

Avtor: Zoran Milič

Vsebina

1. Ležišča zlata
2. Pridobivanje zlata
3. Zlitine zlata
4. Antične zlitine zlata
5. Kovanci
6. Obdelava zlata
7. Literatura

1. Ležišča zlata

Zlato je kovina, ki jo je človek najprej začel uporabljati. Razlog je v tem, da se zlato nahaja na zemeljski površini v samorodni obliki ter da je takoj opazno zaradi svoje bleščeče rumene barve. Lepota in žlahten videz sta človeka tako očarala, da je zlato postalo najbolj cenjena kovina. Čeprav so ga v antiki pridobivali na razmeroma enostaven način, iz geoloških usedlin, je 75 % vsega zlata pridobljenega po letu 1910. Ocenjuje se, da če bi vse doslej pridobljeno zlato zbrali skupaj in stalili, bi tvorilo kocko z robom 20 m oziroma

volumnom 8000 m³ ali 154.560 ton.

V antiki so pridobivali zlato s pobiranjem iz sekundarnih rečnih usedlin kot sekundarno zlato (aluvialno zlato) ali z rudarjenjem iz primarnih ležišč zlata kot primarno zlato. V obeh primerih gre za pridobivanje samorodnega zlata. V antiki niso pridobivali zlata iz zlatih rud. V teh se zlato nahaja kot spojina skupaj z drugimi elementi, kot na primer telur v zlato-telurni rudi.

V primarnih ležiščih, ki so jih v antiki izkoriščali, gre za nalaganje zlatih zrn različnih velikosti v zlatonosnih kremenovih žilah (**slika 1**). S preperenjem primarnih ležišč prispe zlato skupaj s preperelimi minerali v reke, kjer se zaradi svoje velike specifične teže nabira v peščenih plitvinah v obliki zrn kot sekundarno zlato (**slika 2**).

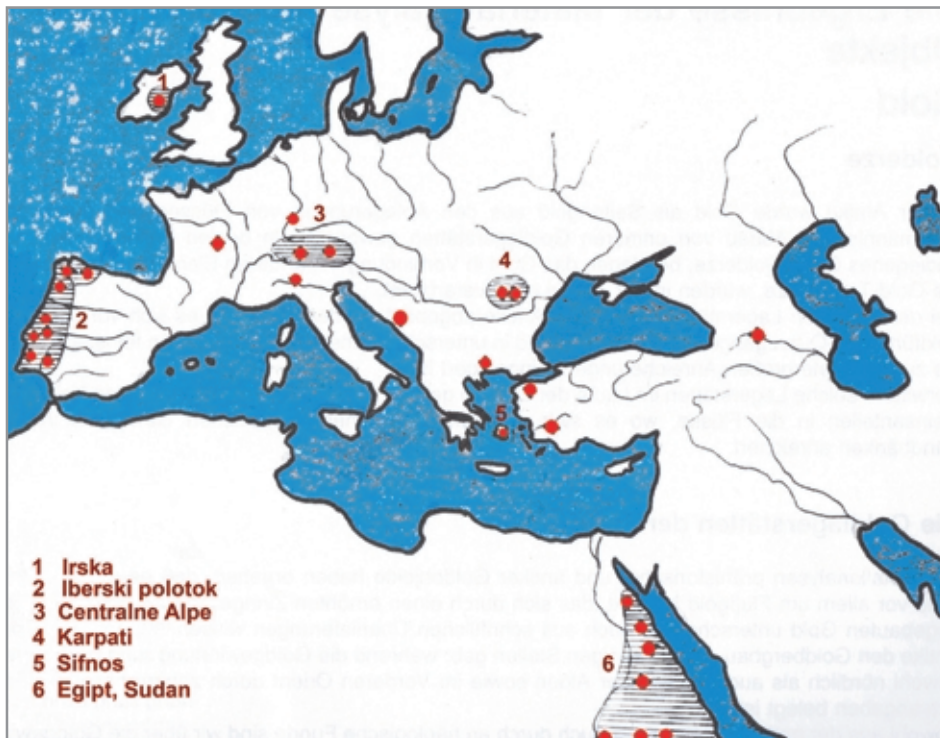


Slika 1: Samorodno zlato na kremenju; Roșia Montana v Romuniji; zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije



Slika 2: Zrna zlata iz rečnih naplavin

Analize zlata prazgodovinskih zlatih predmetov kažejo, da so predmete izdelovali pretežno iz rečnega zlata. To ima v primerjavi z zlatom, pridobljenim z rudarjenjem,



Slika 3: Zemljevid nahajališč zlata v antiki

povečano vsebnost kositra in znižano vsebnost srebra. To pomeni, da je zlato na svoji poti od primarnih ležišč izgubljalo srebro in kopičilo kositer.

Iz pisnih izročil lahko izvemo, da so bili v antiki zlati rudniki zelo redki. Iz navedb posameznih krajev lahko sklepamo, da so zlato pridobivali predvsem iz rek tako severno in južno od Alp kakor tudi na Bližnjem vzhodu (slika 3).

O pridobivanju zlata v starem Egiptu nas zelo dobro obveščajo antični zapisi in arheološke najdbe. Usedline reke Nila so že od preddinastičnih časov eno pomembnejših odkopnih območij zlata. Zaradi velikih potreb po zlato in bogatih primarnih nahajališč zlata je pozneje postalo prav tako pomembno odkopavanje zlata z rudarjenjem. Posebno bogata nahajališča primarnega zlata so bila v puščavi srednjega Egipta med Nilom in Rdečim morjem ter v južnejšem delu vzhodno od Nila. Najnovejši geološki posnetki kažejo, da je bilo na območju puščave srednjega Egipta v antiki približno 40 rudnikov. Tam so tudi našli

pretežni del odkopavalne in predelovalne opreme. Ohranjeni so jaški, cisterne, kamnite mize za pranje zlata, mlini za drobljenje kamnin in ostanki več kot 300 delavskih koč.

Antični pisni viri prav tako omenjajo pomembna nahajališča zlata na Bližnjem vzhodu. Največkrat gre za rečne naplavine, ki so bile včasih tako bogate z zlatom, da so lokalnim vladarjem omogočile neizmerno bogatenje.

V antiki so izkopavali zlato tudi

dalje na vzhodu v Kavkazu, območju med Kaspijskim in Črnim morjem. Indija je pridobivala zlato iz rečnih naplavin, ki ga je prodajala na zahod.

Pomembno zlato rudišče je bilo v severni Grčiji in v antični Dakiji na območju, znanem kot Transilvanija.

Manj izdatna nahajališča zlata so bila v Dalmaciji.

V Italiji, razen nahajališč v usedlinah reke Pad in na južnem alpskem robu, ni bilo nahajališč zlata. V Avstriji so dokazana rudišča zlata na Koroškem in v Turah. V Švici so v antiki pridobivali zlato iz rek Emme in Aare, v Nemčiji pa predvsem iz Rena in Mozele, v manjši meri tudi iz drugih rek.

Španija je bila v antiki ena od pomembnejših proizvajalk zlata tako iz naplavin rek Gvadalkivir, Tajo in Duro kot iz bogatih rudišč v Asturiji na severozahodni obali. Zlato se je pojavljalo tudi na Portugalskem in v Franciji na severnih pobočjih Pirenejev.

Pomemben dobavitelj zlata v antiki je bila Irska, kjer so kopali zlato že od najstarejših zgodovinskih časov.

2. Pridobivanje zlata

Pridobivanje iz rečnih naplavin

Najzgodnejši način pridobivanja zlata je pobiranje zrn zlata iz rečnih



Slika 4: Izpiranje zlata v Venezueli

naplavin, kjer se je zlato nabiralo zaradi svoje visoke specifične teže. Številni literarni viri omenjajo, da je ločevanje zlata od peska potekalo tako kot danes. Plitvo korito, napolnjeno z mešanico zlatonosnega peska in vode, so krožno premikali in nagibali tako, da so lažja peščena zrna odtekla čez rob korita, specifično težja zlata zrna pa so se nabirala na njegovem dnu (slika 4).

Rударjenje

O pridobivanju zlata z rudarjenjem v antiki nas poučijo tako arheologi na osnovi ugotovitev s terenskega dela kakor tudi pisna izročila.

Z egiptovskih rudarskih območij so znane plitve jame, globoki dnevni kopi ter tudi jaški in poševni rovi, ki so sledili zlatonosnim kremenovim žilam. Kamnino so zrahljali z ognjem, jo iztolkli in nato v koritih odnesli iz rudnika, kjer so jo dalje obdelovali. V nekaterih antičnih rudarskih obratih še vedno najdemo opremo za drobljenje zlatonosnih kamnin. Kamnino so najprej razlomili ter večje kose zdrobili na velikost graha. V terilnih koritih (terilnikih) so nato zdrobljeno kamnino strli do finega prahu. Ločevanje zlata od kamnitega prahu je potekalo z izpiranjem lažjega kamnitega prahu na deskah. Voda je odplaknila kamniti prah, v porah pa so se zadrževala drobna zrna zlata. Iz časov starih Rimljanov je znan postopek rudarjenja t. i. arruški odkop. Pri njem so zlatonosno kamnino kopali tako, da so v rovu puščali le redke podperne stebre, ki so jih končno podrli, da se je strop sesul. Iz ruševin so nato kopali rudo v dnevnem kopu.

Taljenje zlata

Drobce zlata, ki so jih pridobili z izpiranjem zdrobljene zlatonosne kamnine ali rečnega peska, so talili na kraju samem v zlate ingote različnih oblik. Temperatura tališča je bila 1064 °C. V navadi so bili prizmatični ingoti, obroči, plošče z



Slika 5: Kamniti kalup za vliivanje zlatih ingotov; rimsko obdobje; Stalenski vrh; 1. stoletje n. št.

eno luknjo v sredi ali ploščate vlite pogače, kar je prikazano na antičnih upodobitvah (slika 5).

3. Zlitine zlata

Zaradi svoje izredne mehкости je čisto zlato v zlatarstvu komaj uporabno. Da bi mu povečali trdoto, se zlatu dodaja baker in/ali srebro. Že zelo zgodaj so ga uporabljali za izdelavo kovancev, nakita in okrasnih kovinskih predmetov. Zlitino zlata in srebra, ki so jo že v antiki pogosto uporabljali in katere sestava ima široko postavljene meje (10-60 % Ag), so poimenovali **elektrum**. Ta najpogosteje vsebuje okrog 50 % srebra. **Tumbaga** ali **tumbaya** je netipična zlitina zlata in bakra. Tako so poimenovali Španci zlitino, iz katere je bila izdelana večina kipcev predkolumbijskih kultur (slika 6).



Slika 6: Perujski kipec iz tumbage

Njena tipična sestava je: 50 % Cu, 12 % Ag in 33 % Au. **Korintski bron** ali **zeleno zlato** dobimo z mešanjem zlata s srebrom in bakrom v svetlo rumeno manjvredno zlitino. Barvo površine te zlitine lahko

spreminjamo v dekorativne namene z oksidacijo in/ali beljenjem. Že zgodnje južnoameriške kulture so poznale zlitino zlata in platine. Tovrstno zlitino zaradi njene trdote in popolne korozijske obstojnosti danes uporabljajo kot šobe v industriji plastičnih vlaken.

Zlati loti vsebujejo poleg bakra in srebra še manjšo količino cinka (1-10 %). Ta pripomore, še posebno pri višjih vsebnostih bakra, k boljši tekočnosti lota.

Čistost zlata izražamo v karatih (K) ali v čistosti v tisočinah. Čisto zlato je razdeljeno v 24 karatov. En karat je torej približno 4,17 % Au. 18-karatno zlato vsebuje 18/24 zlata, ostalo je srebro in/ali baker. Takšno zlato ima čistost 750 ali 75%.

Znane so še mnoge druge sestave zlatih zlitin. V **tabeli 1** so navedene različne zlitine zlata z elementarno sestavo in ustrezajočo barvo, ki se uporabljajo predvsem za nakit in dekorativne predmete.

4. Antične zlitine zlata

Številne analize zlata služijo kot izčrpen vir informacij o uporabi zlatih zlitin v prazgodovini in antiki. **Tabela 2** prikazuje nekatere sestave primarnega (rudarskega) samorodnega zlata. **Tabela 3** prikazuje nekatere sestave samorodnega zlata iz sekundarnih (rečnih) najdišč.

Vsebnost srebra zelo niha, pri čemer je v sekundarnem zlatu nižja (4-6 % Ag) od vsebnosti v primarnem zlatu (8-38 %). Vsebnost srebra v sekundarnem zlatu pada z oddaljenostjo nahajališč sekundarnega zlata od primarnih ležišč.

Sestavo prazgodovinskega zlata iz Evrope nam podaja 5100 analiz, ki jih je zbral Hartmann^{2,3}. Vsebnost srebra v teh zlatih predmetih je v razponu 4-45 %, pri čemer je jasno izražen maksimum pri 12-14 %. Vsebnost bakra se giblje med 0,5 in 15 %.

Barva zlata	Sestava zlitine
Rumeno zlato (22 K)	Au 91,7 % Ag 5 % Cu 2 % Zn 1,33 %
Rdeče zlato (18 K)	Au 75 % Cu 25 %
Rožnato zlato (18 K)	Au 75 % Cu 22,25 % Ag 2,75 %
Rožnato zlato (18 K)	Au 75 % Cu 20 % Ag 5 %
Belo zlato (18 K)	Au 75 % Pt ali Pd 25 %
Belo zlato (18 K)	Au 75 % Pd 10 % Ni 10 % Zinc 5 %
Sivobelo zlato (18K)	Au 75 % Fe 17 % Cu 8 %
Zeleno zlato (18K)	Au 75 % Ag 20 % Cu 5 %
Temno zeleno zlato (18K)	Au 75 % Ag 15 % Cu 6 % Cd 4 %
Škrlatno zlato	Au 80 % Al 20 %

Tabela 1: Zlitine zlata

Med kovinskimi sledovi je najbolj prisoten kositer z najvišjo koncentracijo do 0,1 %, vendar s posameznimi vsebnostmi, ki dosežejo tudi 1 %. Prisotnost kositra v zlatu kaže na njegov izvor iz rečnih naplavin, kjer se nabira kot specifično težek kasiterit. Občasno je prisotna tudi platina v koncentracijah 0,008-0,03 %. V prazgodovinskem zlatu so tudi dokazljivi svinec (max. 0,3 %), cink (max. 0,3 %), antimon (max. 0,2 %), arzen (max. 0,03 %), bizmut (max. 0,07 %), nikelj (max. 0,04 %), telur (max. 0,05 %) ter sledovi železa in živega srebra.

Hartmann je na osnovi teh analiz prazgodovinskih predmetov

Nahajališče	% Au	% Ag
Češka	91,3	8,4
Transilvanija	84,9	14,7
Transilvanija	60,5	38,7
Italija	88,3	10,3

Tabela 2¹: Sestave primarnega (rudarskega zlata)

Nahajališče	% Au	% Ag
Ren	93,4	6,6
Pad	95,3	4,7
Irska	92,3	6,2
Ural	95,3	4,3

Tabela 3¹: Sestave samorodnega zlata iz sekundarnih (rečnih) najdišč

razvrstil zlato v 17 materialnih skupin, ki se med seboj razlikujejo glede na vsebnosti Ag, Cu, Sn in Pt. Teh 17 skupin lahko razvrstimo v različna prazgodovinska časovna obdobja in na različna geografska področja.

Na osnovi svojih analiz je Hartmann sklepal: **prvič**, da so v prazgodovini v Evropi zlato pridobivali tako iz rečnih naplavin kakor tudi iz rudnikov zlata, **drugič**, da so zlato v primerih, ko vsebuje več kot 1-3 % bakra, namenoma legirali z bakrom, in

tretjič, da so čisto zlato očistili srebra, vendar pozneje po potrebi tudi legirali z bakrom.

V okviru obsežne raziskave starega egiptovskega zlata⁴ se je izkazalo, da ne obstaja ostra meja med posameznimi materialnimi skupinami in da zlato s postopnim naraščanjem vsebnosti srebra prehaja v elektrum z vsebnostjo 10-60 % srebra ter dalje v čisto srebro. Vsebnost bakra je praviloma pod 5 %, v posameznih primerih pa doseže celo 30 %.

Informacije o sestavi zlata rimskih

Kovnica	Datiranje (pr. n. št.)	% Au	% Ag	% Cu
Različne države	7.-6. stoletje	32-77	21-76	1-3
Lidija	sredina 6. stoletja	50-60	38-48	2-4
Fokaja	zgodnje 5. stoletje	52-65	30-40	4-9
	pozno 5. stoletje	47-52	40-44	7-11
Lesbos	zgodnje 5. stoletje	40-49	42-55	5-9
	pozno 5.-4. stoletje	40-46	46-52	3-9
Kyzikos	5.-4. stoletje	54-63	32-40	3-4

Tabela 4⁶: Analize nekaterih kovancev iz 7. stol. pr. n. št. v Mali Aziji

predmetov še niso na voljo v večjem obsegu.

5. Kovanci

Prve kovance so kovali sredi 7. stoletja pr. n. št. v Mali Aziji. Analiziranih je bilo 51 kovancev različnih kovnic iz tega obdobja⁵. Nekateri rezultati so navedeni v **tabeli 4**. Čistost zlata v kovancih je merilo za gospodarsko in politično moč vladarjev, ki so jih kovali, ter družbeno stabilnost.

Čeprav se je vsebnost srebra in bakra v zlatu pomembno spreminjala, opazimo, da so kovanci z Lesbosa tekom dveh stoletij zadržali svojo sicer nizko čistost zlata (elektrum), medtem ko se je v Fokaji čistost zlata v enem stoletju znižala s prvotnih 65 % na 47 %.

Analize solidov (bizantinskih zlatnikov), ki so jih kovali v Konstantinoplu, nam ponujajo lep primer razvrednotenja zlatnikov. V času 500-1000 n. št. so vsebovali 95-100 % zlata. V času od 1050-1100 n. št. se je njihova vrednost nenehno zniževala, dokler ni dosegla vrednosti 30 % Au. Solidi, ki so jih kovali v Sirakuzah, so izgubili vrednost v dveh fazah, okrog leta 695/698 in okrog leta 820/824, torej veliko prej kot tisti, ki so jih kovali v Konstantinoplu.

Obstaja starodavna tradicija testiranja čistosti zlata z ugrizom. Čeprav ne gre za strokoven način preverjanja zlata, se njegova čistost lahko oceni na tak način, ker je zlato razmeroma mehka kovina. Njegova gostota je 2,5 po Mohsovi lestvici in je uvrščeno med sadro in kalcit.

6. Obdelava zlata

Zlato je zelo atraktivna obdelovalna kovina, ker se rado meša z drugimi kovinami ter pri tem tvori zlitine z zmernimi temperaturami taljenja in ugodnimi mehanskimi lastnostmi.

Zaradi korozijske obstojnosti, ki mu omogoča dolgotrajen lesk, njegove

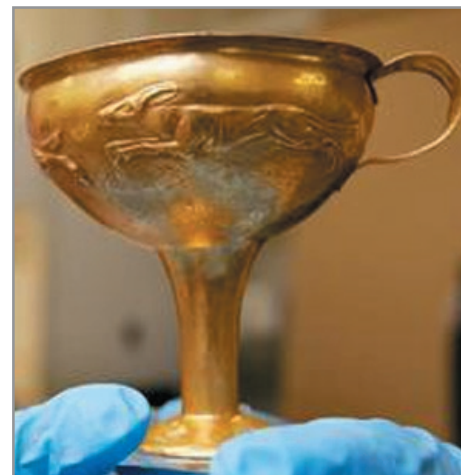


Slika 7: Ogrlica iz jantarnih jagod, obblečenih v zlato pločevino; Stična; začetek 6. stoletja pr. n. št.; hrani NMS

barvitosti, redkosti in izrazite teže so zlato v številnih kulturah uporabljali predvsem za ritualne in okrasne predmete. Znani so zlati predmeti tako iz Egipta kot tudi iz Mezopotamije iz 3. tisočletja pr. n. št. Kreta, Mikene in Troja so bile središča umetelne zlatarske obrti.

Čiščenje

Iz materialnih analiz antičnih zlatih predmetov lahko sklepamo, da so zlato, pridobljeno iz rečnih usedlin ali z rudarjenjem, že zelo zgodaj odsrebrevale. Z gotovostjo lahko trdimo, da so zlato z manj kot 3 % srebra pridobili s čiščenjem v procesu bistrenja. Primeri tako očiščenega zlata so znani že iz egiptovske literature in tudi iz poznejše grške. V literaturi je tudi vrsta nasvetov in tehnik čiščenja zlata. Pogosto se omenja tehnika čiščenja zlata od svinca in bakra s tako imenovano kupelacijo. Nadalje se omenja postopek praženja mešanice zlata s soljo in galunskim skrilavcem. Tu gre za postopek cementacije, v katerem baker in srebro preideta v svoje soli in se na tak način odstranita iz zlata. Obstaja tudi možnost, da so pri čiščenju uporabljali živo srebro, s katerim so amalgamirali zlato in tako



Slika 8: Mikenska čaša s psom (kovanje preko pozitivnega kalupa)

odstranjevali baker in srebro, ki se težje amalgamirata kot zlato, vendar to iz literature ni povsem jasno razvidno in dokazljivo.

V splošnem poteka prečiščevanje zlata v dveh stopnjah. V prvi stopnji se iz zlata odstranijo baker, svinec in druge manj prisotne kovine ter pri tem ostane elektrum (zlato in srebro). V drugi stopnji se odstrani iz zlata srebro.

Kovanje in tanjenje⁷

Kovanje zlata v pločevino je eden prvih načinov obdelave zlata. Zlata pločevina se pojavlja v najzgodnejših kulturah. S potiskanjem pločevine so dalje izdelovali posode. Uporabljali so jo tudi za oblaganje lesenih predmetov, za izdelavo jagod (perl) z jedrom iz drugega materiala in za izdelavo različnega nakita (**slika 7**).

Zlato postaja s kovanjem in vlečenjem, podobno kot baker, mehansko trše, krhkejše in s tem bolj lomljivo. S ponovnim segrevanjem se zlatu povrne njegova duktilnost in lahko z nadaljnjim kovanjem dosežemo še tanjšo pločevino, ki postopoma preide v folijo.

Pri zgodnjekretske nakitu so izdelovali ornament s kovanjem pločevine preko pozitivnega kalupa. Učinkovit primer antičnega okraševanja s potiskanjem predstavlja čaša iz Miken z vtisnjnim psom na obodu (**slika 8**). Tudi posode iz



Slika 9: Agamemnonova maska

Troje so izvlečene iz enega kosa zlate pločevine, pri čemer terja izdelava ozkogrnih posod posebno visokorazvito zlatarsko tehniko. Poleg Krete so Mikene središče zgodnjeantične zlatarske umetnosti, kjer so polagali zlate maske v grobni jašek (slika 9).

Repousse tehnika, ki je podobna kovanju, se imenuje tudi *tanjenje*. Pri tem se s pomočjo kladiva in drugega različno oblikovanega orodja vtisne vzorec v predmet, ki je napolnjen s kitom (slika 10). Pri Etruščanih in Rimljanih je bilo tanjenje zlata običajna zlatarska tehnika.



Slika 10: Helenistični disk (repousse tehnika "vtisnjen relief")

V srednjeevropskem prostoru sega obdelava zlata v zgodnjebronasto dobo. Zlate skodele so izdelovali iz potisnjene pločevine in jih okraševali s cizeliranimi ornamentami. Zlatarska



Slika 11: Zlati nakit; Stična; začetek 6. stoletja pr. n. št.; hrani NMS

umetnost doseže visoko raven v pozni halštatski kulturi, kar kažejo najdbe iz knežjih grobov (slika 11).

Vlivanje

Tehnike vlivanja kovin se pojavijo na Bližnjem vzhodu že leta 2000 pr. n. št. (slika 12). Pred zlatom so gotovo najprej vliвали predmete iz bakra in njegovih zlitin. Taljenje zlata namreč zahteva visoke temperature, ki jih je bilo mogoče doseči le v majhnih talilnih lončkih z intenzivnim dovajanjem zraka s pomočjo pihalnikov. Postopek taljenja je predstavljen na egipčanskem grobnem reliefu: tehtanje zlata, taljenje v talilnem ločku z uporabo pihalnih cevi, tolčenje zlatih lističev (slika 13).

Obstajajo egipčanski majhni vlti zlati predmeti, predvsem kipci, že iz 1. dinastije, torej leta 3000 pr. n. št. Znani so tudi predmeti iz vlitega zlata iz Babilona, Mezopotamije in Kavkaza iz 3. tisočletja pr. n. št. V



Slika 12: Sumerska glava iz Iraka (vlti predmet)

Evropi so nastali prvi predmeti iz vlitega zlata v bronasti dobi. Prvi izdelki so bili vlti v enojnih in dvojnih kamnitih modelih. Prvi votli odlitki iz zlata so nastali v Egiptu v 2. tisočletju pr. n. št. s tehniko izgubljenega kalupa.

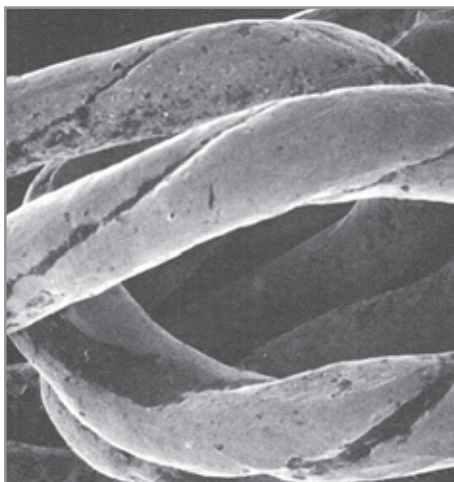
Izdelava zlate žice

Uporaba zlate žice za izdelavo ali okraševanje nakita sega na Bližnjem vzhodu že v 3. tisočletje pr. n. št. Iz tega časa so znani predmeti tako iz Egipta kot tudi iz Mezopotamije. Izdelava nakita iz zlate žice je bila v splošni navadi pri Grkih, Etruščanih in Rimljanih. V srednji Evropi je bila zlata žica prvič izdelana v bronasti dobi.

Najzgodnejša tehnika izdelave zlatih žic je takšna, da so zlato pločevino narezali na tanke trakove kvadratnega ali pravokotnega profila. (V literaturi o zlatih predmetih se pogosto uporablja



Slika 13: Postopek vlivanja zlata, prikazan na egipčanskem grobnem reliefu



Slika 14: Spiralni žleb v zlati žici (posneto z vrstičnim elektronskim mikroskopom)



Slika 15: Veržica iz zlate žice (zlatniki in zlat nakit z različnih slovenskih najdišč); 1."2. stoletje n. št.; hrani NMS

izraz kovana zlata žica, ne da bi bili natančneje opisani načini njene izdelave.) V grškem, etruščanskem in rimskem času so izdelovali zlato žico z zvijanjem predhodno izkovanih trakov. Tako izdelano žico prepoznamo po spiralnem žlebu, ki jo obvija (slika 14). Pozneje so izdelovali žico s pomočjo t. i. votlice, pri čemer so žico vlekli skozi luknjo, ki je postajala vse manjša in žica s tem vse tanjša (slika 15). Na tak način izdelana žica ima krožni presek in značilne vzdolžne površinske proge, ki jih za sabo pusti rob luknjice votlice. Vzdolžne brazde na površini žice



Slika 16: Zlati trakovi (rožen glavnik, železen nožiček, nakit in deli noše iz groba ženske, pokopane v Lajhu v Kranju); 6. stoletje n. št.; hrani NMS

pa ne morejo biti edini dokaz, da je bila žica vlečena skozi votlico, ker tudi pri kovanih žicah, ki so bile glajene z gladilnim prahom, nastajajo takšni sledovi. Pomemben je tudi enakomeren premer žice, ki navaja k dejstvu, da je bila žica vlečena skozi luknjico. Pri kovanih žicah gre za bolj ali manj neenakomeren premer žice. Točen čas iznajdbe vlečene žice je še vedno sporen. Medtem ko literatura omenja najdbe vlečene žice iz Abydosa (1. dinastija, 3000 pr. n. št.), Troje in Miken, preiskave na večjem številu predmetov potrjujejo, da so vlečeno žico začeli uporabljati šele v srednjem veku. Posamezne votlice (plošče s stožčasto luknjo za vlečenje žic, palic in cevi skozi, da se jim zmanjša presek) so našli pri izkopavanjih. Na rimskem nakitu je bilo opravljenih veliko tehnoloških analiz in poskusov rekonstrukcij nakita, s katerimi so raziskovali in poskušali razjasniti tehnike izdelave in obdelave zlatih žic. Običajen način izdelave žice pri Rimljanih je bilo skupno sukanje dveh ali več trakcev. Poleg žic so izdelovali in uporabljali tudi trakove. (slika 16).

Stari Egipčani so vpeljali poseben

način izdelave zlate žice⁸. S to tehniko so zlati trak vlekli skozi votlici podobno ploščo, opremljeno z luknjami, v katerih se je trak zvil v cevko, ki je z vlečenjem skozi postajala vedno tanjša. Na cevki je opazen vzdolžen žleb in na površini so vidne vzdolžne črte kot na vlečeni žici. To tehniko izdelave žice so poznali tudi v antični Grčiji.

Tavširanje

Druge kovine so okraševali z zlatom s tehniko tavširanja. **Tavširanje** označuje tehniko okraševanja kovine z vlaganjem kovinske žice v predhodno izdelane utore kovine, ki jo okrašujemo. Pri tem ima pomemben okrasni učinek barvno razlikovanje med zlatom in osnovno kovino, ki jo okrašujemo, saj tudi ime tehnike izvira iz arabske besede za barvo - *taušija*. Tako lahko z uporabo žičk iz različnih kovin dosežemo zelo dekorativen, celo likovno izrazen učinek.

Tavširanje so poznali že v Mezopotamiji leta 3000 pr. n. št. V starem Egiptu so bili zelo razširjeni bronasti kipci, okrašeni z vtolčenimi zlatimi žicami. Tudi pri Grkih, Etruščanih in Rimljanih je bilo



Slika 17: Železna pasna spona (okrašena z vloženi medeninastimi žičkami); Zidani Gaber; druga polovica 6. stoletja n. št.; hrani Dolenjski muzej v Novem mestu

tavširanje uveljavljena tehnika okraševanja kovinskih predmetov. Bogati srednjeveški predmeti so bili pogosto tavširani s srebrom in medenino kot nadomestilom za zlato (slika 17).

Zrničenje (granulacija)

S to krasilno tehniko označujemo linearno ali ploščinsko polaganje kovinskih zrn (granul) na kovinsko površino (slika 18). Že prej pripravljene zlate kroglice ali zrna se zalotajo na površino zlatega predmeta, pri čemer na njej tvorijo vzorec. O tej tehniki in njeni zgodovini obširno piše Wolters⁹. Podrobno opisuje posamezne delovne faze tega postopka, pri čemer upošteva tako antične pisne vire kot tudi zadnja tehnološka spoznanja.

Izdelavo zlatih kroglic v antiki si lahko predstavljamo na tri načine:

1. Izlitje taline zlata v vodo

Tehniko izlitja taline zlata v vodo je prvi opisal Plinij. Iz njegovih navedb in mnogih srednjeveških virov izhaja, da ima ta tehnika veliko različic, ki se razlikujejo po načinu razbitja taline v kroglice v vodi. Primeri različic so naslednji:

- uporaba sita,
- mešanje vode z metlico,
- zlivanje tekočega zlata v tekočo vodo,



Slika 18: Uhan (okrašen s tehniko zrničenja "granuliranja") (leva slika)
Par zlatih uhanov (okrašena s tehniko zrničenja "granuliranja"); Rifnik pri Sentjurju; druga polovica 6. in začetek 7. stoletja n. št.; hrani Pokrajinski muzej v Celju (desna slika)

- izlivanje taline zlata na kamen, ki se nahaja v vodi.

2. Vlitje taline zlata v prah lesenega oglja

Tehnika vlitja taline zlata v prah lesenega oglja je bila prvič opisana v renesansi. S to tehniko proizvedene kroglice imajo pravilno okroglo obliko, nasprotno od tistih, ki so pridobljene z vlivanjem taline v vodo, ko imajo granule obliko kapljice. Lahko torej sklepamo, da so granule pravilnih okroglih oblik, ki jih najdemo na antičnem nakitu, prav tako pridobljene na enak način.

3. Staljevanje zlatega prahu

Zlate kroglice nastajajo, ko se zlato prah segreje do tališča. Možna je izdelava zlatih kroglic tudi s segrevanjem drobnih koščkov žice ali pločevine do temperature tališča zlata.

Pri okraševanju zlate pločevine z zrničenjem je treba zlate kroglice na neki način pritrditi na nosilno pločevino. To so najpogosteje naredili z lotanjem. Tudi s tem v zvezi obstajajo napotki v antični literaturi, ki naštevajo vrsto materialov, ki so se uporabljali v te namene. Pri tej tehniki so uporabljali eno od lepil, kot so naravne gume, smole, klej ali

škrobna lepila. Lepilo so pomešali z reakcijskim lotom krizokolom (vodni bakrov silikat $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, bakrov acetat-verdigris oziroma kakšna druga zelena bakrova sol). To je zelo zahtevna tehnika, ki terja veliko znanja, izkušenj in ročnih spretnosti. Še posebno je zahtevno kontrolirano segrevanje površine predmeta v atmosferi z malo kisika, pri čemer je treba paziti, da se ne staliyo zlate kroglice, ki jih želimo nalotati na površino. Pri tem segrevanju nastaja iz krizokola baker, ki difundira (prodira) v zlato in tam tvori z njim zlitino z znižanim tališčem. Na tak način se stali le tanka plast površine pločevine, ki prilepi zlate kroglice na njej. Z zatonom rimskega cesarstva je bila tudi ta tehnika pozabljena vse do konca 18. stoletja, ko so jo ponovno »izumili«.

Wolters prav tako navaja vrsto dekoracijskih tehnik, ki so označene kot protogranulacijske. K tem sodi okraševanje s kovicami in žebliji z okroglimi glavicami in s kroglicami, ki so nanizane na žico. Kot protogranulacijo omenja tudi lotanje tokljanih polkroglic, žic v obliki niza perl ali pa imitacije granulatnega okrasa z vlivanjem, stiskanjem ali tolčenjem (punciranjem).

Okraševanje z granulatom sega v 3. tisočletje pr. n. št. v Mezopotamijo, kjer so našli tako okrašene predmete v kraljevih grobovih Ura. Tak način okraševanja se je širil preko Sirije v Egipt, Sredozemlje in proti Kavkazu. V srednjo in severno Evropo so vpeljali tehniko granulacije sredi 1. tisočletja pr. n. št.

Lotanje in varjenje

Pod lotanje razumemo tehniko spajanja dveh kovin s tretjo (lotom) v tekočem stanju, ki ima nižje tališče od obeh, ki ju lotamo. Pri varjenju gre za spajanje dveh kovin s tretjo, ki ima enako tališče kot obe kovini, ki ju varimo. Pri varjenju pride do

taljenja kovin, ki ju varimo. Če izhajamo iz teh definicij, lahko ugotovimo, da so v antiki izdelovali zlate predmete predvsem z lotanjem, ker so za lot uporabljali bakrove in srebrove spojine. Te ugotovitve slonijo le deloma na materialnih analizah in bolj na opazovanju predmetov oziroma na osnovi pisnih virov.

Zlate lotane predmete poznamo že iz časov starega Egipta in Mezopotamije. Posebno mesto med temi predmeti zavzema zlati nakit, ki je izdelan ali okrašen z zlatimi kroglicami, pri katerih je povezava kroglic z osnovno ploščevino zahtevala visoko stopnjo znanja lotanja.

V antiki pridejo v poštev za lote naslednje snovi:

- bakrovi minerali,
- zlitine z nizkim tališčem,
- živo srebro in amalgami,
- zlati karbid.

V antični literaturi najpogosteje omenjajo bakrove minerale, ki se že zelo zgodaj omenjajo kot Chrysokolla (krizokol) - zlato lepilo. Iz opisov izhaja, da gre pri krizokolu za zelene oksidne minerale bakrovih rud, pri čemer seveda niso mogli vedeti in razlikovati, ali gre za bazični bakrov karbonat malahit, bazični bakrov klorid paratakamit ali bakrov silikat. Krizokol so proizvajali tudi umetno, tako da so namakali bakrove plošče v kis, pri čemer je nastajal bakrov acetat (verdigris). Plinij omenja rumeni krizokol, ki je nedvomno kadmijev sulfid ali grinokit. Te spojine so zmešali z vezivom in nanесли na zlato ploščevino. Pri segrevanju je prišlo do redukcije v kovinski baker, ki je s prisotnim zlatom tvoril zlitino nižjega tališča in tako povezal zlate dele. To tehniko lotanja imenujemo trdo koloidno lotanje.

V antični literaturi so omenjeni tudi

kovinski loti, torej zlitine z nižjim tališčem, kot ga ima zlato.

Materialna analiza jih danes še ne opisuje podrobno. Omenjene so naslednje zlitine:

- Au-Cu,
- Au-Ag,
- Au-Ag-Cu,
- Ag-Cu.

Zanimivo je, da so že v antiki uporabljali lote iz kositrovih zlitin, ki so se uveljavili šele v srednjem veku. Demortier¹⁰ je analiziral antične lote na zlatem nakitu s PIXE-metodo. V svoji objavi omenja, da so zlitine zlata z dodatkom kadmija gotovo rimskega porekla.

Domneva se, da so v antiki kot lot uporabljali tudi živo srebro oziroma amalgam, ker so že takrat uporabljali zlati amalgam za zlatenje v ognju. Dokazov na osnovi opravljenih analiz o tem še ni.

Ugotovitev, da se zlatemu karbidu v stiku z zlatom zniža tališče, izhaja iz eksperimenta, v katerem so hoteli obnoviti postopek izdelave zatega granulata. Pri žarjenju zlata v premogovem prahu pride do vezave zlata z ogljikom v karbid, ki se mu zniža tališče na okoli 900 °C. Tako nastali zlati karbid je zelo stabilen in se pri ponovnem segrevanju na to temperaturo pretvori nazaj v zlato, pri čemer ogljik izgori.

Zlatenje

Zaradi njegove dragocenosti so zlato uporabljali tudi za pozlatitve drugih manj vrednih kovin (predvsem srebra, bakra, medenine in bronca). Vendar so tudi predmeti iz lesa, kosti in kamna s pozlato pridobili vrednost. V antiki so uporabljali predvsem tri tehnike pozlate in tehniko lažne pozlate:

1. Zlatenje z lističi
 - s polaganjem folij
 - z vtiskanjem folij na prej nabrazdano površino



Slika 19: Kartuša S. Gregorius Magnus (pozлата z lističi na lesu); zasebna last

- z lepljenjem folije
2. Potapljanje v raztaljeno zlato
 3. Zlatenje v ognju
 4. Nanos lažne pozlate

V novejšem času so k tem tradicionalnim tehnikam dodali še sodobne tehnike zlatenja.

Zlatenje z lističi

Iz te najstarejše tehnike zlatenja s preprostim zavijanjem kovinskih, kamnitih ali lesenih predmetov v zlato folijo se je razvila tehnika zlatenja s lističi, ki so bili nalepljeni na površino ali pa vtisnjeni v nabrazdano površino predmeta. Kot lepilo so uporabljali smole, beljak, želatino ali sušče olje (slika 19). Prvotno tehniko ovijanja predmeta v zlato folijo so izvedli tako, da so predmet prekrili s folijo, jo prepognili čez rob predmeta, robove folije zadaj zložili in jih nato pritrdili s kovico. Druga možnost izvedbe te tehnike je bila, da so površino kovinskega predmeta vrezali zarezne, v katere so vtaknili rob zlate folije, in jih nato zakovali, tako da se je folija vanje zagostila.

Nadaljnja izvedba te tehnike je v tem, da so predmet ovili v zlato folijo, ki so jo nato s puncami vtolkli v osnovno kovino in jo s tem fizično pritrdili.

Zlatenje z lističi so stari Egipčani poznali že v starem kraljestvu. To tehniko so predstavili na grobnem reliefu 6. dinastije in pozneje večkrat najdemo označbo »predstojnik izdelovalcev zlatih lističev«.

Stari Grki so prav tako poznali tehniko zlatenja z lepljenjem zlatih lističev na površino in vtiskanja zlatih lističev v nabrazdano površino predmeta.

Od približno leta 1200 pr. n. št. dalje je bilo možno pritrditi zlato folijo na srebrn predmet brez lepljenja. Pri tem so zlati listič preprosto vtrli v srebrno površino in jo nato segreli. Prišlo je do difuzije ene kovine v drugo in tako do močne povezave. Ta postopek imenujemo *postopek difuzijske povezave* kovin.

Etruščani so srebrno pločevino zlatili s kovanjem. S predhodnim segrevanjem srebrne pločevine so s kovanjem dosegli še posebno tesno povezavo med zlatom in srebrom.

Rimljani, pri katerih je bilo zelo razširjeno zlatenje bronastih skulptur, so poleg teh teknik zlatenja izvajali še naknadno poliranje nanosenih zlatih folij. Pozlačen predmet, najpogosteje pozlačeno bronasto figuro, so segreli in s kamnom močno pritiskali na pozlato, ki se je s tem še bolj povezala z osnovno kovino.

Izdelava zlatih lističev je predstavljena na nagrobnem kamnitem reliefu v Vatikanu, na katerem tolkač s kladivom tolče po zlati pločevini.

Zlatenje v ognju

Pri zlatenju v ognju gre za zlatenje z zlatim amalgamom. Površino predmeta premažemo z zlatim



Slika 20a: Kelih (amalgamska pozlata)

amalgamom ter jo nato segrejemo, da izhlapi živo srebro in se na njej izloči plast zlata. Tehnika je nastala v rimskem cesarstvu. Možni sta vsaj dve izvedbi zlatenja v ognju. Zlati amalgam, ki ga dobimo z dodajanjem zatega prahu v segreto živo srebro, namažemo na površino, ki jo želimo zlatiti, in nato predmet segrejemo ali pa površino predmeta najprej premažemo z živim srebrom in nato položimo nanjo zlate lističe. Zlata folija se veže z živim srebrom v amalgam, iz katerega se ob segrevanju izloči zlato, ki se dobro oprime površine predmeta.

V literaturi najdemo tudi tretjo možnost zlatenja: predmet se najprej premaže z zelo tanko plastjo živega srebra in nato obloži z zlatimi lističi, pri čemer se spodnja plast zlata delno raztopi v živem srebru in ta veže zlato na površino.

V literaturi navedbe temperatur, do katerih je treba segreti amalgam pri amalgamskem zlatenju, niso točne. Najprimernejša temperatura je 250 °C. Pri višjih temperaturah pride do oksidacije bakra in s tem do slabše oprijemljivosti zlata na površino. Visoka temperatura pri pozlatitvi



Slika 20b: Odlomek čelnega traku čelade (amalgamska pozlata); Zidani Gaber nad Mihovim; 6. stoletje n. št.; hrani Dolenjski muzej v Novem mestu

srebra povzroči tako močno in globoko difuzijo zlata v srebro, da pride do presevanja srebrne površine skozi pozlato.

Železa in jekla ne moremo neposredno zlatiti. Tu je potrebna predhodna pobakritev z namakanjem v tekočem bakru. To metodo so uporabljali Grki že leta 500 pr. n. št. Po nekaterih trditvah pa te tehnike niso uporabljali pred 2. stoletjem našega štetja. Zlatenje v ognju je najbolj razširjena tehnika zlatenja od rimskih časov, preko srednjega veka vse do sredine 19. stoletja. Šele tedaj jo je začelo izpodrivati galvansko zlatenje. Danes zlatenje v ognju ni dovoljeno iz zdravstvenozaščitnih razlogov (*slika 20a in 20b*).

Lažna pozlata

Obstaja veliko antičnih in srednjeveških receptov za izdelavo prevlek za umetno zlatenje. V bistvu gre za nanos zlato rumenega železobakrovega sulfida (halkopirit, CuFeS_2), ki mu je primešano vezivo. V Mappae Clavicula najdemo omembo, da lahko baker spremenimo v zlato, če ga stalimo s prahom mešanice železovega sulfida, bakrovega sulfida in svinca. Takšne recepte uporabljajo tudi v novejšem času. **Musivgold** (kositrov sulfid) je ena od običajnih substanc, s katerimi so že od konca

srednjega veka zlatili knjižne poslikave.

Drugi načini pozlate

V antiki je obstajala vrsta različic običajnih načinov zlatenja, tako da je vsakokrat potrebna nova preiskava, da lahko z gotovostjo trdimo, na kakšen način je bilo naneseno zlato v določenem primeru. Kot primer omenimo tehniko, pri kateri je bila zlata plast nanesena na srebrno površino s povišano temperaturo in močnim pritiskanjem, tako da je prišlo do difuzije zlata v srebro, kar pomeni močno povezavo med njima.

Najden je egipčanski srebrni kipec, ki je bil najprej potopljen v tekoče srebro in nato še v tekoče zlato.

Dublé je izdelek, ki nastane tako, da običajno tombak (ali zlato medenino) v postopku valjanja prekrijejo s tanko plastjo zlata. Tak način zlatenja je podoben tistemu, ki je opisan pri srebru kot **platiranje**, in se uporablja od 18. stoletja dalje, ko je bil vpeljan (slika 21).

Elektrolitično (galvansko) **zlatenje** se uporablja od 19. stoletja dalje. Pri tem gre za izločanje zlata iz raztopine zlatih soli na predmet, ki je vanjo potopljen, s pomočjo električnega toka. Danes se zlati predvsem galvansko.

Breztokovno kemično zlatenje so prebivalci Andov verjetno poznali že pred tisoč leti. Pri tem postopku gre za to, da se predmet iz bakra, medenine ali tombaka potopi v vročo raztopino zlate soli, pri čemer se na njegovi površini izloči zlato brez uporabe električnega toka. Gre za princip, da se bolj žlahtna kovina izloči iz raztopine na manj žlahtni kovini, pri čemer gre manj žlahtna kovina v raztopino.

Enak princip se uporablja pri **kontaktnem zlatenju**. Pri tem se dodatno olajša izločanje zlata iz raztopine na površino potopljenega



Slika 21: Double (zlato na srebru; ameriški dolar iz leta 1870)

predmeta z dodatkom opilkov nežlahtnih kovin, kot so Al, Zn itd. Ta sodobnejši postopek se uporablja predvsem za masovno zlatenje manjših predmetov.

Postopek zlatenja, pri katerem se predmetu, ki je sicer izdelan iz slabšega zlata (tumbaga), površina obogati na zlato, imenujemo **postopek obogatitve** ali tudi *mise au ceouleur*. Pri tem se druge sestavine zlitine, kot sta Ag in Cu, s segrevanjem in potapljanjem v kislinah postopno izlužijo s površine, tako da na njej ostane čisto zlato. Sprva se s površine odstrani baker, nato še srebro. Postopki se med seboj nekoliko razlikujejo, če gre za zlitino Au-Cu ali Au-Ag-Cu. Zlitino tumbaga, ki vsebuje do 70 % bakra, in tehniko obogatitve njene površine so poznali predkolumbovski Indijanci v Srednji Ameriki. Na tak način so bili izdelani mnogi njihovi zlati predmeti, kot je npr. ritualni nož tumi (slika 22).



Slika 22: Ritualni nož tumi

7. Literatura

- ¹ Josef Riederer: Archäologie + Chemie
- ² Hartmann, A.: Prähistorische Goldfunde aus Europa. Gebr. Mann Verlag, Berlin 1970.
- ³ Hartmann, A.: Prähistorische Goldfunde aus Europa II. Gebr. Mann Verlag, Berlin 1982.

- ⁴ Stos-Fertner, Z. und Gale, N.H.: Chemical and lead isotope analysis of ancient Egyptian gold, silver and lead. *Archeo.Physika* 10, 299-314, 1978
- ⁵ Kraay, C. M.: The composition of electrum coinage. *Archaeometry* 1, No. 1, 21-23, 1958
- ⁶ Josef Riederer: *Archäologie und Chemie*
- ⁷ Igor Ravbar, *Krasilne tehnike, Priročnik 2.2.11*
- ⁸ Carroll, D. L.: Drawn wire and the identification of forgeries in ancient jewelry. *Amer. Journ. Archaeol.* 74, S.401, 1970
- ⁹ Wolters, J.: *Die Granulation. Geschichte und Technik einer alten Goldschmiedekunst.* Callwey Verl. München, 331 S., 1983.
- ¹⁰ Demotier, G., Terwagne, G. und Morciaux, Y.: Improved performances for PIXE analysis of gold artifacts. *Proc. 24th Intern. Archaeom. Symp. Washington 1984 (1986)*, 225-232.
- Avtorji fotografij:**
 Miha Jeršek: Slika 1
 Davorin Preisinger: Slika 4
 Tomaž Lauko: Slike 7, 11, 15, 16, 17, 18b, 20b
 Bojan Salaj: Slika 20a
 Zoran Milič: Sliki 3, 19
 Knjiga: *Archaeologie und Chemie*: Slike 3, 13, 14
 U.P. Schwarz: *Germania 72/2, 1994*, Slika 5
 Internet: Slike 2, 6, 8, 9, 10, 12, 18a, 21, 22