

Avtor: Miran Pflaum

## Vsebina

1. Uvod
2. Izdelava kalupa
3. Izdelava odlitka
4. Polnila
5. Patiniranje kopij
6. Literatura in viri

### 1. Uvod

Potreba po kopijah, s katero se konservatorji-restavratorji srečujemo pri svojem delu, odvisno od področja delovanja, je izredno raznolika. Zajema tako freske in oljne slike kot kamnite, kovinske, glinene, keramične, koščene in lesene predmete ter predmete iz drugih, pogosto tudi kombiniranih materialov. Originalnih tehnik izdelave in variacij (obrtniških in umetniških) je skorajda toliko kot predmetov samih in že spoznavanje ene same lahko od kopista zahteva dolgotrajen študij materialov in postopkov ter veliko praktičnega dela in raziskav. Enako velja tudi za nekatere posebne tehnike (kopistike v širšem smislu), npr. torevtiko, razne livarske in zlatarske tehnike ulivanja kovinskih predmetov (bron, železo, zlato, srebro) ter dentistične in druge tehnike. Zaradi ozke specifikacije na eni in obsežnosti na drugi strani bi vsaka od njih zahtevala svojo predstavitev in svoj študij. Zaradi tega bi jih bilo nemogoče (pa tudi nesmiselno) vse predstaviti na tem mestu, poleg tega pa informacije lahko dobimo tudi v tehnoloških priročnikih za posamezna področja (različne slikarske, kiparske, zlatarske in druge tehnike in tehnologije).

V nasprotju z omenjenimi specialnimi tehnikami je tehnika izdelave predmetov (kopij) s pomočjo bolj ali manj preprostih

kalupov in odlivanja zelo vsestranska. Z modifikacijami (istih) tehnik in materialov jo je mogoče hitro prilagoditi tako številnim raznovrstnim lastnostim originalnih (izhodiščnih) predmetov kot izdelavi materialno najrazličnejših kopij oz. odlitkov. Čeprav se uporablja že od najstarejših časov naprej, je še danes aktualna in kljub številnim novim tehnikam in 3D-tisku cenovno pogosto najdostopnejša in v mnogočem nepresežena glede na kakovost končnega izdelka.

### 2. Izdelava kalupa

#### *Zaščita originala*

Zaščita in varnost muzejsko, zgodovinsko, materialno ali drugače dragocenega originala je prvi in najpomembnejši element začetka izdelave kalupa. Kakšna bo ta zaščita, je seveda odvisno od originala samega in od tehnike kopiranja. Če nameravamo izdelati kalup s pomočjo 3D-optičnega skeniranja, posebna zaščita ali priprava originala najpogosteje (ne pa vedno) ni potrebna. Če delamo kalup neposredno po originalu, se njegovi zaščiti in predhodni pripravi ne moremo izogniti. Kaj in kako bomo uporabili, zahteva zelo skrbno in temeljit razmislek. Razne vrste silikonskega kavčuka so danes najbolj uporaben (in zato tudi največ uporabljan) material. V

njem pa so tudi snovi (silikonska olja), ki lahko delno prodrejo v samo površino originala in (takoj ali sčasoma) spremenijo njegov videz, kar se kaže npr. v rahli obarvanosti ali intenzivnejšem tonu površine, ali kako drugače vplivajo na lastnosti originala, npr. hidrofobnost. Temu se izognemo tako, da original zaščitimo z lakom ali kakim drugim zaščitnim sredstvom. Pogoj seveda je, da original to dopušča in da lahko zaščito kasneje brez škode odstranimo. Pri velikem številu kamnitih spomenikov je lahko dobro zaščitno sredstvo polivinil alkohol (okrajšano PVOH, PVAL ali PVA). Tvori odličen film, ni strupen in je enostaven za uporabo, odporen proti oljem, maščobam in raznim topilom, zaradi vodotopnosti pa ga po končanem delu tudi zlahka odstranimo. Dobimo ga že kot pripravljeno emulzijo (lak), še bolje pa je, da si ga v ustrezni koncentraciji (glede na poroznost materiala originala) sami pripravimo iz granulata. Zelo uporaben je tudi pri drugih predmetih, ki jih lahko po končanem delu brez težav očistimo z vodo (npr. keramika). V nekaterih primerih (če je denimo voda problematična) so lahko bolj primerna katera druga sredstva. Na razpolago jih imamo celo vrsto. Danes se najpogosteje uporabljajo razni akrilni laki, ker so nestrupeni, se hitro sušijo in jih lahko raztopimo (ali emulgiramo) v vodi, alkoholu ali drugih organskih topilih (etil acetat, aceton, toluen, ksilen ...<sup>1</sup>), npr. Paraloid B-72, Primal, Mowilith in drugi. Za določene namene so lahko bolj primerni nitrocelulozni ali druge vrste laki, npr. Frigilen ali Incralak. Zadnja dva se pogosto uporabljata za zaščito kovinskih predmetov. Pri kovinskih predmetih je dobra zaščita lahko

tudi voščeni premaz, npr. voščena pasta Renaissance wax.<sup>2</sup> Nemalokrat so z njo zaščiteni tudi predmeti iz kamna (marmorja), lesa, kosti, slonovine in drugih organskih materialov. Pri načrtovanju zaščite originala je zelo pomembno, da imamo čim več informacij o tem, kaj se je z njim dogajalo v preteklosti, ali je predmet že bil konserviran-restavriran, kateri materiali so bili pri tem uporabljeni in tudi ali je bil po njem že kdaj izdelan kalup. Zaščitno sredstvo je v številnih primerih obenem tudi ločevalno sredstvo, ki preprečuje, da bi se kalup preveč sprijel z originalom in ga tako pri odstranjevanju (snemanju) poškodoval.

Najbolj pomembno pri izdelavi kalupa pa je naslednje: če ocenimo, da bi se original lahko poškodoval oz. ga iz najrazličnejših razlogov ne moremo v zadostni meri zaščititi (stanje ohranjenosti, vrsta ali kombinacija materialov), se moramo izdelavi kalupa neposredno po originalu odpovedati in razmisliti o kaki drugi tehniki izdelave kopije oz. kalupa (optično ali lasersko skeniranje, CT-skeniranje ...). To velja tudi za predmete, pri katerih zaščito sicer lahko izvedemo, bi pa uporabljeni materiali za zaščito in izdelavo kalupa (zgodovinsko, umetniško pomemben) original lahko kontaminirali v taki meri, da bi bile ogrožene ali onemogočene nadaljnje raziskave in s tem potencialno pomembna (znanstvena) odkritja o času nastanka, provenienci, avtorju ipd.

### ***Izbira materiala***

Za izdelavo kalupa imamo danes na voljo veliko najrazličnejših materialov. Na izbiro najprimernejšega vpliva cela vrsta dejavnikov, od tega, kako zahteven

je original (po obliki, velikosti in drugih značilnostih), do tega, kako hitro moramo izdelati kopijo, kakšno število jih nameravamo izdelati ter iz katerega materiala bodo. V naslednjem razdelku bodo predstavljene predvsem najobičajnejše in vsem dostopne tehnike, izpuščene pa bodo tiste, ki zahtevajo specifičen tehnološki pristop (npr. ulivanje bron, zlatarske tehnike, vakuumsko odlivanje ipd.).

### **Glina, plastelin, vosek ...**

Za izdelavo enostavnega kalupa za nezahtevne izdelke preprostih oblik včasih zadostuje že odtis v glino. Če iz gline izdelamo kalup za ulivanje preprostih mavčnih odlitkov, ga lahko pripravimo kar v mokri glini brez posebnih ločevalnih sredstev. Za dolgotrajnejšo (večkratno) uporabo, npr. vtiskovanje gline ali kakega drugega materiala, pa moramo glinene kalupe v večini primerov po oblikovanju in sušenju tudi žgati, kajti samo posušena, a nežgana glina je krhka in neodporna proti vodi (**slika 1**).

Podobno lahko uporabimo tudi plastelin, vosek ali termoplastični polimer. Plastelinov je na trgu cela vrsta, dobimo jih v različnih trdotah in barvah, še zdaleč pa niso vsi primerni v kopistiki. Še najmanj je pomembna barva, bolj moramo biti pozorni na to, da plastelin ne pušča madežev, da ni premasten ali prepust in da za naš namen ni premehak ali pretrd (**slika 2**). Za izdelavo preprostih hitrih odtisov je zelo praktičen dentistični vosek v ploščicah. Dobi se v manjših, 1,6 mm debelih ploščicah, velikih ok. 9 × 18 cm. Pred uporabo vosek v vroči vodi ali s fenom na vroči zrak nekoliko zmehčamo, nato pa nežno pritisnemo na površino,

1 Nekatera teh topil (toluen, ksilen) so toksična in lahko povzročajo utrujenost, glavobol ipd. Bolj strupena ali celo kancerogena (kot denimo trikloretnol) večinoma niso več v splošni uporabi. Glej poglavje 11.

2 Mešanica mikrokristaliničnih in polietilenskih voskov.



*Slika 1: Skarabej in horovo oko iz egipčanske fajanse ter kalupa iz žgane gline, po katerih sta bila oblikovana.*



*Slika 2: Amulet Besa, njegov odtis v plastelinu in mavčni odlitek*

ki jo odtiskujemo (seveda, če original to brez škode prenese). Podobno lahko uporabimo tudi termoplastični polimer, ki ga v vodi segrejemo na ok. 60 °C, da se zmečka, po izoblikovanju kalupa pa ga ohladimo, da obdrži obliko. Prednosti naštetih materialov so v tem, da so lahko dostopni in poceni ter da postopek lahko ponavljamo in iz istega materiala izdelamo

vedno nove kalupe, ko starih ne potrebujemo več.

Glina, plastelin in vosek so tudi zelo uporabni pomožni materiali, ki sicer niso deli kalupov, nam pa pomagajo pri delu oz. nam ga olajšajo pri izdelavi kalupov, saj služijo denimo kot podpora, ograje za oblikovanje posameznih delov kalupa, zapolnitev in zaščito votlih delov originalov ipd. Vedno izberemo

tak pomožni material, ki nima škodljivih vplivov na original in ga je z njega z lahkoto odstranimo.

### **Mavec**

Če original dovoljuje, lahko za izdelavo kalupa uporabimo mavec. Poznali in uporabljali so ga že najstarejši narodi (Asirija, stari Egipt) in vse do nedavnega (z izjemo zgodnjega srednjega veka) je bil to eden najbolj uporabljenih materialov ne le v kiparstvu in arhitekturi, temveč tudi na številnih drugih področjih. Danes je kolikor toliko čist in kakovosten mavec, razen v specializiranih trgovinah s konservatorsko-restavratorskimi ali keramičnimi materiali, zelo težko dobiti. Splošneje dostopen električarski mavec je zaradi dodatkov peska in drugih nečistoč komajda uporaben že za njegov osnovni namen, nikakor pa ni primeren za izdelavo kalupov ali odlitkov.

Osnovna surovina za izdelavo mavca je sadra, gost zrnat mineral, glavna sestavina sadrovca, ki je v naravi zelo pogost. Po sestavi je sadra kalcijev sulfat dihidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). V osnovi bela spojina v naravi vsebuje številne naravno prisotne primesi (glina, različne vrste peska, apnenec, soli in druge snovi), ki jo, odvisno od najdišča, različno obarvajo, kar pa samo po sebi ne pomeni slabše kakovosti iz nje pridobljenega mavca. Zelo čista drobnozrnata zvrst sadre je alabaster. Kot surovina za izdelavo mavca se lahko uporablja tudi sadra, ki nastaja v industriji kot stranski produkt. Kako kakovosten mavec se pridobi iz določene sadre, je predvsem odvisno od načina in temperature žganja ter mletja in v končni fazi tudi shranjevanja. Višina temperature bistveno vpliva na lastnosti. Za naš namen se uporabljajo t. i. nizkotemperaturni ali ulivni mavci. Med žganjem



(temperatura v pečeh za modelne mavce je od 120 do 180 °C, običajno pa nekje na sredini) se izloči dve tretjini vode in nastane polhidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) ali na kratko mavec. Visokotemperaturni mavci (temperatura žganja od 650 do 1000 °C) v procesu žganja izgubijo vso vodo, zato imajo povsem drugačne lastnosti in so uporabni predvsem v stavbarstvu (estrihi).

Pri pripravi mavčne kaše je priporočljivo, da uporabljamo čim bolj čisto vodo in da imata mavec in voda približno enako temperaturo. Vedno vsujemo mavec v vodo in ne obratno. Počasi ga enakomerno stresamo po vsej površini posode, dokler ne ostane nad vodo majhen kupček mavca. Počakamo, da se tudi ta prepoji z vodo, nato pa vse čim hitreje temeljito zamešamo v gladko maso, po možnosti tako, da vanjo vnesemo čim manj zraka (modelirka mora biti ves čas pod gladino). Preden se lotimo nanašanja mavca in izdelave kalupa, je zelo pomembno, da kalup pravilno načrtujemo. To pomeni, da poskrbimo, da nimamo negativnih kotov in da uporabimo primerno ločevalno sredstvo, da bomo kalup lahko brez škode ločili od originala. Z dodatki lahko mavcu določene lastnosti tudi spremenimo, tako da bolj ustrezajo našemu namenu ali načinu dela. Če mavec zamešamo v toplo vodo ali v njej raztopimo 1,5 do 2 % kuhinjske soli (namesto natrijevega klorida lahko zamešamo tudi magnezijevega), mu hitrost strjevanja pospešimo. Če, obratno, želimo strjevanje mavca upočasniti, lahko v vodi raztopimo nekaj kleja (zadostuje že 1 do 2 %). Vendar moramo paziti, da z dodatki ne pretiravamo, saj obe sestavini na že strjeni mavec vplivata tudi negativno. Če dodamo več kot

5 ali 6 % soli, bo učinek nasproten in se bo čas strjevanja podaljšal, mavec pa bo postal mehak, krhek in krušljiv. Podobno vplivajo tudi delci kleja (večinoma so ta dodatek uporabljali pri mešanicah za izdelavo štukatur), saj se kasneje ob izpostavljenosti vlagi lahko napijejo vode, nabreknejo ter začnejo gniti in razpadati. Na upočasnitev strjevanja mavca večinoma vplivajo tudi dodatki, ki povečujejo končno trdnost izdelka. To lahko močno zvišamo, če v vodo dodamo malo želatine (lahko navadno, ki se uporablja v kuhinji) ali disperzijo vinilne smole, npr. PVA-lepila za les ali papir. V novejšem času se v ta namen največ uporabljajo suspenzije ali emulzije določenih akrilnih smol. V večini primerov moramo mavec za doseganje večje strukturne trdnosti tudi armirati. V ta namen lahko uporabimo različne vrste tekstila. Najboljši so (naravni) materiali, ki dobro vpijajo vodo, npr. juta ali gaza (tkanina ali povoji). V mavčno kašo lahko vmešamo tudi krajša ali daljša nasekana vlakna. Uporabimo lahko celulozna vlakna, v novejših mešanicah z dodanimi akrilnimi ali drugimi smolami pa tudi druga, npr. steklena. Za izdelavo kape (opore) so še posebej primerni že predpripravljeni, z mavcem prepojeni povoji, ki jih pred uporabo samo namočimo, iztisnemo višek vode in v nekaj plasteh nanesemo na zelena mesta, kjer se strdijo. Sicer pa se čisti mavec danes, ob poplavi številnih sodobnih materialov, za izdelavo kalupov uporablja vse manj, še največ se ohranja pri izdelavi keramičnih izdelkov ali za preprosto in hitro izdelavo kap pri manjših silikonskih kalupih.

### Naravni in sintetični (silikonski) kavčuki

Zelo uporaben material za izdelavo kalupov je kavčuk<sup>3</sup>. Je elastičen in vanj lahko vlivamo celo vrsto materialov, od mavca, voska, raznih umetnih smol in podobnega. Za izdelavo tanjših kalupov lahko uporabimo naravni lateks. Dobimo ga v tekoči ali želirani obliki, na zraku (odvisno od vlage in temperature) se zelo hitro strdi, poleg tega pa se z večino materialov ne sprime zelo močno (pred izdelavo moramo vsekakor preveriti ali oz. kakšno ločevalno sredstvo potrebujemo). Ker je zelo upogljiv in elastičen, je primeren tudi za zelo zahtevne odlitke, vendar pa prav zaradi tega, razen pri res majhnih predmetih, nujno potrebuje kapo.

Bolj kot naravni lateks so danes za izdelavo kalupov razširjene in uporabne sintetične silikonske mase (slika 3). Glede na vrsto zamreženja obstajata dve osnovni skupini, adicijske in kondenzacijske mase, v vsaki skupini pa je še cela vrsta variacij. Običajno jih dobimo v dveh komponentah, kot kavčuk in katalizator<sup>4</sup> ali kot dve komponenti kavčuka (A + B).

Bolj kot način zamreženja so za kopiranje pomembne posamezne specifične lastnosti, ki so prilagojene določenemu namenu in se od mase do mase med seboj lahko močno razlikujejo. Trg silikonskih mas je zelo dinamičen, obstaja cela vrsta proizvodov, med katerimi lahko izbiramo; pojavljajo se vedno novi, nekaterih pa ne izdelujejo več. To je po eni strani lahko dobro, saj dobimo materiale, ki nam omogočajo stvari, ki pred tem niso bile mogoče, po drugi pa je lahko tudi moteče, če nam po lastnostnih določena masa ustreza (oz. smo

3 Kavčuke, ki so naravne ali sintezne makromolekularne snovi s kemijskimi reakcijami, pretvorimo v zamreženo strukturo, ki jo imenujemo guma ali elastomer.

4 Katalizatorji so snovi, ki pospešujejo kemijske reakcije. Običajno silikonskemu kavčuku dodamo 2 do 3 % katalizatorja.



*Slika 3: Križani iz 13. stoletja na platnici knjige, enostaven enostranski kalup iz silikonske gume z mavčno kapo ter odlitek iz epoksidne smole s polnili, delno patiniran že v kalupu. Original hrani Narodni muzej Slovenije.*

se je »navadili«), njen približek ali nov proizvod pa ni čisto enak ali zadovoljiv. Pri izbiri mase za izdelavo kalupov moramo pozorni predvsem na naslednje lastnosti:

- delovni ali odprti čas oz. čas, ki ga imamo na voljo za delo (angl. *pot life*),
- čas »sušenja«, to je hitrost zamreženja oz. čas poteka kemijske reakcije (angl. *curing time*),
- viskoznost,
- morebitne skrčke po zamreženju,

- natezno trdnost in raztezek pred pretrganjem,
- druge specifične lastnosti, ki neposredno vplivajo na izdelavo predvidenega kalupa ali kopije.

Delovni časi se večinoma gibljejo v razponu od nekaj minut do nekaj deset minut. Na čas vpliva več dejavnikov: od temperature, pri kateri delamo (na izdelku deklarirani čas je običajno določen pri 20 °C), relativne vlažnosti, pa tudi od starosti mase. Časi zamreženja se gibljejo v razponu od

nekaj minut, običajno pa od nekaj do 12 ali 24 ur, spet odvisno od vrste materiala in klimatskih razmer (vlaga, temperatura), v katerih delamo. Pri masah, ki delujejo zelo hitro in imamo zato malo časa za pripravo, moramo biti še posebej pozorni na to, da komponente med seboj res dobro zmešamo. Če so komponente neenakomerno zmešane, se nam namreč lahko zgodi, da bo del mase ostal lepljiv. Če reakcija tudi v dvo- ali trikratnem času strjevanja ne poteče, lahko kalup »rešimo« tako, da lepljivi del površinsko premažemo s katalizatorjem in počakamo, da reakcija poteče tudi v globino. Pri dvokomponentnih kavčukih je problem težje rešljiv. Podoben problem lahko nastane tudi, če po zamešanju katalizatorja maso zaradi odzračevanja zamešanega zraka izpostavimo (pre)močnemu vakuumu, zato del katalizatorja izpari ter se tako poruši pravo razmerje.

Viskoznost ali tekočnost je pri delu zelo pomemben dejavnik. Enota za merjenje je Pa.s oz. mPa.s (paskal oz. milipaskal sekunda). Pove nam, kako tekoča je masa. Če izdelujemo kalup v horizontalnem položaju, je lahko koristno, da je masa čim bolj tekoča, ker jo bomo tako lažje nanesli in bo v njej ostalo manj motečih zračnih mehurčkov. Bolj tekoče vrste silikonskih kavčukov imajo viskoznost od 1.500 do ok. 4.000 ali 5.000 mPa.s, kar je le malo manj tekoče od vode (1.002 mPa.s). Če izdelujemo kalup na vertikalni površini ali denimo na stropu, bo taka silikonska masa neuporabna, saj ne bo ostala na svojem mestu, ampak bo zaradi težnosti stekla navzdol. V tem primeru moramo uporabiti kavčuke z veliko večjo viskoznostjo, podobno gosti pasti, ki ne teče. Vrednosti se gibljejo od 50.000 do 70.000 mPa.s. Za najrazličnejše namene so zelo uporabni kavčuki z viskoznostjo, podobno medu (ok.



30.000 do 40.000 mPa.s). Običajno so zelo močni in lahko izdelamo natančne kalupe, z dodatkom tiksotropnega<sup>5</sup> sredstva pa jim lahko zelo enostavno povečamo viskoznost in tako z istim kavčukom delamo ne le na horizontalnih, ampak tudi na vertikalnih površinah in celo na stropu.

V nekaterih primerih je zaradi oblike in zahtevnosti originala ter ekonomičnosti izdelave silikonsko maso treba nanesti v več plasteh. Večinoma (ne pa vedno) lahko drugo in naslednje plasti z dobrim medsebojnim oprijemom nanesimo, ko se je spodnja plast že strdila. V silikonsko maso lahko zamešamo tudi pigmente in tako lažje nadzorujemo debelino posameznih plasti. Če oblika zahteva izdelavo večdelnega silikonskega kalupa, moramo posamezne dele med seboj ločiti z ločevalnim sredstvom. V nekaterih primerih je to lahko že navaden WD 40 ali pa posebno ločevalno sredstvo, ki je običajno izdelano na osnovi voskov v topilu. Če gre za bencin (ali podobno topilo), bo plast silikonske gume, na katero bomo to sredstvo nanесли, nekoliko nabrekli, zato moramo pred izdelavo drugega dela gumi dati dovolj časa, da topilo izhlapi in se guma, prevlečena z ločevalnim sredstvom, vrne v prvotno obliko. Če za izdelavo istega kalupa uporabljamo dve ali več različnih vrst gum (denimo trše in mehkeje), moramo biti pozorni na to, ali se gume med seboj po zamreženju zlepijo ali ne, in to upoštevati pri načrtovanju.

Skrčki po zamreženju pri silikonskih kavčukih običajno niso problematični in se gibljejo od okrog 0,5 odstotka do vsega 0,5 promila pri najbolj natančnih masah (0,05 %), kar je, razen pri res zahtevnih kopijah, praktično zanemarljivo.

Trdota, fleksibilnost (togost) in natezna trdnost gume so pomembni dejavniki iz več razlogov. Če je kalup preveč tog, ga bo morda težko sneti z občutljivega predmeta (nevarnost poškodbe originala) ali kasneje s kopije; če je preveč elastičen, morda ne bo v zadostni meri ohranil prave oblike ali dobro prenesel materiala, ki ga vlivamo (denimo betona). Če se guma pri (lahko že manjši) poškodbi površine raztrga, nam to seveda lahko povzroči veliko dodatnih preglavic ali celo uničenje oz. neuporabnost kalupa.

V nekaterih primerih so lahko bistvenega pomena tudi nekatere druge lastnosti, kot je toplotna odpornost ali neškodljivost za zdravje pri stiku s hrano. Poleg običajnih gum, ki niso pretirano odporne proti visokim temperaturam, obstajajo tudi take, ki prenesejo do 300 ali celo 400 °C, kar je več kot dovolj za nizkotemperaturne kovinske zlitine, kakršna je npr. Woodova in podobne. Če izberemo vrsto silikona, ki deklarirano nima škodljivih sestavin, lahko za šalo ali v reklamne namene izdelamo tudi »užitne« kopije predmetov, denimo iz čokolade.

Nekateri silikonski kavčuki omogočajo tudi izdelavo povečav oz. pomanjšav. Možnost moramo preveriti pri prodajalcu. Povečavo dosežemo tako, da že dokončan silikonski kalup namočimo (potopimo) v bencin (white spirit). Guma sprejme topilo in se v vse smeri enakomerno razširi. Približno v 24 do 48 urah doseže svoj največji obseg (ok. 160 % prvotne velikosti) in se ne povečuje več. Za manjšo povečavo stanje preverjamo in gumo v ustreznem trenutku in ustrezni velikosti vzamemo iz topila. Kalup nato rahlo obrišemo in dele pred izhlapevanjem zaščitimo

z aluminijasto ali polietilensko folijo (z izjemo dolivnega dela). Nato vanj vlijemo modificirano hitro strjujočo se fino mavčno maso in tako dobimo natančno povečavo izbranega predmeta. Po sušenju in vrnitvi kalupa v prvotno velikost se lastnosti gume precej poslabšajo (postane bolj krhka, hitreje se raztrga), zato to storimo le z za ta namen pripravljenim kalupom. Tehnika je zelo primerna za kalupe, ki ne potrebujejo kape, npr. za manjše ploščate predmete, kot so novci ali medalje (slika 4). Pomanjšavo dosežemo podobno, le da topilo (white spirit) v silikonsko maso zamešamo še pred izdelavo kalupa. Po zamreženju gumo snamemo s predmeta in počakamo, da izhlapi še topilo, nato pa izdelamo odlitek. Dobro je, da pred samo izdelavo naredimo preizkus s količino topila, da ugotovimo, koliko je masa prenese in za koliko se kalup po sušenju topila zmanjša, se pri tem morda pri dani obliki kalupa deformira ipd. Za bolj kontrolirane povečave ali pomanjšave pa je seveda veliko bolj primerna tehnika izdelave kopij s 3D-skeniranjem, pri kateri velikost 3D-modela (ter s tem kopije oz. tiska) v eno ali drugo smer hitro spremenimo z le nekaj kliki z miško.

Kalupi iz silikonske gume so različno odporni proti staranju. Nekatere silikonske gume (predvsem starejši tipi) se po nekaj letih lahko skrčijo in deformirajo ali izločajo silikonska olja in tako postanejo neuporabni. Spet druge sčasoma postanejo krhke in se hitro strgajo. Take lahko »osvežimo« tako, da jih nekaj ur ali čez noč segrevamo v pečici pri ok. 50 °C. Enostavna metoda za daljše hranjenje je, da v kalup odlijemo mavec in ga pustimo v njem. To preprečuje prevelike deformacije

<sup>5</sup> Tiksotropija je pojav pri visoko viskoznih tekočinah, ki so ob statičnih pogojih zelo goste ali v stanju gela, ob mešanju ali stresanju pa postanejo tekoče.



*Slika 4: Srebrna olimpijska medalja Rudolfa Coetka iz Stockholma iz leta 1912 (hrani Narodni muzej Slovenije) s sprednje in zadnje strani ter enostranska odlitka obeh strani v mavcu (zgoraj levo); s pomočjo silikona v dveh postopkih (vsakič približno za 60 %) povečani mavčni odtisi (zgoraj v sredini in desno); enostranski bakreni galvanoplastični kopiji povečane medalje (spodaj desno) ter posrebrjene in kemično patinirane galvanoplastične enostranske kopije v naravni in obeh povečanih velikostih.*

kalupa, prednost postopka pa je tudi v tem, da če se po daljšem času vseeno pojavijo (prevelike, nepopravljive) poškodbe kalupa, ni treba znova »trpinčiti« originala, pač pa lahko po tem mavčnem odlitku enostavno naredimo nov kalup.

Razen pri zelo enostavnih (manjših) primerih, ko je kalup iz silikonske gume samozadosten (samostojec) in kot tak že sam po sebi primeren za odlivanje oz. izdelavo kopije, moramo v večini primerov

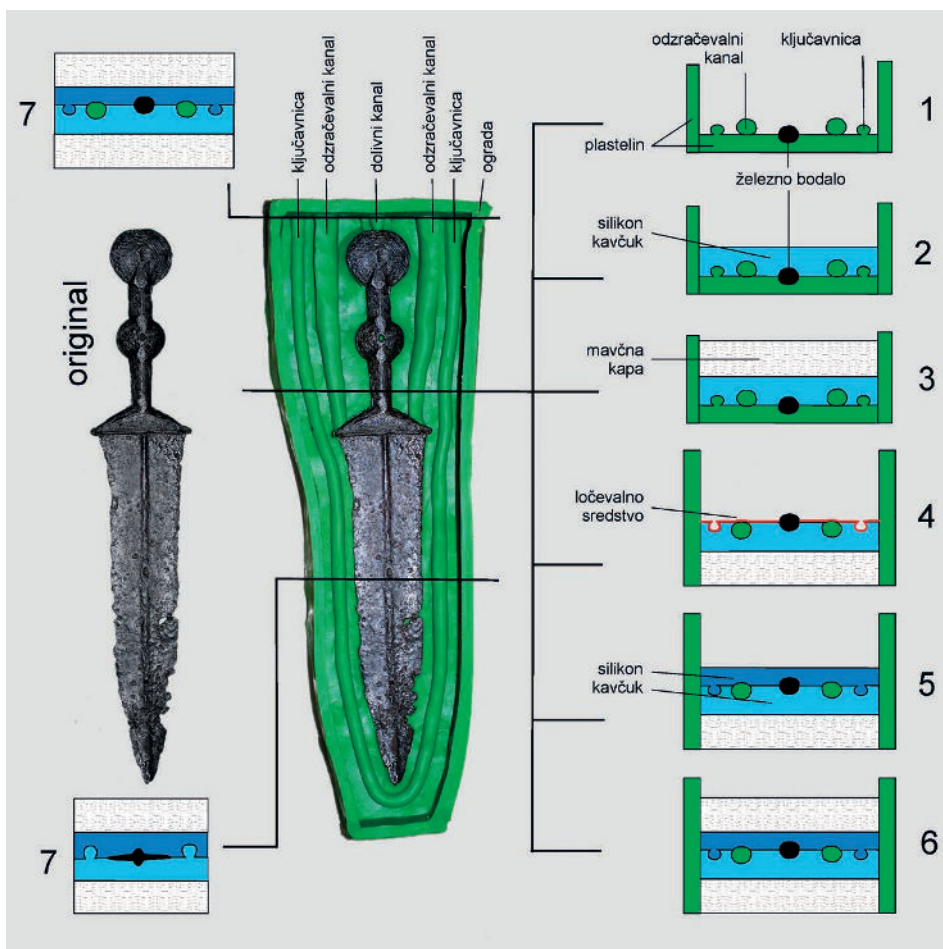
izdelati še podporo ali kapo, ki bo mehko in upogljivo gumo držala na svojem mestu. V ta namen uporabimo armirani mavec ali kateri drug material, ki ga sicer lahko uporabimo tudi za izdelavo kopije, npr. armirane epoksidne smole, poliester, poliuretan in podobne materiale. Mavec je enostaven za delo, armirane umetne mase pa so veliko tanjše in lažje in zato primernejše za izdelavo večjih kalupov. Pri vseh

pa moramo paziti, da nimamo negativnih kotov in da lahko kapo po dokončanju enostavno snamemo. Pri bolj zapletenih oblikah predmetov je prav zaradi tega običajno treba izdelati dvo-, včasih tudi večdelno kapo. Ta mora biti obenem oblikovana tako, da gumo med ulivanjem odlitka drži na svojem mestu. Na to moramo misliti že pri oblikovanju in nanašanju mase; običajno izdelamo posebne »ključavnice«, tj. oblike, ki se ujamejo v kapo in preprečujejo premikanje gume v njej, hkrati pa so kape z gume lahko snemljive (sliki 5 a, b).

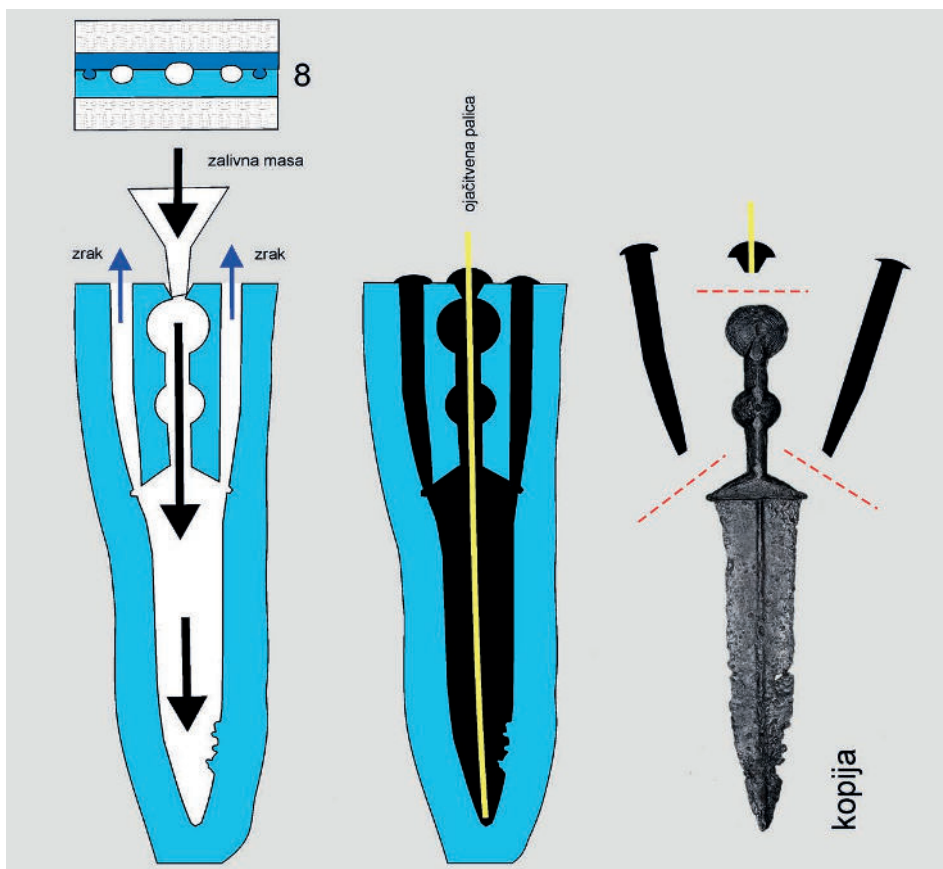
Pri velikih predmetih ali predmetih, za katere predvidevamo veliko število odlitkov, je priporočljivo z armaturo povečati odpornost gume proti pretrganju. V ta namen je najbolje uporabiti mehko fleksibilno mrežo, ki jo z lahkoto prilagodimo obliki kalupa (denimo gaza ali del stare zavese). Ker se v mreži lahko zadrži kakšen mehurček zraka, armature ne vdelamo direktno na predmet, temveč jo postavimo na že strjeno prvo ali drugo plast gume. Zaradi lažjega odstranjevanja kape moramo mrežico površinsko primerno zagladiti, da se mehansko ne sprime s kapo. Pri nekoliko trših mrežicah je zaradi tega včasih treba dodati še eno plast gume (slike 6 a-h).

Če je treba silikonski kalup izdelati zelo na hitro, lahko uporabimo tudi posebej za to prirejeno pištolo za silikon, ki iz ločenih tub istočasno iztiska in meša dokaj tekoč dvokomponentni silikon. Ta je prirejen tako, da reakcija zamreženja poteka izredno hitro, saj se to pri sobni temperaturi zgodi že v 20 do 25 sekundah, snamemo pa ga lahko že po 5 do 10 minutah. Odlivamo lahko praktično takoj, bolje pa je, da počakamo vsaj kako uro, da se kavčuk popolnoma zamreži.





**Slika 5a:** Prikaz izdelave dvodelnega kalupa za odlivanje kopije železnega bodala iz epoksidne smole. Površinsko zaščiteno bodalo položimo na plast zvaljanega plastelina. Robove izdelamo tako, da se natančno prilegajo originalu (da tekoč silikonski kavčuk ne zateče pod predmet), ob straneh dodamo svitek iz plastelina kot ključavnico za prileganje obeh delov kalupa, odzračevalna kanala ter ograje (1). Nalijemo tenko plast silikonskega kavčuka in odzračimo mehurčke zraka s površine, nato predmet v celoti zalijemo z gumo (2). Ko se ta strdi, nanjo vlijemo mavec (3), ki bo služil za oporo kalupa v pokončnem položaju (3). En del kalupa je tako gotov. Vse skupaj obrnemo in (z izjemo odzračevalnih kanalov) odstranimo plastelin ter prestavimo stranske ograje. Silikon premažemo z ločevalnim sredstvom, da obe strani kalupa kasneje lahko ločimo (4). Ponovimo postopek s prejšnje strani, dolijemo silikonsko gumo in nato mavec (5,6). Odstranimo ograje (7) in razstavimo kalup ter ga pripravimo za odlivanje.



**Slika 5b:** Prikaz izdelave odlitka. Kalup obarvamo s pigmentom v prahu, potem ga sestavimo in postavimo pokonci ter oba dela spnemo z debelejšo elastiko. Počasi dolivamo zalivno maso (epoksidna smola s polnilom), masi pustimo dovolj časa, da se odzračijo morebitni mehurčki, ter dodamo ojačitveno kovinsko palico. Ta ojača odlitek in prepreči, da bi se epoksidna smola (kopija) ob morebitni izpostavljenosti toploti kasneje zvijala ali deformirala. Ko se smola strdi, kalup razstavimo, odstranimo (odbrusimo) dolivni kanal in odzračevalna kanala ter kopijo po potrebi dodatno patiniramo.





*Slika 6a: Nagrobnik Ivana Kacijanarja (1491–1539), vzidan v steno cerkve v Gornjem Gradu.*



*Slika 6b: Izdelava kalupa: priprava delovišča, zaščita stene in tal ter zaščita spomenika s polivinil alkoholnim lakom*



*Slika 6c: Izdelava kalupa: nanos proe plasti silikonskega kavčuka*



*Slika 6d: Izdelava kalupa: nanos druge, s tanko poliestrsko armaturno mrežico (stare zavese) ojačane plasti silikonskega kavčuka. Zaradi kontrole debeline je bila guma obarvana z zelenim pigmentom.*



*Slika 6e: Izdelava kalupa: nanos tretje plasti silikonskega kavčuka, s katero so se zagladili morebitni nezapolnjeni deli armature in odpravili negativni koti pred izdelavo kape. Za odpravo večjih negativnih kotov so bili med drugo in tretjo plast gume lokalno vstavljeni deli mehke poliuretanske pene.*



*Slika 6f: Izdelava kalupa: izdelava kape iz obarvane poliestrske smole z dodatkom kalcitne moke in ok. 160 g steklene tkanine. Za dodatno ojačanje in trdnost ter odpornost proti zvižanju so bile v kapo vdelane 2 x 3 cm velike aluminijaste profilne palice. Vogalna robova zgoraj sta bila zaradi lažje odstranitve kape izdelana tako, da so zgornji in oba stranska dela povezani z vijaki in razmakljivi.*





*Slika 6g: Izdelava kalupa: po odstranitvi kalupa je sledilo odstranjevanje vodotopnega zaščitnega laka in vrnitev originala in prostora v prvotno stanje.*



*Slika 6h: Iz poliestra in kamnitega polnila izdelana kopija nagrobnika. Notranjost je ojačana z aluminijastimi profili in zaradi zmanjšanja teže večinoma zapolnjena s stiroporom. Hrani Narodni muzej Slovenije.*

### **Oblika kalupa**

Na to, kako pripraviti in oblikovati kalup, vpliva veliko dejavnikov. Najprej so to materialne in oblikovne značilnosti originala, lastnosti materiala (materialov), iz katerega bo izdelan kalup, in na koncu lastnosti materiala (materialov), iz katerega bo izdelana kopija (odlitek). Vse troje je treba imeti v mislih, ko načrtujemo delo in izbiramo primerno tehniko in način izdelave kopije. Kadar je oblika prezahtevna za enodelni kalup, izdelamo dvo- ali večdelnega. Kadar to ne zadošča, je morda treba izdelati več kalupov in posamezne dele pozneje sestaviti v celoto. Obliko kalupa je treba prilagoditi tudi, če odlivamo zelo redek ali zelo gost material ali če so oblike originala take, da bi pri odlivanju nastali »žepi«, v katerih bi se nabiral zrak ter tako preprečil dostop zalivni masi in povzročil luknje v odlitku. V takih primerih

bi posledično deli ostali nezaliti, zato moramo razmisliti, ali to lahko rešimo samo z obliko kalupa, z drugačno izbiro tehnologije (vakuum) ali morda enostavno z ustreznim oblikovanjem dolivnih in posebnih odzračevalnih kanalov, po katerih bo med dolivanjem mase v kalup zrak prosto izhajal. Vsekakor je zelo koristno, če si vse faze in postopke izdelave kopije poskušamo zamisliti že od samega začetka. Predvsem pa moramo vsakič znova zelo dobro razmisliti, kje bi lahko nastale težave. Tako si lahko prihranimo ogromno časa in slabe volje. Pogosto smo namreč ujetniki navade in izmed številnih materialnih in tehnoloških možnosti izdelave ne izberemo vedno najprimernejše, temveč enostavno tisto, ki smo je najbolj vajeni.

### **3. Izdelava odlitka**

Tudi za izdelavo kopij – odlitkov imamo danes na voljo celo vrsto

materialov. Izbiramo lahko med mineralnimi ali sintetičnimi materiali. Med prvimi so najbolj razširjeni **glina**, **mavec** in **cement**, med sintetičnimi pa **poliestrske**, **poliuretanske** in **epoksidne** smole. Same po sebi so odlična lepila, ki pa v čisti obliki za kopistiko večinoma niso najbolj primerne. Z dodanimi polnili, pigmenti, ojačitvami in armaturami pa z njimi lahko naredimo skoraj vse, kar si lahko zamislimo.

#### **Glina<sup>6</sup>**

Glina in izdelki iz nje spremljajo človeka že od najstarejših časov. V naravi je zelo pogosta, nastaja pa s preperevanjem magmatskih kamnin, ki vsebujejo veliko glinencev (granit, gnajs ...), ali kot usedline teh delcev, ki

<sup>6</sup> Splošno o keramiki in obdelavi gline glej Priročnik 2/3 (Keramika).



jih je s prvotnih ležišč nanesa voda. V osnovi gre za blato zelo drobnih delcev (manjših od 0,002 mm) iz mešanice preperelih natrijevih, kalcijevih in kalijevih aluminosilikatov ter različnih primesi, od kremenca in apnenca do najrazličnejših kovinskih oksidov in raznih organskih spojin. Prav te primesi dajo glini njeno značilno barvo. Za rdečkasto rjave ali oker tone je večinoma odgovoren železov(III) oksid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ki po (oksidacijskem) žganju v keramiko spremenjeno glino obarva značilno rdeče. Če glina vsebuje veliko peska, se imenuje ilovica. Pomembnejši glineni minerali so kaolinit, montmorijonit, ilit, vermikulit in klorit. Najbolj plastična sestavina glin je montmorijonit ( $(\frac{1}{2} \text{CaNa})_{0,25-0,6} \text{AlMg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n \times \text{H}_2\text{O}$ ), najbolj toga pa kaolinit ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), ki je osnovna sestavina porcelanskih glin.

Najbolj značilna in uporabna lastnost glin je njena plastičnost. Ko glino pomešamo z vodo, dobimo gnetljivo maso, ki jo lahko poljubno oblikujemo, izdelki pa tudi po sušenju (žganju) ohranijo svojo obliko. Prav zaradi teh njenih lastnosti lahko danes še vedno občudujemo izdelke človeških rok, ki so nastali včeraj ali pred več (deset) tisoč leti in zaradi česar jo še danes, kljub obilici sodobnih materialov, še vedno lahko uporabljamo tudi v kopistiki. Razen če želimo prav posebne lastnosti, se nam z njeno pripravo ni treba ukvarjati. Kupimo lahko že celo vrsto (pred)pripravljenih glin, tako zamešanih z vodo kot v prahu. Po sestavi ali glede na namen uporabe so to lahko navadne, kaolinske, laporaste, šamotne, skrilaste, sljudaste, bentonitne ter keramične, lončarske ali kiparske glin. Zelo pomemben element, ki ga moramo pri izdelavi kopij (oz. kakršnih koli izdelkov) iz glin upoštevati, je to, da se tako

ob sušenju kot ob žganju glina precej skrči, predmet pa pomanjša. Kolikšen je ta odstotek, je odvisno od vrste glin in dodatkov, zato je najbolje, da z glino, s katero delamo, to praktično preverimo. Če so skrčki preveliki, jih lahko z določenimi polnili in dodatki tudi zmanjšamo. Zaradi enakomernejšega sušenja je pri glinenih odtisih pomembno tudi, da so ti čim bolj enakomerno debeli, saj se v nasprotnem primeru pri sušenju (ali žganju) lahko pojavijo deformacije in pokanje. Enakomernost debeline lahko zagotovimo tako, da zvaljamo primerno debelo glineno ploščo in jo odtisnemo v kalup. Komplicirane predmete (figure z okončinami, posode z ročaji ...) lahko naredimo tudi s sestavljanjem in lepljenjem več posameznih odtisov v celoto.

Glino lahko v kalup tudi vlivamo. Praktično je postopek postal mogoč šele v 19. stoletju, ko so odkrili, da z dodatkom pepelike (kalijev karbonat,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) glino lahko utekočinimo tudi brez pretiranega dodajanja vode, s čimer se izognemo velikim skrčkom in pokanju izdelkov. Glino z dodanim sredstvom za utekočinjenje vlivamo v (običajno večdelne) mavčne kalupe tako, da jih najprej v celoti napolnimo z redko glineno kašo. Ob stiku z mavcem ta vodo odvzema,

zato se ob stenah kalupa glina začne strjevati. Ko je strjena plast dovolj debela (odvisno od velikosti odlitka in naših želja, običajno je dovolj že od 3 do 6 mm), glino s sredine, kjer je še tekoča, previdno izlijemo iz kalupa. Ker je plast tanka, se začne še hitreje sušiti in strjevati in postopoma odstopati od kalupa. Ko se ne seseda več, lahko odlitek vzamemo iz kalupa in ga pustimo, da se počasi do konca posuši. Na primerno posušene izdelke lahko, tako kot pri glini nasploh, dolepimo dele, ki smo jih oblikovali (odlili) posebej. Za lepilo lahko uporabimo kar tekočo glino za ulivanje. Iste kalupe lahko po sušenju velikokrat ponovno uporabimo, seveda pa je priporočljivo uporabljati mavce, ki so dovolj močni in odporni oz. posebej prilagojeni za ta namen.

Kopije iz glin lahko oblikujemo tudi klasično, s pomočjo lončarskega vretena in (ali) šablon.

### Mavec

Uporaba kakovostnega mavca je pri izdelavi odlitka še bolj pomembna kot pri izdelavi kalupa ali kape zanj (slika 7). Pozorni moramo biti ne le na že povedano, pač pa tudi na to, da bomo mavčni odlitek po strjevanju lahko enostavno vzeli iz kalupa. Če je ta izdelan iz mavca, ne



Slika 7: V enodelnem kalupu izdelana kopija pečnice. Levo original, desno z akrilnimi barvami obarvana mavčna kopija.

sme imeti negativnih kotov (razen če gre za večdelni kalup), poleg tega pa moramo uporabiti ločevalno sredstvo. Če uporabljamo sveže ulit mavčni kalup, ga najprej namočimo in s čopičem na debelo namažemo z milnico (uporabimo nevtralno milo). Po nekaj minutah višek milnice s površine speremo in takoj ulijemo pozitiv. Če z ulivanjem čakamo predolgo, se nam kalup delno lahko že posuši. Na teh mestih bo iz porozne površine kalupa izhajal zrak, to pa bo povzročilo drobno luknjasto površino odlitka. Če je mavčni kalup že suh, je priprava nekoliko drugačna. V tem primeru moramo površino najprej premazati s sredstvom, ki ne prepušča vode, denimo z razredčenim šelakom ali kakim drugim lakom. Tako nasičeno površino nato na rahlo premažemo z milnico, ki ji lahko dodamo kapljico olja. Pazimo, da odstranimo morebitne mehurčke in da premažemo vse dele kalupa, nato pa vanj vlijemo mavčno kašo, dokler je milnica še mokra. Pri suhih mavčnih kalupih lahko uporabimo tudi druge vrste ločevalnih sredstev, ki dobro zaprejo porozno površino mavca. Primerni so razni vošчени premazi in paste, ki jih lahko zamešamo sami ali pa kupimo že pripravljene. Površina kalupa v tem primeru postane vodoodbojna, podobno kot pri kalupih iz silikonskega kavčuka, zato moramo biti na to pri mavcu (in materialih, ki jih zamešamo z vodo) pri vlivanju še posebej pozorni. Zaradi vodoodbojnosti silikona namreč na površini lahko ostanejo številni mehurčki, ki jih mavčna masa ne zalije in na odlitku posledično namesto lepe gladke površine nastanejo številne drobne luknjice. Pojav lahko do neke mere omilimo z zmanjšanjem površinske napetosti, in sicer tako, da v vodo za mavec dodamo majhno količino milnice.

Lepši oprijem mavca dosežemo tudi tako, da površino silikonskega kalupa premažemo oz. s čopičem vanjo vtremo fino zmleti smukec. Višek stresemo ven ali izpihamo. Če čistega smukca nimamo pri roki, lahko v ta namen uporabimo tudi navaden otroški puder.

Pri manjših predmetih lahko izdelamo polne odlitke. V tem primeru mavčno kašo v enakomernem curku počasi vlivamo v kalup, vedno na istem mestu in tako, da ne nastanejo žepki zraka, ki bi preprečili dostop mavcu. Večje predmete vlivamo votle. Vedno pripravimo toliko mavčne kaše, da z njo v prvem sloju prekrijemo vso površino kalupa. Višek izlijemo in postopek ponavljamo, dokler ne dosežemo želene (potrebne) debeline izdelka. Maso lahko zamešamo večkrat, paziti pa moramo, da novo plast vlijemo, še preden se spodnja začne segrevati, v nasprotnem primeru bo povezava med posameznimi plastmi šibka in pojavi se lahko plastenje končnega izdelka. Če se mavec že začne segrevati, delo nadaljujemo, ko se ohladi. Večje kopije lahko izdelamo v več kalupih, posamezne odlitke pa nato z mavcem in ustreznim armiranjem sestavimo v celoto.

### **Cement**

Ob omembi izraza cement ali beton večinoma pomislimo na siv gradbeni material v povezavi z arhitekturo ali gradbeništvom, ne pa na nekaj, kar bi lahko uporabili pri izdelavi (muzejskih) kopij. Običajen gradbeni cement za to resda ni najbolj primeren, če pa za osnovo vzamemo kakovosten cement brez prevelike količine soli in mu dodamo ustrezne akrilne ali druge smole in polnila, pa ni več tako. Z dodanimi armaturnimi mrežami ali jeklenimi, polipropilenskimi ali

steklenimi vlakni (steklocement) lahko dobimo izredno trdne, tanke, relativno lahke in proti vremenskim vplivom zelo odporne materiale (izdelke).

### **Poliestrške smole**

Poliestrška smola je ime za celo družino najrazličnejših polimerov, ki vsebujejo ponavljajoče se estrske skupine v glavni verigi. Med najbolj znanimi poliestrskimi smolami je termoplastični polietilen tereftalat (PET), ki se uporablja za izdelavo vlaken in embalaže (plastenke), ki jo je mogoče reciklirati. V kopistiki, kiparstvu, modelarstvu in na številnih drugih področjih se predvsem uporabljajo brezbarvne tekoče nenasičene smole, pri katerih kemijsko reakcijo dosežemo s posebnimi trdilci (katalizator, pospeševalec). Med potekom zamreženja se sprošča značilen in nezgrešljiv vonj po poliestru. S primerno količino enega in drugega (običajno od 1 do 3 %) lahko v danih pogojih (predvsem pri določeni vlagi in temperaturi) dokaj natančno izbiramo oz. določamo odprti čas (ok. 20 min.) in čas strjevanja (ok. 1 ure ali manj). Idealna delovna temperatura je ok. 20 °C. Zelo nizke temperature, 5 °C ali manj, za delo niso primerne, saj se čas reakcije in strjevanja zelo podaljša in je delo praktično onemogočeno. Enako neprimerne so visoke temperature. Nad 30 ali 40 °C se lahko kljub zelo majhni količini trdilca odprti čas tako skrajša, da se nam masa začne strjevati že med samo pripravo. Reakcija strjevanja je tudi sicer zelo eksotermna<sup>7</sup>, zaradi česar lahko v enem sloju tudi pri optimalni temperaturi nanesejo relativno le dokaj tenko plast smole (odvisno tudi od dodatkov in polnil). Če pretiravamo pri debelini (dovolj je že centimeter ali dva), se smola lahko tako segreje, da se odlitek

7 Eksotermna reakcija je kemijska reakcija, pri kateri se sprošča toplota.



močno deformira, razpoka ali pa se lahko celo vžge. Tudi sicer moramo v danih razmerah ujeti pravo hitrost strjevanja, ki predvsem ne sme biti prevelika. Pri velikih, ravnih površinah se namreč kljub armaturi lahko pojavita večje krivljenje in deformacija oblike, če se zaradi (pre) hitre kemijske reakcije temperatura (preveč) poveča. Iz tega razloga in ker je sama po sebi dokaj krhka in se hitro zlomi, je smola v čisti obliki primerna bolj za ulivanje manjših in tanjših predmetov.

Glede na videz, težo in druge zelene značilnosti končnega odlitka lahko v poliestrske smole dodajamo celo vrsto polnil in barvil. Take mešanice lahko zelo dobro vlivamo v silikonske kalupe. Ker se na površino ne zalepijo zelo močno, lahko iz dobro pripravljenih kalupov izdelamo veliko število odlitkov, tudi 100 ali več.

### ***Epoksidne smole***

Tudi pri epoksidnih smolah imamo opravka s celo družino polimerov. Prve epoksidne smole so odkrili v tridesetih letih prejšnjega stoletja in od tedaj dalje se uporabljajo na številnih področjih (kot lepila, laki, laminirne smole, kalupi ...). Že kmalu po odkritju so jih uporabili tudi v restavracijah za utrjevanje kamna. Pri strjevanju nimajo izrazitega vonja, je pa pri delu z njimi prav tako potrebno prezračevanje. Same smole običajno sicer niso toksične, lahko pa so toksični (kancerogeni) utrjevalci. Na trgu je cela vrsta epoksidnih smol z različnimi imeni in lastnostmi. V čisti obliki so brezbarvne tekočine z različno viskoznostjo (kot voda, olje ali med), lahko so dvokomponentne ali nastopajo v kompletu kot smola in trdilec. Večinoma jih zamešamo tik pred uporabo, pri čemer moramo paziti, da se natančno držimo navodil glede razmerja obeh komponent. To lahko določimo volumsko z dozatorji ali utežno

s tehtnico. Za manjše količine so najboljše (laboratorijske) tehtnice z možnostjo tehtanja od 3 do 5 kg (da lahko tehtamo tudi smole z že dodanim polnilom) in natančnostjo na desetinko grama. Če je ene komponente preveč (smole), kemijska reakcija zamreženja ne bo potekla v celoti, material pa bo ostal lepljiv. Odprti časi epoksidnih smol, ki jih največ uporabljamo za kopistiko, so, odvisno od vrste, zelo različni, od le nekaj minut do pol ure ali nekaj ur, časi strjevanja pa od nekaj ur do dneva ali dveh (običajno deklarirano za 20 °C in 50 % RH). Podobno kot pri poliestrih (čeprav ne tako izrazito) moramo tudi pri epoksidnih smolah paziti, da zaradi segrevanja smole pri strjevanju ne vlivamo predebelih polnih izdelkov naenkrat. Kemijska reakcija zamreženja oz. strjevanja je zelo odvisna od temperature, pri kateri poteka. Medtem ko številne epoksidne smole za potek reakcije strjevanja zahtevajo dokaj visoke temperature (150 ali celo 200 °C), v kopistiki večinoma uporabljamo take, pri katerih postopek strjevanja poteka že pri sobni temperaturi. Tudi pri teh pa zvišanje temperature reakcijo zelo pospeši. Z višanjem temperature smola postaja vse bolj tekoča in pri 80 ali 90 °C lahko reakcija traja le še 10 ali 20 minut namesto 24 ur, kot bi to bilo pri sobni temperaturi. Tudi že strjene smole se pri povišanih temperaturah zmečajo in postanejo upogljive. Nižje temperature strjevanje močno upočasnijo in delo pri nizkih temperaturah (pod 5 °C) ni priporočljivo. Če se temu ne moremo izogniti, si lahko pomagamo z močnejšimi feni ali grelnimi pištolami.

Epoksidne smole same po sebi nimajo pretirano dobrih mehanskih lastnosti. So dokaj krhke in mehke, zato jih v čisti obliki za izdelavo kopij uporabljamo zelo redko. V primerjavi s poliestrom pa so

precej močnejša lepila in prenesejo celo vrsto polnil, barvil, armatur in drugih dodatkov, s katerimi jim znatno izboljšamo lastnosti in jih odlično prilagodimo celi vrsti zahtev. Zaradi tega so na področju kopistike postale eden najuporabnejših materialov. Iz njih izdelane kopije so mehansko zelo trdne in odporne proti vlagi in najrazličnejšim drugim vplivom iz okolja. So pa epoksidne smole po pravilu (z redkimi izjemami) dokaj občutljive na UV-svetlobo, na kateri že v relativno kratkem času površinsko porumenijo in potemnjijo. Če so kopije izdelane ali jih hranimo v notranjosti, potem to niti ni tako pomembno, če so zunaj in močno izpostavljene soncu in UV-svetlobi, pa to ni zanemarljivo. V takih primerih občutljivost lahko zmanjšamo s površinskimi premazi ali z dodatki, ki absorbirajo UV-žarke, npr. s pigmentom (titanova bela).

Za izdelavo odlitkov so zelo primerni silikonski kalupi, ker pa se epoksidne smole s površino silikona sprimejo precej bolj kot poliestri, lahko iz enega kalupa ulijemo le omejeno število odlitkov, običajno 5 do 10. Za večje število moramo uporabiti ločevalno sredstvo (denimo na voščeni osnovi), kar pa omeji možnosti patiniranja direktno na kalupu.

### ***Poliuretanske smole***

Poliuretanske smole so bile odkrite v tridesetih letih prejšnjega stoletja in podobno kot poliestrske in epoksidne smole spadajo v skupino reakcijskih polimerov. Gre za veliko družino po lastnostih zelo raznolikih materialov, ki so izjemno uporabni pri izdelavi kopij. Izbiramo lahko med poliuretanskimi penami, ki ekspandirajo in po končani reakciji ostanejo mehke ali pa se strdijo v izjemno lahek material, ki je (armiran) lahko tudi konstrukcijsko

zelo močan. To je še posebej zaželeno lastnost pri velikih kopijah, kjer je teža pomemben dejavnik.

Kadar ima poliuretanska pena omejen prostor ekspandiranja (zaprt kalup), postane gostejša in močnejša (podobno kot pri stiroporu). Nekateri poliuretani ne polimerizirajo v pene, temveč v bolj ali manj trdne (elastične) kompaktne gume. Kupimo lahko dvo- ali večkomponentne sisteme. Površinsko trdoto, trdnost, elastičnost, videz in druge značilnosti končnih izdelkov (kopij) lahko kontroliramo (določamo) z različnimi razmerji posameznih komponent in (ali) z različnimi dodatki (polnila, armature, barvila). Take smole so še posebej primerne denimo za izdelavo (človeških) lutk ali delov telesa (roke, noge, obrazi). Poliuretanske smole lahko odlivamo v različnih kalupih. Silikonski kalupi so v večini primerov zelo primerna izbira, kot pri epoksidnih smolah pa je tudi pri poliuretanih za večje število odlitkov iz istega kalupa priporočljiva uporaba primernih ločevalnih sredstev.

Na trgu lahko kupimo tudi plošče iz trde poliuretanske pene. So različnih velikosti in debelin z različno gostoto in trdoto. V osnovi so izdelane za izdelavo prototipov, zato so zelo primerne za izdelavo kopij po 3D-modelih na CNC-rezkalnih strojih.

### *Armiranje smol*

Razen zelo majhnih ali posebnih odlitkov moramo praktično vse izdelke iz poliestrskih, epoksidnih in drugih podobnih smol armirati. S tem dosežemo bistveno izboljšanje mehanskih lastnosti, predvsem trdnosti in odpornosti proti lomu, izdelki pa so zaradi tega lahko veliko tanjši in lažji. Glede na obliko, namen ali zahtevane tehnične lastnosti končnega izdelka lahko izbiramo med steklenimi, karbonskimi, dralonskimi,

aramidnimi, polipropilenskimi ali kakimi drugimi vlakni ali mrežami. Naravna vlakna in tekstili, kot so juta, gaza ali lan, za ta namen niso najbolj primerni. Običajen način armiranja poliestra in drugih smol je armiranje z vlakni v obliki različnih pletenin. Velika izbira je med najbolj uporabljanimi steklenimi tkaninami, ki so običajno tudi cenovno najugodnejše. Označene so po teži na m<sup>2</sup>. Za manjše, površinsko bolj razvejane predmete z več podrobnostmi uporabimo tanke in upogljive pletene tkanine (50 do 100 g/m<sup>2</sup>), za bolj ravne in večje predmete pa bolj debele z višjo gramaturo (160 do 400 g/m<sup>2</sup>). Močno armaturo dobimo z uporabo mate. Ta je podobno dvodimenzionalna, le da so v njej le do nekaj cm dolga steklena vlakna, naključno medsebojno prepletena v različnih smereh. Armiramo lahko tudi tako, da v smolo zamešamo že pripravljena nasekana raztresena vlakna. Največkrat so to od nekaj milimetrov do centimetra ali dveh dolga steklena, karbonska, dralonska, polipropilenska ali druga vlakna.

### **4. Polnila**

Polnila lahko dodajamo različnim materialom, običajno pa z njimi izboljšamo lastnosti plastičnim masam, v našem primeru predvsem trem omenjenim sintetičnim smolam (ki so v bistvu lahko tudi različno močna lepila). S polnili glede na potrebe po želji spreminjamo težo, trdoto, trdnost, videz in druge lastnosti materialov oz. odlitkov, obenem pa tudi zmanjšamo porabo osnovnega materiala.

### *Zdrobljene in zmlete kamnine*

Zdrobljene oz. zmlete kamnine so med najbolj pogostimi polnili tako zaradi svojih lastnosti kot tudi nizke cene. Splošno uporabna je kalcitna moka oz. zmlat apnenec

(sedimentna kamnina, pretežno iz kalcita oz. kalcijevega karbonata (CaCO<sub>3</sub>) in v manjši meri iz dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Je dokaj nevtralen material, lahko ga uporabljamo samega ali v kombinaciji z drugimi polnili. Namesto kalcitne moke lahko uporabimo tudi kremenovo moko oz. zdrobljen kremen (SiO<sub>2</sub>) ali zdrobljen silikatni peščenec. Če želimo večjo gostoto odlitka, kot polnilo izberemo moko iz težca ali barita (barijev sulfat oz. BaSO<sub>4</sub>). Kadar kopiramo kamnite predmete (kipe, nagrobnike, napisne plošče ipd.) in želimo bolj realističen videz in strukturo površine, lahko v smolo zamešamo tudi bolj grobo mleto kamnino, po možnosti iz iste kamnine, kot je original. Če jo lahko pridobimo in imamo mlin, jo iz manjših kosov lahko zmeljemo sami, v večini primerov pa lahko vsaj približno podobno kamnino tudi kupimo. Marmorje in nekatere druge okrasne kamne dobimo v številnih barvnih odtenkih in granulacijah oz. velikostih kristalov. Za večje volumne lahko uporabimo bolj grob granulat (5 mm ali več), sicer pa je zaradi boljšega zalivanja (sploh pri predmetih z manjšimi podrobnostmi) priporočljivo (vsaj površinsko) uporabiti bolj finega (1 mm in manj). Enako kot pri betonih tudi pri smolah najboljše lastnosti odlitka (trdnost) dosežemo, če je plast smole med delci polnila čim tanjša. To dosežemo tako, da v mešanici s smolo uporabimo različne granulate, tako da manjši delci čim bolj zapolnijo praznine med večjimi. V proizvodnji betona obstajajo za ta namen posebna pomagala (formule oz. grafi), s pomočjo katerih glede na določen namen (trdnost, teža ali druge značilnosti ...) lahko izračunamo distribucijo oz. razmerje posameznega agregata v mešanici. V kopistiki tako natančno določenih končnih lastnosti praviloma ne potrebujemo, v večini primerov zato zadostuje že približna ocena, koliko



finega, srednje grobega in grobega granulata bomo zamešali v smolo.

Glede na videz in (ali) druge lastnosti lahko v smolo zamešamo tudi že pripravljene mešanice raznobarvnega zdrobljenega kamna ali katera druga mineralna polnila, kot so različne vrste krede, raznobarvne zdrobljene svetleče sljude (muskovit), aluminijev oksid v prahu (za zelo trde odlitke) in celo vrsto pigmentov za obarvanje. Kjer sta potrebni obstojnost in odpornost, izbiramo predvsem med kovinskimi oksidi, ne pa med sintetičnimi pigmenti, ki na UV-žarke niso obstojni. Pozorni moramo biti tudi na to, da nekateri pigmenti ali drugi dodatki lahko vsebujejo tudi snovi (spojine), ki kemično reagirajo s smolo, v katero jih dodajamo (delujejo kot katalizator, pospeševalec ali zaviralec reakcij zamreženja).

### ***Steklo in sorodna polnila***

Zelo primeren material za mešanje v umetne smole, še posebej epoksidne, je steklo. Kot polnilo ga lahko uporabimo v obliki kratko razrezanih vlaken (povečanje trdnosti in izboljšanje drugih mehanskih lastnosti), zmlatega v prahu (prosojnost odlitka) ter v obliki votlih mikro (zmanjšanje teže) in polnih mini kroglic (gosta in močna, vendar lepo tekoča smola). Zelo podobni (penjeni) in izjemno lahki materiali so nekatera keramična ali silikatna (steklena) polnila, ki se večinoma uporabljajo kot dodatki v fasadnih ometih, betonih in drugih zalivnih masah v gradbeništvu. Dobimo jih v različnih granulacijah, od finih (0,5 do 1 mm ali 1 do 2 mm) do bolj grobih (2 do 4 mm) in relativno zelo velikih delcev (8 do 16 mm).

### ***Kovinska polnila***

Za doseganje velike mase (teže) in (ali) kovinskega videza kopij v umetne smole (poliester, predvsem

pa epoksi ali tudi poliuretan) kot polnilo dodamo zdrobljene kovine (aluminij, baker, cink, kositer, bron, železo), ki jih lahko dobimo v različno (grobo) zmletih granulacijah in bronzah ali pa so bronze že zamešane v epoksidno smolo, ki jo pred uporabo le še zmešamo s trdilcem.

### ***Druga polnila, dodatki in priprava mešanic***

V plastične mase lahko zamešamo tudi številne druge snovi, ki imajo določene zaželene lastnosti za naš namen in videz kopiranja. To so lahko celulozna vlakna, žaganje iz različnih vrst lesa, določene vrste zmlate plastike, zmlate školjke ali druge lupine in drugo.

Poleg polnil lahko v umetne smole dodajamo tudi snovi, ki jim spremenijo kemične ali mehanske lastnosti, osnovno smolo npr. razredčijo ali zgostijo (želirajo), spremenijo pH, električno prevodnost ali katero drugo značilnost. Večje kopije (odlitke), ki smo jih zaradi zmanjšanja teže in ekonomične uporabe materiala izdelali votle, je treba dodatno mehansko utrditi. To lahko storimo z armiranimi rebri (iz enake smole kot odlitek), s katerimi med seboj povežemo zunanje stene. Vmesne prostore lahko pustimo prazne ali jih napolnimo s kakim lahkim polnilom ali s poliuretansko peno. Namesto ali poleg reber lahko vgradimo tudi kovinske konstrukcijske elemente, kot so palice, cevi ali profili določenih oblik, ki jih za še večjo trdnost z varjenjem, vijačenjem ali enostavno z armirano smolo predhodno medsebojno tudi spojimo. Mislimo moramo tudi na elemente, s katerimi kopijo pritrdimo na steno ali v tla, če je to potrebno. V notranjosti odlitka lahko uporabimo navadno ali pocinkano železo ali profile iz aluminija. Slednji sicer niso tako močni kot železni, kar je

treba upoštevati pri načrtovanju, so pa zato neprimerno lažji. Za zunanost je najbolje uporabiti nerjavno jeklo. Za lažjo in bolj prilagodljivo montažo lahko vdelamo tudi cevi z navojem ali navojne palice.

Pomemben je tudi način priprave oz. vmešavanje polnila v smolo. Predvsem gre za to, da ob mešanju v maso spravimo čim manj zraka oz. ga pred odlivanjem v čim večji meri iz mešanice odstranimo. To lahko storimo na več načinov. Kadar mešamo manjše količine materiala, se izogibamo (hitrim) električnim mešalcem oz. mešamo tako, da sta mešalo ali modelirka ves čas potopljena v maso. Če imamo vakuumsko črpalko, lahko posodo z zamešano smolo (in polnilom) za nekaj časa izpostavimo zmanjšanemu tlaku. Mehurčki zraka v masi se bodo močno povečali in splavali na površino, ob ponovnem zvišanju tlaka (na normalno vrednost) pa tudi v veliki meri razpočili. Postopek lahko večkrat ponovimo. Za odzračevanje je tudi bolje, da smolo zamešamo v širši in nižji posodi kot v višji in globlji. Če je odprti čas relativno kratek, lahko polnilo zamešamo le v eno komponento (običajno komponenta A) in jo odzračimo (pustimo nekaj časa stati oz. uporabimo vakuumsko črpalko) ter šele nato previdno zamešamo drugo komponento ali trdilec. Pri tem moramo seveda paziti na pravilna medsebojna utežna razmerja obeh (ali več) komponent, še posebej če smo si tako pripravili maso za več odlitkov oz. kadar vse mase ne porabimo naenkrat. Najbolje je, da si ustrezno razmerje komponente B takoj označimo na posodi. Silikonske smole tudi zelo natančno posnamejo površino predmeta, ki ga kopiramo. Pri kalupih z veliko podrobnostmi tako obstaja nevarnost, da se bodo v teh predelih ujeli in zadržali zračni mehurčki

tako iz zraka kot iz mase, ki jo vlivamo. Če je kalup oblikovan tako, da imamo pri vlivanju prost dostop do površine, je zelo uporabna metoda razpihavanja mehurčkov s pištolo s komprimiranim zrakom. Pritisk in pretok zraka morata biti seveda zelo majhna (samo toliko, da mehurčki počijo), saj bo sicer maso odneslo na vse strani. Isto metodo uporabimo tudi pri izdelavi kalupa, samo da v tem primeru razpihamo mehurčke v silikonu, pri čemer je predvsem pomembno, da razpočimo tiste v prvi plasti neposredno na originalu.

## 5. Patiniranje kopij

### *Kemično patiniranje*

Želeni videz kopije (odlitka) lahko dosežemo na celo vrsto načinov. Kaj bomo izbrali oz. kakšni materiali in (ali) tehnike so za določen namen najbolj primerni, je odvisno od videza, ki se mu želimo približati, materiala, iz katerega je kopija, okolja, v katerem se bo nahajala, pa tudi od navad, spretnosti in izkušenosti tistega, ki kopira.

Izraz patina označuje spremembo (barve, teksture) na površini predmetov (iz lesa, usnja, kamna, bakra, brona ali druge kovine itd.), ki naravno nastane v (običajno daljšem) času zaradi določene uporabe, staranja materialov in izpostavljenosti vplivom okolja. Namerno prekrivanje predmetov s patino oz. s plastjo, ki predmetom da tak (običajno starinski) videz, zato imenujemo patiniranje.

Vsem dobro znana zelena patina na bakrenih ali bronastih predmetih (spomenikih, kipih, novcih) nastane zaradi kemijskih reakcij bakra z ogljikovim dioksidom in vodo, v zemlji ali na umazanem zraku pa tudi z interakcijo z različnimi drugimi snovmi, plini, kislim dežjem ... Poleg bakrovega karbonata ( $\text{CuCO}_3$ ) jo zato običajno tvorijo še



*Slika 8: Celjski srebrnik in kemično patinirana posrebrna bakrena galvanoplastična kopija (hrani Narodni muzej Slovenije)*

bakrovi kloridi, sulfidi in sulfati ter oksidi in druge spojine. Če želimo enak videz doseči na novi bronasti kopiji (ali na bakrenem galvanoplastičnem odlitku), to lahko storimo na več načinov. Lahko jo denimo izpostavimo enakim naravnim razmeram, a bo to precej nepraktično, saj lepa naravna patina na bakru ali bronu nastaja od nekaj pa do 30, 50 ali celo več let. Lahko pa kemijske procese z uporabo nekaterih spojin močno pospešimo in namesto v mnogo letih patina nastane v nekaj minutah, urah ali dnevih. Spojine ali mešanice spojin, ki se v ta namen največ uporabljajo, so žveplena jetra (ne povsem definirana mešanica Na in/ali K sulfidov, bisulfidov, polisulfidov in tiosulfata), ki baker površinsko obarvajo črno ali temno rjavo, amonijev sulfid, ki bakru da črno modro barvo, bakrov nitrat, ki ga obarva zeleno modro, in železov nitrat, ki mu da rumeno rjavo obarvanost. Uporabimo lahko tudi druge spojine ali mešanice, denimo ureo ali očetno kislino,

vendar bo nastala zelena patina v zadnjem primeru vodotopna in zato neprimerna za kopije na prostem. Tako kemično patiniranje zahteva precej izkušenj in vaje, saj se rezultata (končnega videza) ne da vedno natančno predvideti oz. ta, zaradi sestave litine, nečistoč, starosti kemikalij ali katerega drugega razloga, ni nujno tak, kot smo si ga želeli ali zamislili (**slika 8**).

### *Patiniranje z barvo*

Točno določen videz patine veliko lažje dosežemo z barvanjem, kar predvsem velja tudi za kopije, izdelane iz nekovinskih materialov, ko kemično patiniranje ni možno. V kiparstvu je bila in je še vedno pogosta praksa, da se izdelke, (potencialno) namenjene ulivanju v bron, predhodno odlije v mavec in patinira na videz (starega) brona. Pri tem se lahko uporabi star način patiniranja s šelakom (raztopljenim v alkoholu) kot vezivom, v katerega se zamešajo črni, rjavi in zeleni prašnati pigmenti ter zlata





**Slika 9:** Dolinarjeva na glino patinirana mavčna glava Matije Gubca (v sredini; hrani Posavski muzej Brežice); po njej izdelan kalup iz silikonske gume s kapo iz armirane epoksidne smole (levo) ter na bron patiniran odlitek iz epoksidne smole (desno).

(medeninasta) bronza. Metoda je zelo hitra in enostavna in z malo spretnosti mavčni odlitek hitro dobi popolnoma bronast videz. S staranjem šelak tudi sam dobi nekaj patine (na svetlobi porjavi in potemni), vendar to patino bronza kvečjemu poudari, saj je star bron tudi sicer temno rjave do črne barve. Intenzivno zeleno (prašnato) patino lahko dosežemo tako, da dele le polakiramo s šelakom, nato pa potresemo s suhim pigmentom. Ta se bo zalepil na površino, ne bo pa se povsem prepojil z vezivom, zato bo videz ostal praškast. Za poudarjanje izpostavljenih svetlečih (zlatih) predelov namesto šelaka in bronze v prahu lahko uporabimo že pripravljene voščene premaze. Nanesemo jih s prstom ali krpo, počakamo, da se malo posušijo, nato pa spoliramo. Na voljo so v številnih (kovinskih) barvah, od svetlo in temno rumeno, rjavo, zelenkasto ali rdeče zlatih, do svetlo in temno srebrenih, modrih, rdečih in drugih odtenkih (**slika 9**).

Ne glede na vrsto pa šelak kot vezivo zaradi svojega temnenja običajno ne bo prva izbira veziva za patiniranje, še posebej ne za kopije predmetov v svetlih barvnih tonih. Če za patiniranje uporabljamo pigmente v prahu, je na splošno najbolje uporabiti veziva, ki s staranjem ne rumenijo in ne pokajo. Zaradi hitrega sušenja in elastičnosti so zelo uporabna akrilna veziva, npr. Primal, Paraloid B-72 ali druga. Če so razpoke del patine in zaželeno, bomo seveda, nasprotno z omenjenim, uporabili poseben *krakelirni* lak. Spet v drugih primerih, odvisno od predmeta kopiranja, bodo morda primernejše lazurne lastnosti oljnih barv, pokrivnost tempere ali enakomernost spreja ali airbrusha. Pri barvanju je treba imeti v mislih kompatibilnost uporabljenih materialov celotne barvne plasti oz. patine, tudi dodatke, s katerimi spreminjamo določene lastnosti, npr. sprašeno steklo za zmanjšanje bleščanja in morebitni končni premaz, ki je lahko lak, vosek,

hidrofobno sredstvo ali kateri drug material.

V primeru odlivanja v plastične mase (večinoma so v osnovi prozorne ali prosojne) lahko te v celoti obarvamo že pred odlivanjem. Za to lahko uporabimo navadne pigmente v prahu ali posebej v ta namen pripravljene drobno zmlete pigmente in barvne paste, ki se v smoli lepo enakomerno razpustijo. V nekaterih primerih posebno barvanje sploh ni potrebno, saj efekt dosežemo že z barvo polnila. Z nekaj izkušnjami lahko v umetni smoli tako na dokaj enostaven način dobimo ne le neprozorne barvne tone (bron, les, železo ...), temveč tudi videz prozornih ali (pol)prosojnih materialov, kot so alabaster, marmor, (pol)drugi kamni, razni kristali, steklo, jantar in drugi. Za obarvanje prozornih in prosojnih odlitkov je dovolj že zelo majhna količina pigmenta (barvila). Za lažje odmerjanje si lahko pripravimo koncentrat v manjši količini smole in ga dodajamo po kapljicah, pred tem

pa preverimo tudi debelino odlitka (tudi glede na morebitno podlago), saj enaka obarvanost pri debelejših predmetih optično deluje drugače kot pri tanjših.

Ne glede na to, ali barvamo celotno maso ali le površino, je za izpostavljene kopije zelo pomembno, da uporabimo UV-obstojne barve (pigmente). Za posebne učinke ali poudarke (v pedagoške namene, razlikovanje med starim in novim, originalnim in dodanim ipd.) lahko kopije ali njihove dele obarvamo tudi z barvami, ki so posebej svetlobno odbojne, zažarijo na UV-svetlobi ali imajo katero drugo posebno značilnost (dodatek).

### *Patiniranje v kalupu*

Kadar uporabljamo silikonske kalupe, je zelo uporabna tehnika patiniranje v kalupu. Z ustreznim čopičem lahko v vrhno plast silikonske gume vtremo prašnate pigmente. Večinoma so za to primerne vse natančne in površinsko ne pretrde silikonske mase. V procesu strjevanja odlitka se pigmentni delci zalepijo na površino smole, ki smo jo vlili v kalup. Tako lahko obarvamo predvsem odlitke iz lepilno močnejših smol (epoksidne smole in določene vrste poliuretana), ne pa iz šibkejših, kot je poliester. Metoda je še posebej uporabna pri patiniranju predmetov z zelo finimi podrobnostmi, ki bi jih že debelina nanosa barve sicer lahko zakrila ali zalila. Taka obarvana površina odlitka je običajno mat ali polmat, z mehko krtačko, krpo ali papirjem pa jo lahko tudi spoliramo.

### *Druge tehnike patiniranja*

Patiniranje določenih kopij ali njihovih delov poleg barvanja pogosto zahteva tudi poznavanje drugih tehnik obdelave in priprave površin. Tak primer so denimo pozlačene ali posrebrne

površine, ki se jim v kopiji samo z barvami ali spreji približamo le na videz. Čeprav za določen namen to morda zadostuje, je za zahtevnejše kopije bolje uporabiti klasične postopke pozlate (oz. posrebrtve). Ne glede na to, ali se odločimo za bolj tradicionalne ali bolj sodobne materiale (klasični ali sintetični poliment, oljni in vodni mikstioni ...), moramo tehniki pozlate primerno pripraviti podlago in izbrati ustrezen material odlitka. Najbolj verodostojen in bleščeč kovinsko zlat ali srebrn videz in večjo mehansko odpornost pozlate dosežemo na bakrenih galvanoplastičnih kopijah, ki jih (če je treba, v celoti ali le delno) z mikromotorjem in polirnimi gumicami ali krtačkami spoliramo (ali nežno speskamo, če hočemo poudariti enakomeren matiran videz), nato pa galvanjsko pozlatimo ali posrebrimo. Na isti (bakreni

kopiji tako različne dele prikažemo v različnih stopnjah bleščanja (spoliranosti) in v različnih materialih (zlato, srebro), ki jih nato dodatno lahko (zopet le delno ali v celoti) še kemično ali barvno patiniramo.

### *Orodje, pripomočki in pomožni materiali*

Kakšno orodje in pripomočke potrebujemo za izdelavo določenih kopij, je seveda največkrat odvisno od uporabljenih materialov in tehnologije izdelave, v veliki meri pa tudi od osebnih navad kopista. Poleg običajnega drobnega orodja (čopiči, najrazličnejše lesene in kovinske modelirke, skalpeli, žage, pile, brusi, izvijači, močnejše škarje in škarje za rezanje pločevine, klešče, vrtalke, kotne brusilke in drugo ročno in električno orodje) pogosto potrebujemo tudi nekatera bolj specifična. Mednje sodijo



*Slika 10: Nekaj pripomočkov za odlivanje kopij: magnetno mešalo, vibrirna mizica in pištola za stisnjeni zrak ter vakuumska črpalka s steklenim zvonom v ozadju*



precizna tehnica, mikromotor,  
manjša ali večja vibrirna miza,  
magnetno mešalo z gretjem in  
kompresor za stisnjeni zrak. Izredno  
koristen pripomoček, tako za  
odzračevanje pri pripravi kalupov  
kot pri odlivanju, je tudi vakuumška  
črpalka. Izdelava zahtevnih ali  
zelo zahtevnih kopij z natančnimi  
podrobnostmi je brez nje, če že  
ne nemogoča, pa vsaj zelo težko  
izvedljiva (**slika 10**).

Poleg orodij, ki se neposredno tičejo  
izdelave kopij, pogosto potrebujemo  
tudi razna druga orodja za  
izdelavo (pomožnih ali ojačitvenih)  
konstrukcij pri izdelavi ogrodij in  
nosilcev tako pri izdelavi kalupov  
kot odlitkov. To so predvsem  
razna orodja za spajanje kovin,  
kot so klešče za kovičenje, varilni  
aparati, posebni svedri, brusi ipd.  
Preprostejša ogrodja si največkrat  
brez težav lahko izdelamo sami,  
večja ali konstrukcijsko zahtevnejša  
pa uporabimo le, če postopke  
dobro obvladamo, sicer je bolje,  
da izdelavo zaupamo izurjenim  
izvajalcem.

## 6. Literatura in viri

- 1 Hudoklin Šimaga, Vida, *Glina  
in sadra v plastičnem oblikovanju*.  
Ljubljana 1962.
- 2 Hudoklin Šimaga, Vida, Vidrgar  
Alenka, Mavec in bron v  
kiparstvu. *Likovni odsevi* 8/9, 1990,  
80–128.
- 3 Hutchinson Cuff, Yvone,  
*Ceramic Technology for Potters and  
Sculptors*, Philadelphia 1996.

## Avtorji in viri slik

**Miran Pflaum:** slike 1–5, 6a–6f, 6h,  
7–10

**Tomaž Lauko:** slika 6g