

# Bakar

---

**Lazić, Ladislav; Smolčić, Ivan; Zovko Brodarac, Zdenka**

*Source / Izvornik:* **Hrvatska tehnička enciklopedija 2. svezak: prehrambena tehnologija, rudarstvo, nafta i geološko inženjerstvo, grafička tehnologija, biotehnologija, kemijska tehnologija, zaštita okoliša, tekstilstvo, metalurgija, poljoprivredna tehnika, šumarstvo, medicinska tehnika, farmaceutska tehnologija, 2022, 2, 40 - 42**

**Book chapter / Poglavlje u knjizi**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:308379>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Autor: L. Lazić, Uredništvo, Z. Zovko Brodarac

Objavljeno: 23. kolovoza 2021.

Ažurirano: 19. svibnja 2022.

**bakar**, razmjerno mekan, vrlo žilav metal crvenkastosmeđe boje; kemijski element atomskoga broja 29, gustoće  $8,96 \text{ g/cm}^3$ , Mohsove tvrdoće 3, tališta  $1085 \text{ °C}$  i vrelišta  $2562 \text{ °C}$ . U prirodi je u elementarnom stanju rijedak, raspršen u stijenama, najčešće kemijski čist ili s malo primjesa srebra i bizmuta. Poznato je oko 240 bakrenih ruda, a po udjelu bakra prednjače sulfidne (halkopirit, kovelit, halkozin, bornit), zatim oksidne (kuprit) i karbonatne rude (malahit, azurit).



Primjena bakra za krovni pokrov, Hrvatskog narodnog kazališta, Zagreb

Zahvaljujući djelotvornim metodama obogaćivanja, danas se bakar može dobivati čak iz siromašnih ruda koje sadržavaju 0,5 do 2% bakra. Koncentriranjem rude bakra uklanja se jalovina, odn. postupkom flotacije sitno samljevena ruda miješa se s vodom u koju je dodano sredstvo za pjenjenje. Mehanička priprema rude obuhvaća drobljenje i klasiranje, sušenje, briketiranje i miješanje rude s talioničkim dodatkom, dok se kemijska priprema svodi na žarenje i prilagođavanje sastava talioničkoga dodatka. U metalurgiji bakra primjenjuje se obično žarenje (uklanjanje konstitucijske vode iz karbonatnih ruda i koncentrata), klorirajuće žarenje

(oksidne i sulfidne rude prevode se u klorid topljiv u vodi), ulfatizirajuće žarenje (prevodi sulfidne rude u sulfat bakra topljiv u vodi), oksidirajuće žarenje (uklanjanje suvišnog sumpora u sulfidnim rudama), aglomerirajuće žarenje (okrupnjavanje materijala kako bi se mogao taliti u pećima). Za dobivanje bakra rabe se suha ili pirometalurška, mokra ili hidrometalurška i elektrometalurška metoda. Tehnički bakar sadržava najmanje 99,5% bakra, a ostalo su primjese.

Zbog iznimno visoke električne i toplinske vodljivosti, otpornosti na koroziju i dobrih mehaničkih svojstava bakar ima vrlo široku primjenu, posebice u elektrotehnici, ponajprije za električne vodiče, te u gradnji generatora, motora i transformatora. Čisti bakar služi i za izradbu spremnika, cijevi, izmjenjivača topline i drugih uređaja za kemijsku i prehrambenu industriju i kućanstvo, a bakrenim limom pokrivaju se i krovovi. U metalurgiji ima veliku primjenu kao legirajući metal. Osim čistog bakra, raširena je i uporaba bakrenih slitina te spojeva.

## Bakrene slitine

Bakrene slitine, uglavnom s cinkom (Zn), kositrom (Sn), niklom (Ni), aluminijem (Al), manganom (Mn) i silicijem (Si), čvršće su od čistoga bakra, izrazito otporne na koroziju i habanje, lakše se lijevaju i zavaruju, ali slabije vode elektricitet i toplinu. Slitine s cinkom nazivaju se mjedima, ako se dio cinka zamijeni niklom, nastaje novo srebro, dok su bronce općenito sve bakrene slitine koje ne sadržavaju cink kao glavni legirni dodatak. Bakar se kao legirni element za poboljšanje mehaničkih svojstava dodaje slitinama plemenitih metala i aluminijskim slitinama.

*Mjedi* su slitine bakra i cinka kojima se mogu dodati i manje količine drugih metala (Sn, Fe, Mn, Ni, Al i Si). Prije su se više rabile u industriji i obrtu, a najpoznatije su tombak (izradba nakita, ukrasa, elastičnih cijevi, košuljica zrna za streljivo i dr.), mjedi za kovanje (izradba limova, traka, šipki i sličnih proizvoda), mjedi za zavrtnje (sitni dijelovi instrumenata, zupčanici satova, gravirane skale, zakovice i sl.), mornarička mjed (brodogradnja). Najčešće *bronce* su slitine bakra i kositra, a odlikuju se visokom čvrstoćom, tvrdoćom te otpornošću na koroziju. Značajne su

bronce za valjanje (udio 6–9% Sn) i lijevanje (4–10% Sn). Nekada su se rabile za lijevanje topovskih cijevi, dok se danas rabe uglavnom za ležajeve, dijelove crpki, armaturu parnih kotlova i sl. Aluminijske bronce (5–12% Al) otporne su na atmosfersku i kemijsku koroziju, visoke čvrstoće i tvrdoće te zlatne boje. Rabe se za izradbu bižuterije, nakita, kovanoga novca, zupčanika, ventila i dr. Fosforne bronce (0,1–0,3% P) otporne su na korozivno djelovanje morske vode, pogodne za hladno valjanje i razvlačenje te se rabe u pomorskoj strojogradnji, za izradbu raznih ventila i sl. Od ostalih slitina bakra rabi se novo srebro (55–60% Cu, 19–31% Zn i 12–26% Ni), bijele boje i izraženoga sjaja, antikorozivno je i lako se obrađuje deformiranjem, te slitina bakra i nikla (60% Cu i 40% Ni) vrlo malog temperaturnoga koeficijenta otpora koja se koristi za izradbu reostata i u mjernoj tehnici.

## Prve uporabe i dobivanje bakra u svijetu

Najranija uporaba metala potvrđena je već u paleolitiku (privjesci i perle od bakra), no riječ je o korištenju bakrenih minerala poput petrografske sirovine tehnologijom obradbe kamena. Prvi metal dobiven iz rude bio je bakar. Metalurgija bakra počela se razvijati neovisno na različitim stranama svijeta, odn. u zapadnoj Aziji oko 6000. pr. Kr., u Zakavkazju i na Balkanu oko 4000. pr. Kr., u Sjevernoj Americi oko 3000. pr. Kr., u Kini oko 2500. pr. Kr.

Prijelaz na uporabu karbonatne bakrene rude, koji je potvrđen u okvirima vinčanske kulture (5300–4400. pr. Kr.), smatra se početkom metalurgije. Korak dalje bilo je legiranje bakra s arsenom. Taj je postupak mogao biti slučajnost, ali je ubrzo postao uobičajen jer je davao proizvode bolje kvalitete. Izradba prave bronce, tj. slitine bakra i kositra, započela je u razdoblju 3000–2500. pr. Kr. na područjima južno od Kavkaza i u Iraku. Tijekom brončanoga doba je u Babilonu i Asiriji bila poznata i slitina bakra i cinka (mjed), no ona je u pravu uporabu ušla tek oko 30. pr. Kr. u Egiptu, a potom ju je prihvatila rimska metalurgija, osobito za izradbu kovanoga novca.

Rudarska eksploatacija bakrene rude započela je u staroj Britaniji već

približno 2100. pr. Kr. Metalurgija bakra ojačala je u Južnoj Americi, posebno u Peruu, oko 1000. Falunski rudnik bakra u Švedskoj, koji je radio od IX. st. do 1992., tijekom XVII. st. pokrivaio je dvije trećine europskih potreba za bakrom, a stoljećima je snažno utjecao na tehnološki, društveni i politički razvoj Švedske i drugih europskih zemalja. Tijekom porasta potražnje za bakrom u doba snažne elektrifikacije, od 1880-ih do svjetske gospodarske krize 1930-ih, SAD je proizveo gotovo polovicu novih svjetskih količina bakra. Najveći svjetski proizvođač bakra danas je Čile, a slijede ga Peru, Kina, DR Kongo i SAD.

## Počeci i dobivanje bakra u Hrvatskoj

U Rudama kraj Samobora, gdje su se nalazila bogata gnijezda halkopirita, čak i samorodnoga bakra, pronađen je najstariji tip bakrene sjekire iz približno 4000. pr. Kr. Taj se nalaz može smatrati najranijim dokazom rudarenja i metalurgije na području današnje RH. U Hrvatskoj su se predmeti od arsensko-antimonske bronce pojavili oko 3500. pr. Kr. s tzv. badenskom kulturom i među najstarijima su na svijetu. Metalurgija arsenske bronce, koja se uglavnom smjestila uz desnu dunavsku obalu, u Hrvatskoj ima nekoliko većih središta od kojih se ističu Vučedol kraj Vukovara i Sarvaš nedaleko od Osijeka.



Plosnata bakrena sjekira s blago proširenom lepezastom oštricom, Orolik, kasno bakreno doba, badenska kultura, druga polovica IV. tis. pr. Kr., Arheološki muzej u Zagrebu

Snažniji je razvoj metalurgija na području Hrvatske doživjela u doba vučedolske kulture (3000–2500. pr. Kr.) koja se smatra žarištem europske protoindustrijske revolucije, u kojoj su se uporabni predmeti od kamena počeli zamjenjivati metalnima. U sve većoj potražnji za rudom bakra vučedolska se kultura proširila na rudna područja širom srednje i jugoistočne Europe. Preradba rude i serijska proizvodnja metalnih proizvoda omogućile su u metalurgiji bakrenoga i brončanoga doba sve značajne inovacije (kupalaste peći, dvodijelni i višedijelni glineni kalupi, mijeh, legiranje itd.). Pri svome kraju, u nedostatku tenantitne i tetraeditne rude, pripadnici vučedolske kulture su nova nalazišta ruda bakra našli na području Trgovske gore gdje je prema → FRANU TUĆANU (sv. 4) bilo i elementarnoga bakra kao prevlake preko halkopiritne rude. Radi svojih su potreba za metalom naselili i lokalitet Osječenicu iznad sela

Gorička (kraj Dvora) na Banovini. Kako halkopirit služi za proizvodnju čistoga bakra, upravo je tijekom vučedolske kulture, prema današnjim pokazateljima, bakru dodan kositar i na taj je način stvorena najranija danas poznata bronca.



Jednodijelni kalup za lijevanje plosnatih sjekira i dlijeta te bakrena sjekira, Vučedol, kasno bakreno doba, vučedolska kultura, prva polovica III. tis. pr. Kr., Arheološki muzej u Zagrebu



Dvodijelni kalup za lijevanje listolikih bodeža, Sarvaš, kasno bakreno doba, vučedolska kultura, prva polovica III. tis. pr. Kr., Arheološki muzej u Zagrebu



Nakit (dijadema i privjesci) od bakra i spondilusa, Vukovar-Velika Skela, srednje bakreno doba, V-IV. tis. pr. Kr., Arheološki muzej u Zagrebu





Lepezaste sjekire, Borinci, kasno bakreno doba, vučedolska kultura, III. tis. pr. Kr., Arheološki muzej u Zagrebu

Banovina se u kasno brončano doba (od XII. st. pr. Kr.) intenzivno naseljavala južno i sjeverno od Zrinske gore do Kupe. Važno nalazište bakrene rude na Banovini bilo je u Majdan brdu kraj Gvozdanskog. Rudarenje u Gvozdanskom od 1463. provodila je obitelj Zrinski, dobivši trajnu dozvolu za iskorištavanje rudnika zlata, srebra, bakra i drugih metala. Eksploataciju i preradu ruda na Banovini prekinula su osmanska osvajanja Gvozdanskog 1578. Nakon povlačenja Osmanlija u drugoj polovici XVIII. st. počela su intenzivna istraživanja rudnoga blaga Petrove gore i Banovine na temelju odredbe Marije Terezije iz 1770. Slijedila su rudarska istraživanja kojima su otkrivena nova nalazišta na području Gradskog potoka, Sredoraka, Svinice, Katarine, Kosne i Tomašice kraj Dvora na Uni. Nakon 1832. počela je naglo rasti potražnja za bakrom Trgovske gore pa su 1840. tamo otvoreni prvi rudnici, a dvije godine kasnije i talionica ruda bakra u Bešlincu. U Trgovima je 1832–38. uz visoku peć radila manja pržna peć u kojoj se oplemenjivala rovna bakrena ruda. Godine 1856. bečki trgovac Desiré Gilain osnovao je poduzeće Trgovsko rudarsko i talioničko D. D. (Tergover Erz und Hütten A. G.) sa sjedištem u Bešlincu te preuzeo tadašnja eksploatacijska polja. Oko 1870. u Trgovskoj gori bilo je aktivno sedam rudnika, u kojima se otkopavala ruda sa srednjim sadržajem bakra od 6,5%. Međutim, 1879. tržište bakra je propalo. Od 1857. do 1874. proizvedeno je 1845 t rude bakra. U razdoblju 1879–1900. rudarske su aktivnosti bile prekinute, a obnovljene su 1901., kada je peći i rudarska prava otkupilo društvo Société anonyme des hauts



forneaux mines et forêts en Croatie Trgovo-Bešlinac i osnovalo Poduzeće visoke peći D. D. te nastavilo s otkopavanjem ruda željeza, ali i otvorilo rudnik bakrene rude.



Visoke peći Bešlinec

Na početku XVI. st. otvorio se rudnik u Rudama kraj Samobora gdje se iskopavala bakrena ruda, a bakar se proizvodio taljenjem rude u tamošnjim pećima. Proizvod iz tih rudnika izvezio se u Italiju i na Orijent preko, tada frankapanskog, Bakra. Rude su bile vrlo bogate, sadržavale su i više od 12% bakra. Godine 1582. otvorene su i dvije kovačnice, a vrlo je vjerojatno da se samoborskim bakrom opskrbljivala i tadašnja zagrebačka kovnica novca. Tijekom vremena izgrađena je i separacija s pržionicom te talionica. Rudnici u Rudama bili su u pogonu do sredine XIX. st., kada je eksploatacija bakrene rude obustavljena, ali je još neko vrijeme nastavljena eksploatacija željezne rude. Prema dostupnim podacima najviše je bakra proizvedeno od XVI. st. do XVIII. st. Primjerice, godišnja proizvodnja bakra u Rudama 1530-ih i 1540-ih iznosila je 33,6 do 56 t,

1580-ih i 1590-ih 170 do 224 t, a 1628–38. dobivalo se 21,7 do 39,4 t bakra na godinu. U drugoj polovici XVIII. st. smanjena je proizvodnja bakra u Rudama i Hamoru, pa je varirala od 8 do 30,5 t na godinu. U prvoj polovici XIX. st. proizvodnja bakra pala je na 0,5 do 14,3 t na godinu.

Od XV. st. i u drugim krajevima Hrvatske pojavljuju se prve stalne ljevaonice. Prva dubrovačka ljevaonica topova, isprva kovnica, osnovana je 1410. na Pilama. Prva stalna zagrebačka ljevaonica zvona utemeljena je 1456., a osim zvona lijevali su se različiti brončani predmeti, a u doba obrane od Osmanlija i topovi. (→ LJEVARSTVO; sv. 1).



Ostaci ljevaonice, kula Gornji ugao, druga polovica XV. st., Dubrovnik, Društvo prijatelja dubrovačke starine

#### Ostali podatci

Vidi još...

→ METALURGIJA; RUDARSTVO

#### Što pročitati?

B. Šebečić: *O rudarskom poduzetništvu u Banovini (Hrvatska)*. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 12(2000), str. 19–124.

B. Šebečić: *Hrvatski i međunarodni bakreni i solni putevi u dijelu Europe*. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 13(2001), str. 73–86.

I. Mamuzić: *Hrvatska metalurgija – prošlost, sadašnjost, budućnost*. Metalurgija, 43(2004) 1, str. 3–12.

L. Lazić, Z. Zovko Brodarac: *Povijesni razvoj metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske*. Annual of the Croatian Academy of Engineering, (2019) 1, str. 251–267.

D. Vrkljan: *Zaštita hrvatske rudarsko-geološke materijalne baštine*. Annual of the Croatian Academy of Engineering, (2019) 1, str. 485–500.

Iz arhive LZMK-a

B. Đurković, J. Vinokić, R. Vurdelja: *BAKAR*. Tehnička enciklopedija, sv. 1, 1963., str. 651–665.

F. Šimunović: *BAKARNI SPOJEVI*. Tehnička enciklopedija, sv. 1, 1963., str. 665–670.

Sadržaj

Bakrene slitine

Prve uporabe i dobivanje bakra u svijetu

Počeci i dobivanje bakra u Hrvatskoj  
bakar



Ostava sjekira s tuljcem za nasad drška, Brekinjska, kasno bakreno doba, vučedolska kultura, prva polovica III. tis. pr. Kr., Arheološki muzej u Zagrebu

Kategorije i područja

Kategorija

opći pojmovi

Područje

metalurgija

Uže područje

metalurgija neželjeznih metala



Leksikografski zavod Miroslav Krleža © 2018