nastupiti samo dalje nepovratne promjene strukture. Većina industrijskih procesa fiksacije pripada toj skupini.

Često ukupni fiksacijski efekt sadrži komponente i prolazne, i polutrajne, i trajne fiksacije, a fiksacija je najuspješnija kad ta tri njena faktora djeluju istovremeno.

O tehnološkim procesima fiksacije tekstilnih proizvoda od prirodnih vlakana već je bilo govora (v. već navedene članke *Apretura* i *Dorada tekstilnih proizvoda*). Dalje pojedinosti o procesima fiksacije tekstila napravljenih od tih materijala, kao i fiksacije tekstila od kemijskih vlakana razmatrat će se i u nekim člancima s područja tekstilne tehnike koji slijede (v. *Pletenje i čipkanje*, *Pređa*, *Pusti* i *klobučarija*, *Tekstilna vlakna*, *Tekstilni proizvodi*, *Tkanje*, *Vlakna*, *umjetna*). Ovaj članak ograničava se na objašnjavanje mehanizma pojava koje se u tim materijalima odvijaju za vrijeme fiksacije.

Fizikalne osnove fiksacije. Ravnotežno stanje sustava tekstilne strukture u kojemu se fiksacijom stabilizira njen oblik u prvom je redu uvjetovano ravnotežom svih sila u sustavu. Međutim, tekstilna tkiva sastoje se od velikog mnoštva različitih strukturalnih jedinica (temeljne strukturne jedinice tkiva jesu vlakna, koja su pređenjem udružena u veće strukturne jedinice, pređu, a tek iz nje je tkanjem ili pletenjem dobiveno tekstilno tkivo), pa je veoma teško, a često i nemoguće definirati sve sile među tim elementima. Osim toga, procesom fiksacije uspostavlja se ravnotežno stanje i u svakoj strukturnoj jedinici vlakana na molekularnom nivou. Zbog toga se i uvjeti nastajanja ravnotežnog stanja mogu prikladnije objasniti, slično kao u termodinamičkim