

zamjena za natrijum- ili kalijum-hidroksid u alkalnim akumulacijama za niske temperature (do  $-50^{\circ}\text{C}$ ).

**Cezijum-halogenidi.** *Cezijum-fluorid*,  $\text{CsF}$ , najlakše je topljiva sol cezijuma, t. t.  $686^{\circ}\text{C}$ . Dobiva se tačnom neutralizacijom cezijum-hidroksida fluorovodičnom kiselinom i isparavanjem dobivene otopine dosuha na  $400^{\circ}\text{C}$ . Cezijum-fluorid veoma je higroskopan: vodu veže jače od fosfor-pentoksida. Upotrebljava se za uvođenje fluora u organskim sintezama. *Cezijum-klorid*,  $\text{CsCl}$ ,  $d$  3,97, t. t.  $646^{\circ}\text{C}$ , t. k.  $1290^{\circ}\text{C}$ , nastaje kao produkt razgradnje polucita pomoću solne kiseline; sirovi produkt razgradnje čisti se taloženjem kao kompleksna dvostruka sol s olovom ili s antimonom, ova se nakon toga rastvara hidrolizom i dobiveni  $\text{CsCl}$  podvrgava se rekristalizaciji. Cezijum-klorid industrijski se proizvodi i iz cezijum-sulfata pomoću ionskih izmjenjivača, a može se dobiti i iz cezijum-nitrata višekratnim isparavanjem sa suviškom solne kiseline ili neutralizacijom cezijum-karbonata ili -hidroksida solnom kiselinom. Služi u proizvodnji vakuum-cijevi, a koncentrirana otopina cezijum-klorida upotrebljava se u biološkim istraživanjima, kod odjeljivanja makromolekula (dezoksiribonukleinske kiseline, virusa i dr.) pomoću ultracentrifuge. *Cezijum-bromid*,  $\text{CsBr}$ ,  $d$  4,43, t. t.  $636^{\circ}\text{C}$ , proizvodi se neutralizacijom cezijum-karbonata ili hidroksida bromovodičnom kiselinom; nastaje i pri postupku obrade polucitne rude bromovodičnom kiselinom. Upotrebljava se u proizvodnji optičkih kristala. *Cezijum-jodid*,  $\text{CsJ}$ ,  $d$  4,51, t. t.  $611^{\circ}\text{C}$ , dobiva se neutralizacijom cezijum-hidroksida ili -karbonata jodovodičnom kiselinom. Služi u proizvodnji optičkih kristala i za pojačanje apsorpcije rentgenskih zaslona s cink-sulfidom.

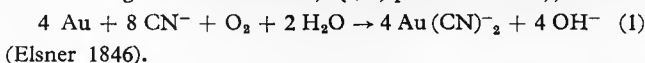
**Druge soli cezijuma.** *Cezijum-nitrat*,  $\text{CsNO}_3$ ,  $d$  3,68, t. t.  $414^{\circ}\text{C}$ , kristalizira iz vodenih otopina u obliku sjajnih heksagonskih prizmi. Dobiva se iz cezijum-klorida grijanjem sa suviškom dušične kiseline. *Cezijum-aluminijum-sulfat* (cezijum-alaun),  $\text{Cs}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ,  $d$  1,97, t. t.  $117^{\circ}\text{C}$ , teško je topljiv i kristalizira iz vodenih otopina u obliku pravilnih oktaedarskih kristala. Nastaje razgradnjom polucitne rude pomoću sumporne kiseline. Čisti cezijum-alaun je idealni početni materijal za proizvodnju različitih soli cezijuma. Budući da se po relativnoj topljivosti samo neznatno razlikuje od litijum-alauna, dosta se teško od njega odvaja i to višekratnim frakcijskim kristalizacijama iz vode. Iz cezijum-alauna prženjem s ugljikom industrijski se dobiva *cezijum-sulfat*,  $\text{Cs}_2\text{SO}_4$ , rompska ili heksagonska kristalna sol  $d$  4,24, t. t.  $1010^{\circ}\text{C}$ . *Cezijum-karbonat*,  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$ , vrlo higroskopna sol, dobiva se iz cezijum-hidroksida i ugljik-dioksida ili iz cezijum-nitrata i oksalne kiseline tako da se nastali cezijum-oksalat žarenjem prevede u karbonat. *Cezijum-kromat*,  $\text{Cs}_2\text{CrO}_4$ , i *cezijum-dikromat*,  $\text{Cs}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , žuto do narančasto obojene soli, primjenjuju se za dobivanje metalnog cezijuma.

LIT.: N. V. Sidgwick, The chemical elements and their compounds, London 1950. — C. A. Hampel, Rare metals handbook, New York 1961. — R. A. Davis, Cesium and cesium compounds, u djelu: Kirk-Othmer, Encyclopedia of chemical technology, vol. 4, New York 1964.

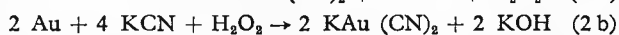
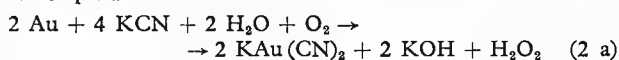
Lj. Grlić

**CIJANIZACIJA**, oplemenjivački postupak za rude zlata i srebra, u biti hidrometalurški proces luženja, koji se sastoji u tome da se finosamljevena ruda luži u slabom rastvoru alkalnih cijanida, pri čemu zlato ili srebro prelazi u rastvor. Iz tog se rastvora metali redovito dobijaju precipitacijom cinkovim prahom.

Zlato se rastvara spontano samo u carskoj vodi, ali se može prevesti u rastvor i tvorbom kompleksnih cijanidnih iona. U tu svrhu ono se ionizira uvođenjem kisika koji ga oksidira od nulvalentnog u trovalentno stanje (+3) prema sumarnoj jednačbi:



Bodländer (1896) uspio je dokazati tvorbu vodik-peroksida u toku reakcije, pa je stoga pretpostavio da se reakcija (1) odvija u dva stepena:



Analogne su reakcije s natrijum-cijanidom i s kalcijum-cijanidom, koji se danas upotrebljavaju umjesto kalijum-cijanida.

Termodinamička razmatranja i novija ispitivanja utjecaja parcijalnog pritiska kisika i koncentracije kalijum-cijanida potvrđuju navedene starije pretpostavke o toku reakcije korozivnog djelovanja cijanidnog rastvora na plemenite metale.

U smislu elektrokemijske teorije korozije, pretpostavlja se da se, u stvari, obrazuju lokalni galvanski članci sa zlatom kao anodom i kisikom kao katodnim depolarizatorom. Kisik je u ovom slučaju pogodan i zato što se slabo rastvara u vodi pa ne oksidira cijanid u cijanat i tako osigurava neometan tok procesa. Kisik se uvodi u vidu atmosferskog zraka, ali doziranje mora biti veoma pažljivo jer pri suviše intenzivnoj aeraciji pulpe može doći do oksidacije kalijum-cijanida u karbonat, što prouzrokuje pretjerani utrošak cijanida. S druge strane, kisik troše i drugi sastojci pulpe (sulfidi, organske materije, mazivo i sl.) uz postanak kiseline koje povećavaju potrošak cijanida jer iz njega oslobađaju isparljivu cijanovodičnu kiselinu. Ovo se neželjeno djelovanje kiseline sprečava ili bar ograničava dodavanjem »zaštitnih alkalija«, mahom kreča ili krečnog mlijeka. Razmjerno velike količine alkalijskog cijanida trošili bi teški metali stvaranjem odgovarajućih cijanida, pa ih treba prethodno ukloniti ako su prisutni u znatnijim koncentracijama.

Prema tome, iako je cijanizacija u osnovi razmjerno prost postupak, u praksi je neophodna veoma rigorozna kontrola režima dodavanja cijanida, kisika i alkalija, čak i u slučaju prerade rude s optimalnim svojstvima, tj. bez drugih štetnih primjesa kao što su bakar, arsen, nikel, cink, grafit, krom i drugi »cijanidici«.

Koncentracija cijanidnog rastvora razmjerno je veoma malena. Budući da je količina kisika u rastvoru ograničena njegovom topljivošću, njome je ograničena i koncentracija cijanidnog rastvora. Iz zraka se u lužini rastvara kisik do maksimalne koncentracije od 9 mg/l, a prema jednačbi (1) na 32 težinska dijela kisika reagiraju teorijski  $8.49 = 392$  dijela  $\text{NaCN}$  (ili  $8.65 = 520$  dijelova  $\text{KCN}$ ); da bi se iskoristio sav kisik, minimalna koncentracija  $\text{NaCN}$  ( $\text{KCN}$ ) u rastvoru mora dakle biti  $392.9/32 = 11.0$  ( $520.9/32 = 14.6$ ) mg/l. U odnosu na zlato teorijska potrošnja cijanida iznosi  $8.49/(4.197) = 0.50$  g  $\text{NaCN}$  [ $8.65/(4.197) = 0.66$  g  $\text{KCN}$ ] i  $32/(4.197) = 0.040$  g  $\text{O}_2$  za 1 g Au. (Za srebro su sve te količine veće u omjeru atomskih težina zlata i srebra, 197/97, dakle gotovo tačno dvostruke). U praksi su, međutim, i upotrijebljene koncentracije i utrošene količine cijanida mnogostruko veće od teorijskih, pa utrošak cijanida (računatog kao kalijum-cijanid) iznosi  $12 \cdot 25$  g/g Au, a koncentracija rastvora natrijum-cijanida kreće se u prosjeku oko  $200 \cdot 300$  mg/l (0,02–0,03%), što je za  $\sim 25$  puta više od teorijske. Utrošak cijanida zavisi od prirode rude i metode luženja i mora se utvrditi eksperimentima.

Rastvoreno zlato treba da se odstrani s površine čestice čim se obrazuje, a to se postiže dovoljno intenzivnom agitacijom pulpe. Nadeno je da u optimalnim uslovima agitacije i aeracije maksimalna brzina rastvaranja zlata iznosi  $\sim 3,25$  mg/cm<sup>2</sup> h, što odgovara stanjivanju pljosnate zlatne čestice za  $3,63$  μm/h; srebro se rastvara upola sporije.

Postupak cijanizacije može se podijeliti na četiri radne faze. To su: raščin, luženje, separacija i precipitacija.

**Raščin** obuhvata sitnjenje rude. Upotrebljavaju se u oplemenjivanju uobičajene sheme i uređaji: primarno drobljenje u čeljusnim i/ili kružnim drobilicama, sekundarno u Symons-droblicama, mljevenje u mlinovima s palicama i kuglama, i samo još izuzetno u stupama, uglavnom u Južnoj Africi. Finoća mliva zavisi od stepena impregnacije metala u rudi. Specifično je samo mljevenje u cijanidnom rastvoru mjesto u vodi. Mljevenje u cijanidu načelno je bolje jer rastvor djeluje na zlato čim se ono mljevenjem eksponira, pa se tako produžava vrijeme kontakta. S druge strane, ako se uz cijanizaciju primjenjuju drugi postupci, amalgamacija i/ili flotacija, mljevenje se mora izvršiti u vodi jer su cijanid i alkalije u po jednom od tih postupaka štetni.

**Luženje** je glavna faza rada. U tehničkom pogledu, a u zavisnosti od veličine čestica u preradi, luženje se dijeli na perkolacijsko, ili luženje pijeska, i agitacijsko, ili luženje mulja. »Pijesak« je naziv za materijal veličine zrna od približno 0,1 do 1 mm, a »mulja« sadrži zrna manja od 0,1 mm (u anglosaksonskoj praksi, 100 Tyler-meša, tj. 0,124 mm).

**Perkolacijsko luženje** («sand leaching», «Sickerlaugung») izvodi se u okruglim drvenim, betonskim ili željeznim posudama promjera 5...15 m, visine 2...5 m i više, i kapaciteta do 1200 t. Posuda ima drveno rešetkasto lažno dno prevučeno filtarskim platnom, kroz koje se posebnim otvorima rastvor dovodi (ili odvodi). Može se upotrijebiti i Dorrov zgušnjivač. Luženje počinje uz jaču koncentraciju (0,1...0,3% NaCN), nastavlja se uz slabiju (0,02...0,07%), a između ta dva luženja se lužina ispušta te luženi materijal dolazi u doticaj sa zrakom. Na kraju se rastvor propire svježom vodom. Troši se otprilike 1...2 m<sup>3</sup> lužine na tonu prerađenog materijala. Radni ciklus traje i do 6 dana, 1...2 dana za jako luženje, 2...4 dana za slabo.

Perkolacijsko luženje izgubilo je od svog nekadašnjeg značenja, uglavnom zato što zlatonosnog «pijeska» ima sve manje, a osim toga se ta klasa često može uspješno preraditi jednostavnijim postupcima gravitacijske koncentracije ili flotacije (v. *Gravitacijska koncentracija, Flotacija*).

**Agitacijsko luženje** («slime treatment» ili «slimes agitation», «Schlammlaugung»), prerada mulja, znatno je komplikovanija od prerade pijeska, i to ne samo zato što se radi o veoma sitnim česticama koje je i općenito teško preraditi bilo kojim oplemenjivačkim postupkom, već osobito i zato što ova klasa gotovo uvijek sadrži i veće ili manje količine tzv. primarnog mulja; to su koloidne supstancije sekundarnih pratećih minerala pretežno glinaste prirode, veoma štetne zato što prouzrokuju «umuljivanje» («slime coating») površina koje bi morale ostati izložene djelovanju rastvora, troše reagente i teško se talože (zgušnjuju). Zato agitacijsko luženje najčešće obuhvata nekoliko faza zgušnjivanja i agitacije.

Zgušnjivanje se obično provodi u Dorrovim zgušnjivačima, uz dodatak kreča kao flokulatora, a luženje zatim u agitatorima koji mogu biti mehanički, s aeroliftom ili kombinirani. Danas se najviše upotrebljavaju Dorrovi kombinirani agitatori, koji liče po konstrukciji na zgušnjivače, ali se iz njih samo istaloženi krupni materijal izbacuje grabuljama na dnu, a fine čestice se održavaju u cirkulaciji time što se suspenzija pumpanjem stalno vraća na površinu. Primjenjuju se i «pachuca-tenkovi» visine do 17 m i promjera do 10 m; oni rade na principu mamut-pumpe, tj. u sredini imaju na oba kraja otvorenu vertikalnu cijev kroz koju odozdo ulazi komprimirani zrak pa tako prouzrokuje jako vrtloženje pulpe u posudi.

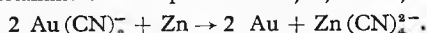
Vrijeme agitacije pri luženju mulja iznosi 3...12 h, izuzetno i više od 24 h. Radi se kontinuirano, sa 4...6 serijski uključenih agitatora.

Uz redovno nadoknađivanje normalnih gubitaka lužina se može upotrebljavati i godinama, iako se sva količina obnovi praktično za nekoliko mjeseci. Kako troškovi samog cijanida iznose oko 10 a ponekad i više od 25% oplemenjivačkih troškova, kontrola utroška cijanida mora biti veoma stroga.

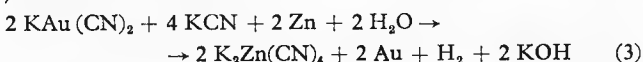
Nakon određenog vremena lužina postaje «trula», tj. zasićena nastalim kompleksnim metalnim solima. Trula se lužina mora ili regenerirati ili odbaciti. Regeneracija je veoma teška, tako da neki autori smatraju da se ona i ne isplati. U svakom slučaju, trula se lužina ima tretirati kao otrov koji tvornički krug smije napustiti tek pošto je učinjen neškodljivim.

**Separacija** cijanidnog rastvora od čvrste faze u pulpi može se izvršiti na dva načina: protustrujnom dekantacijom (CCD — «counter-current decantation») ili filtracijom, a ponekad se ova dva načina i kombiniraju. Protustrujna dekantacija izvodi se u serijski postavljenom nizu zgušnjivača, s tim da čisti rastvor u vidu preliva teče od posljednjeg zgušnjivača prema prvom ispirući rastvor iz taloga koji ide u suprotnom pravcu. Primjenjuje li se filtracija, danas se za to upotrebljavaju vakuumski filtri, bubnjasti ili s diskovima. U poređenju s postupkom CCD, filtracija traži manje vode, a osim toga daje bolje rezultate za rudu s primarnim muljem, ali je, obično, skuplja.

**Precipitacija.** Zlato se iz zlatonosnog rastvora dobija precipitacijom metalnim cinkom prema temeljnoj reakciji:



Nije sigurno ali je moguće da se ta reakcija odvija prema jednadžbi:

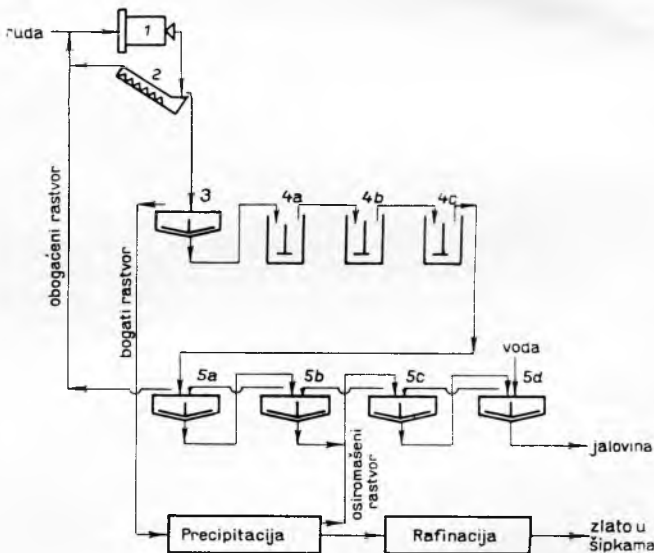


Nekad su se upotrebljavale cinkove strugotine, ali je taj postupak napušten zbog velikog gubitka cinka u zlatnom mulju i tegobnog čišćenja precipitacijskih posuda. Danas se upotrebljava cink u prahu; potrebno je 1 g Zn na 3,02 g Au (odn. 1,65 g Ag), ili 20...50 g Zn/t rastvora.

Filtrat se prije precipitacije mora izbistriti jer sadrži koloidne čestice što ih filtarska tkanina nije mogla zadržati. Nekad se bistenje vršilo naknadnom filtracijom kroz pješčanu posteljicu: koloidi bi se u vidu opne zadržali na površini pa su periodski skidani. Danas se uglavnom primjenjuje metoda Merrill-Crowe koja obuhvata i bistenje. Filtrat se bistri u specijalnoj posudi putem zavjesnih filtracijskih ploča. Izbistreni filtrat ide u toranj za deaeraciju gdje se, vakuumom, odvajaju kisik i ugljeni dioksid. Iz tornja se rastvor pumpom transportira u filtarsku prešu. U usisnom vodu preše rastvor se miješa sa emulzijom cinčanog praha koja, praktično trenutačno, obara zlato iz rastvora prema reakciji (3).

Preša se prazni svake 2. do 4. nedjelje. Pored nečistoća, uglavnom metalnih primjesa, zlatni mulj sadrži 30...70% Au. Dalje čišćenje obuhvata cio niz postupaka: višekratno luženje u različitim lužinama, eventualno oksidacijsko prženje, višekratno pranje i filtriranje i, konačno, sušenje. Osušeni zlatni precipitat tali se u loncima od grafitu, ili u malim plamenim pećima, ili (u najnovije vrijeme) u električkim pećima.

Na sl. 1 prikazana je uobičajena shema cijanizacije zlata. Nakon drobljenja, ruda se melje u zatvorenom krugu u cijanidnom rastvoru, a zatim se zgušnjava u (primarnom) Dorrovom zgušnjivaču



Sl. 1. Tehnološka shema procesa cijanizacije. 1 mlin s kuglama, 2 klasifikator sa spiralom, 3 primarni zgušnjivač, 4 agitatori, 5 zgušnjivači za ispiranje

3. Dobijeni je preliv bogati rastvor koji ide direktno na precipitaciju, a zgusnuti se mulj luži u seriji agitatora 4a...4c. Lužina se odvaja od čvrste faze i iz nje ispire protustrujnom dekantacijom u zgušnjivačima 5a...5d. Dekantirani preliv na svom putu iz posljednjeg zgušnjivača (5d) prema prvom (5a) postepeno se obogaćuje zlatom iz taloga koji mu teče u susret, pa se konačno iz prvog zgušnjivača 5a kao obogaćeni rastvor vraća u ciklus mljevenja. U slučaju da se u separaciji primjenjuje i filtracija, npr. pri cijanizaciji srebra koja iziskuje jaču koncentraciju cijanidnog rastvora, filter se nalazi na mjestu posljednjeg zgušnjivača 5d.

Za srebro dolazi u obzir, umjesto precipitacije cinkovim prahom, i precipitacija aluminijumom.

#### Cijanizacija uz upotrebu ugljena za izdvajanje metala.

Već je odavna poznato da se iz cijanidnog rastvora zlata i srebra ioni tih metala mogu izdvojiti adsorpcijom na drvenom ili aktivnom ugljenu (v. *Adsorpcija*). Hidrometalurški postupci koji su donedavna na osnovu toga predlagani nisu bili ekonomični jer su predviđali da se ugljen (poput cinka) dodaje bistroj lužini nakon luženja i separacije, a iz zlatom bogatog adsorbata da se metal dobije spaljivanjem ugljena ili taljenjem. U najnovije vri-

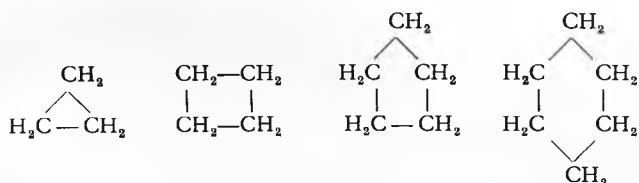
jeme izraden je postupak pri kojemu se ugljen dodaje pulpi prilikom samog luženja, ili nakon luženja ali bez separacije mulja od tekućine, a iz zlatom obogaćenog ugljena se metal dobiva desorpcijom pomoću vruće cijanidne lužine i elektrolizom dobivenog rastvora, uz regeneraciju i ugljena i lužine za desorpciju. Budući da otpada postrojenje za separaciju, koje u klasičnom postupku ima velik udio u ukupnoj opremi i utrošku energije (grubozrni se ugljen iz pulpe lako može izdvojiti sijanjem), taj postupak, koji se tek odnedavno provodi u industrijskom mjerilu, izgleda dosta perspektivan.

Ispitivane su mogućnosti primjene cijanizacije i za druge, neplemenite, metale, tako, u najnovije vrijeme, za sulfidne i oksidne rude bakra. Međutim, i pored nekih uspjeha u laboratorijskom mjerilu, u praksi se ovi postupci zasad ne primjenjuju.

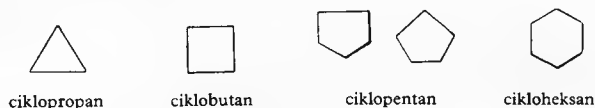
LIT.: J. E. Clenell, *The cyanide handbook*, New York 1910. — E. M. Hamilton, *Manual of cyanidation*, New York 1920. — J. V. N. Dorr, F. L. Bosqui, *Cyanidation and concentration of gold and silver ores*, New York 1950. — E. J. Pryor, *Mineral processing*, London 1962. R. Marušić

**CIKLIČKI UGLJIKOVODICI, NEAROMATSKI (aliciiklički ugljikovodici)**, ugljikovodici u kojima među sobom spojeni ugljikovi atomi tvore prsten koji nije aromatski (v. *Alifatski ugljikovodici* i *Aromatski ugljikovodici*). Prsteni tih spojeva sadržavaju najmanje 3 ugljikova atoma; gornje granice za broj C-atoma u prstenu u načelu nema, ali su dosad pripremljeni aliciklički ugljikovodici sa najviše tridesetak C-atoma.

**Nomenklatura.** Imena alicikličkih ugljikovodika s jednim prstenom (monocikličkih) bez pobočnih lanaca tvore se tako da se stavi prefiks »ciklo-« pred ime alifatskog ugljikovodika s istim brojem C-atoma. Zasićeni aliciklički ugljikovodici (cikloalkani) jesu, npr.:



koji se skraćeno pišu:



**nezasićeni aliciklički ugljikovodici (cikloalkeni i cikloalkini):**



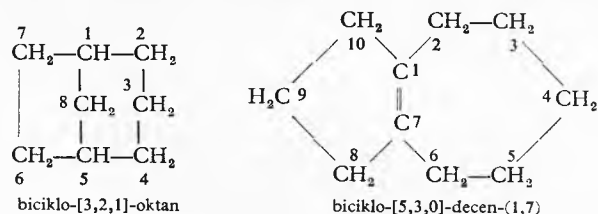
Isto vrijedi i za radikale (cikloalkile, cikloalkenile itd.), npr. ciklopropil (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>·, ciklobutenil CH<sub>2</sub>CH:CHCH<sub>2</sub>·, i za spojeve sa više dvostrukih veza, npr.



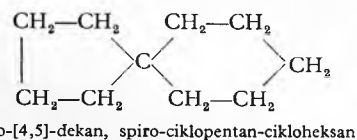
I ovdje se (kao u formulama alifatskih spojeva) ugljikovi atomi numeriraju tako da atomi koji označuju položaje dvostrukih veza dobivaju što manje brojeve. U dvojenim slučajevima označuje se položaj dvostruke veze brojevima obaju C-atoma među kojima je ta veza (v. malo niže primjer bicikličkog decena).

Kad aliciklički ugljikovodici imaju dva prstena sa dva ili više zajedničkih C-atoma, ime im se tvori tako da se ispred imena odgovarajućeg alifatskog spoja stavi prefiks »biciklo-« uz oznaku (u uglatoj zagradi) koliko atoma ugljika ima svaki od mostova koji spajaju tercijarne C-atome, i to obrnutim redom po veličini. Numeracija se C-atoma provodi tako da se, polazeći od

jednog od tercijarnih C-atoma, numeriraju najprije C-atom najduljeg mosta, pa slijedećeg najduljeg i konačno najkraćeg, npr.



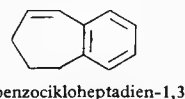
Kad dva prstena imaju samo jedan zajednički C-atom, ime se ugljikovodika dobiva stavljanjem prefiksa »spiro-« pred ime alkana s istim brojem ugljikovih atoma, uz oznaku broja C-atoma u pojedinim prstenu, ili pred ime obaju cikloalkana koji su zajedničkim C-atomom spojeni.



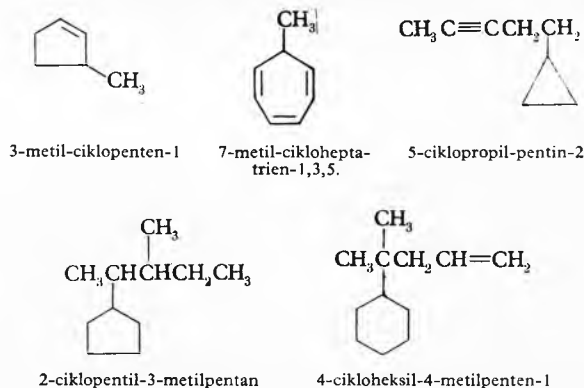
Drugi način imenovanja alicikličkih spojeva, koji se upotrebljava naročito za spojeve s više prstena jer daje jednostavnija imena, smatra te spojeve hidrogeniranim aromatskim spojevima (*hidro-aromatskim* spojevima) i stvara ime s pomoću prefiksa »hidro-«, »dihidro-«, »trihidro-« itd., uz oznaku C-atoma koji su zasićeni vodikom, s time da se tim C-atomima daju što manji brojevi. Potpuno hidrirani aromatski spoj (zasićeni ugljikovodik) dobiva prefiks »perhidro-«:



Ponekad se dobiju jednostavnija imena ako se imena obaju fuzioniranih monocikličkih spojeva u imenu spoje slovom o, npr.:



Alicikličkim ugljikovodicima koji imaju pobočne lance daju se imena smatrajući supstituentima bilo alifatske bilo alicikličke radikale, prema tome kako se dobiva jednostavnije ime, npr.:



**Prostorna građa alicikličkih spojeva.** Tetraedarska građa ugljikova atoma ima zanimljiv utjecaj na geometriju karbocikličkih spojeva (spojeva sa samim ugljikovim atomima u lancu). Ugljikovi atomi ciklopropana i ciklobutana leže u jednoj ravni jer je na taj način napetost najmanja. Odstupanje kutova između pojedinih veza od vrijednosti za normalni valencijski kut (pri