

Sl. 58. Promjena temperature u istosmjernom izmjenjivaču topline s povećanom površinom

Nepoznata se temperatura  $\vartheta''$  može odrediti pomoću izraza (176) ako se stavi da je  $\vartheta'_1 = \vartheta'_2 = \vartheta''$ , pa se dobiva

$$\vartheta'' = \frac{\dot{C}_1 \vartheta'_1 + \dot{C}_2 \vartheta'_2}{\dot{C}_1 + \dot{C}_2}. \quad (199)$$

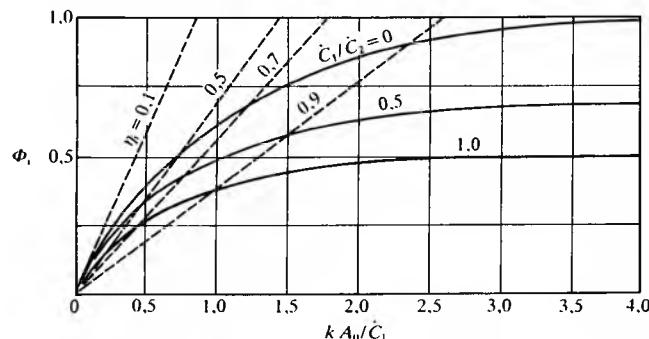
Ako se (199) uvrsti u (198), dobiva se

$$\eta_i = \left( 1 + \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} \right) \frac{\vartheta'_1 - \vartheta''}{\vartheta'_1 - \vartheta'_2}. \quad (200)$$

Kako je drugi član upravo jednak  $\Phi_i$  u (174), stupanj je djelovanja

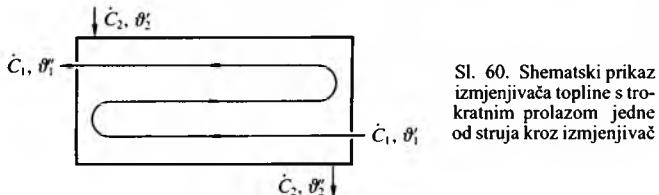
$$\eta_i = 1 - \exp \left[ - \left( 1 + \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} \right) \frac{k A_0}{\dot{C}_1} \right]. \quad (201)$$

U koordinatnom sustavu  $\Phi_i, k A_0 / \dot{C}_1$  konstantne vrijednosti  $\eta_i$  leže na pravcima koji idu kroz ishodište koordinatnog sustava (sl. 59).



Sl. 59. Ovisnost značajke  $\Phi_i$  o značajki  $k A_0 / \dot{C}_1$  s pravcima konstantnog stupnja djelovanja  $\eta_i$  istosmjernog izmjenjivača topline

**Izmjenjivači topline s višekratnim prolazom struja.** Dosađni prikaz odnosio se na izmjenjivače topline u kojima svaka struja samo jedanput prolazi kroz izmjenjivač. U praksi se upotrebljavaju i izmjenjivači kroz koje struje fluida prolaze i više puta (sl. 60). Prilike se i u njima mogu prikazati na već opisani način. Pripadni analitički izrazi i dijagrami u koordinatnom sustavu  $\Phi_i, k A_0 / \dot{C}_1$  mogu se naći u literaturi i u priručnicima.



LIT.: H. S. Carslaw, I. C. Jaeger, Conduction of Heat in Solids. Oxford University Press, Oxford 1959. – L. Siegel, R. J. Howel, Thermal Radiation Heat Transfer. McGraw-Hill, New York 1972. – J. P. Holman, Heat Transfer. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo 1976. – V. P. Isochenko, V. A. Osipova, A. S. Sukomel, Heat Transfer. Mir Publishers, Moskva 1977. – F. Bošnjaković, Nauka o toplini I. Tehnička knjiga, Zagreb 1978. – U. Grigull, H. Sandner, Wärmeleitung. Springer-Verlag, Berlin 1979. – H. D. Baehr, Thermodynamik. Springer-Verlag, Berlin 1984. – A. J. Chapman, Heat Transfer. Macmillan Publishers Co., New York 1984. – K. Stephan, F. Mayinger, Thermodynamik. Springer-Verlag, Berlin 1986.

A. Galović

**TISKARSKA TEHNIKA**, vještina i postupci umnožavanja teksta i ilustracija (crtanje i fotografija), koji se mogu svesti pod zajednički pojam *tiska*. Zamišljena prvobitno kao mehanički postupak za umnožavanje knjiga, tiskarska je tehnika postupno proširivala svoje mogućnosti i usavršavala proces izrade tiskovnih proizvoda. Tehnički napredak u XIX. st. stvorio je uvjete za razvoj grafičke industrije, a prava je revolucija u tom području nastala krajem XX. st. primjenom računala, digitalizatora i videoopreme, što je omogućilo posve nov način unosa, obrade i oblikovanja teksta i ilustracija te njihovu integraciju prilikom grafičkog oblikovanja i pripreme za tisk.

Od antičkog vremena pa do konca srednjega vijeka literarna su se djela umnožavala prepisivanjem. Prvi se tragovi tiskarstva nalaze u otiskivanju s reljefa u glini i vosku, a u XI. st. u Kini s reljefom po množenim znakovima. Dalji pokušaji da se sporo i skupo prepisivaju knjige mehanizirala bila su ksilografska izdaja, knjige koje su nastale otiskivanjem rezbarenih drvenih ploča.

Pravi početak tiskarstva obilježava izum J. Gutenberga (Mainz, 1440), koji obuhvaća izradbu (lijevanje) i upotrebu *pomičnih olovnih tipografskih slova*, te otiskivanje pomoću tiskarske prese. Izum pomičnih tipografskih slova ubraja se među najveće izume u povijesti čovječanstva i jedan je od prijelomnih trenutaka u razvoju ljudskog društva.

Prvi su tiskari za svoje potrebe sami lijevali slova, primativnim, ali vrlo preciznim instrumentima (kalupima) za lijevanje. Već krajem XV. st. lijevanje je slova postalo samostalnom djelatnošću. Postupak se sastojao u izradi čeličnog žiga (*partice*) pojedinoga slovnog znaka, koji je utiskivan u bakrenu pločicu. Ta je pločica zatim brižljivo obrađivana i tako se dobivala *matrica* slovnog znaka. Matrica se postavljala kao donji dio kalupa za lijevanje tipografskih slova. Nakon ulijevanja rastaljene olovne slike i hlađenja, kalup se rastavlja te je ostajalo tipografsko slovo, spremno za slaganje u slog. Kao materijal za lijevanje upotrebljavalas se sličina od ~70% olova, ~10% kositra (ili bizmuta) i ~20% antimonia, kojom je talište ~280°C, a temperatura lijevanja ~350°C.

Način rada na ručnim tiskarskim prešama nije se mijenjao skoro četiri stotine godina. Njemački tiskar F. Koenig konstruirao je 1812. prvi brzotinski stroj, koji je davao ~800 otisaka na sat. Koenig je 1816. izgradio i prvi stroj za obostrani tisk, a 1817. dvostrukotajni brzotinski stroj. Godine 1830. konstruirao je I. Adam u Bostonu jednodostavan tiskarski stroj, prototip zaklopognog stroja. Patent za prvi rotacijski stroj privratio je W. Bullock 1863. u Americi. Istodobno su se razvijali i novi tiskarski postupci kao litografija (A. Senefelder, 1796/97), svjetlotisk (J. Albert, 1868), duboki tisk (K. Klič, 1879) i ofsetni tisk (1905).

Današnja grafička industrija i izdavačka djelatnost razvile su se do neslučenih razmjera, a tome su, nakon izuma pomičnih slova, pridonijela još četiri ključna dogadaja. Prvi je bio konstrukcija stroja za lijevanje slova i slaganje sloga, čime se mehanički i u kratkom vremenu obavljao posao za koji su Gutenberg i generacije poslije njega ulagali mnogo vremena i velik trud. Druga je bitna promjena bila primjena tiskarskih preša, što je poslije kulminiralo u obliku opsežnog i brzog višebojnog rotacijskog tiska. Treći je ključni trenutak bilo uvođenje fotografije u tiskarsku tehniku, što je, osim fotomehaničke reprodukcije, omogućilo zamjenu strojnog sloga fotoslogom. Konačno, četvrt je velika promjena u tiskarstvu nastupila primjenom elektronike. Upotrebom elektroničkih računala otvorile su se posve nove mogućnosti za pohranu informacija, slaganje teksta, oblikovanje stranica, obradu ilustracija i ispis kao oblik digitalnog tiska.

Tiskarska se tehnika sastoji od nekoliko radnih faza: od izvedbe tiskarskog sloga, reprofotografije, pripreme tiskovne forme, tiska i knjigoveške grafičke dorade. Izvedba sloga, reprofotografija i priprema tiskovne forme nazivaju se *grafičkom pripremom*.

## TISKARSKI SLOG

Do svoje današnje realizacije izvedba je sloga prošla dug razvojni put, od olovnog sloga s ručnim i strojnim slaganjem, preko fotosloga, do suvremenoga računalnog sloga.

**Tipografija.** Kao dio izvedbe sloga, tipografija se bavi područjem slova, pismovnih vrsta, sloga i prijeloma teksta. To uključuje i izbor prikladna pisma, njegov raspored po stranicama uz skup drugih grafičkih elemenata, ilustracija, crtež, vinjeta i pikograma.

Kvaliteta slovnih znakova važna je za brzinu njihova međusobnog raspoznavanja i razlikovanja. Čitljivost znakova očituje se u stupnju percepcije i ugodnosti čitanja tiskanog teksta kroz dulje vrijeme. Veći izbor pismovnih vrsta potreban je da bi se postiglo vizualno razlikovanje poruka različitih stupnjeva važnosti. Pismovni rez, razmak između redaka, vrsta isključivanja i izbor pisma pri isticanju riječi glavni su elementi za ocjenjivanje čitljivosti teksta. Izbor pisma ovisi o namjeni teksta i tiskarskoj tehnici, pa i o sadržaju teksta. Pisma se svrstavaju u klasične, groteske, tehničke, rukopisne i ukrasne oblike s mnogo podskupina. Svako pismo ima varijante po pismovnom rezu: tanko, normalno, podebljano, debelo, izrazito debelo. Prema nagibu pismo je obično (uspravno), kurzivno (koso) ili elektronički kurzivno, a prema širini klasificirano je od ultrauskoga do višestruko širenoga. Slova imaju različite debljinske vrijednosti, koje se

određuju prema namjeni pisma i pismovnom rezu. Sve brojke unutar pismovne vrste imaju uglavnom jednaku debljinsku vrijednost.

Slova se mogu ispisati kao puna, samo s ovojnicom različite debljine linija, u rasteru, s unutarnjom linijom, kao trodimenzij-ska, s umetnutom slikom ili crtežom te kao kombinacija svih spomenutih načina. Riječi se mogu podcrtavati, podebljavati, ili im se može mijenjati pismovni rez radi isticanja u tekstu. Isticanje može biti s istim zacrnjenjem slova (kurziv, smanjena čitljivost, a slabo se vide na stranici), podebljanim slovima (vide se na stranici), naglašavanjem teksta (podcrtavanje) ili razmicanjem (spacioniranjem). Tekst može biti u negativu (smanjena čitljivost) i realiziran kao sjena (veća slova, a isto ukupno zacrnjenje u tekstu). Suvremeni grafički računalni programi omogućuju kreiranje znakova i slova po želji.

Pismovna veličina slova navodi se u milimetrima ili u starijim jedinicama, tzv. tipografskim točkama. Međuodnos pismovne veličine slova i razmaka između redaka određen je namjenom tiska (knjige, novine, autorski tekst), vrstom pisma (verzal, kurent, slova bez naglaska ili s naglaskom), brojem slovnih znakova u retku, te udaljenosti od teksta pri čitanju. Razmak između riječi, najčešći slovni znak, treba biti jednak širini najučestalijega slovnog znaka u pismovnoj vrsti u kojoj se tekst piše. Njemačko pismo, pa i naše, za širinu razmaka predlaže kurentno slovo n. Idealan je tekst s ~50 slovnih znakova u retku, čime je određena pismovna veličina kada se odredi širina stupca i vrsta pisma po pismovnom rezu.

Odlomci teksta određuju se razmakom između odlomaka (odvojeno definiranje razmaka pred odlomkom i iza odlomka), uvlakom prvog slova, većom uvlakom (nastavak sljedećih redaka sa zadanom uvlakom), isključivanjem (sav tekst ulijevo, udesno, u sredinu, razvučeno na puni format, na puni format bez dijeljenja riječi, na puni format s mogućnošću razmicanja), upotrebom tabulatora (uvlake s jednokratnim potpisivanjem, višestruke kolone, parametri unutar kolona: lijevo, desno, u sredinu), slaganjem po vertikalnim stupcima ili samo po vodoravnom redu.

**Olovni slog.** Olovni se slog slagao nizanjem izlivenih olovnih slova u retke. Pri ručnom slaganju slagar je pogledom slijedio rukopis, uzimao slova iz pretinca slagačeg ormara i prenosio ih u slagaljku, nižući tako slova u riječi. Pokušaji konstruiranja slagačeg stroja u prvoj su se fazi ograničavali na puku mehanizaciju ručnog načina slaganja.

Prvi doista upotrebljiv slagač stroj konstruirao je 1886. godine O. Mergenthaler u SAD. Taj je tip slagačeg stroja poslije nazvan Linotype. Osnovna su mu obilježja bile matrice, dijeljivo kalup s utisnutom slikom slovnog znaka. Pomoću tipkovnice matrice su se odabirale i svrstavale u matrični redak. Kad je matrični redak postigao punu duljinu, postavio se u kalup za lijevanje redaka. Odliveni se olovni redak potisnuo na podlogu za slaganje, a matrični se redak automatski razlagao na pojedine matrice. Za lijevanje se upotrebljavala olovna slijitina s 5% kositri i 12% antimona, a temperatura lijevanja iznosila je ~285°C. Nakon tiskanja slog se rastalio, a slijitina ponovno upotrebljavala za lijevanje.

Godine 1896. konstruirao je T. Lanston u Chicagu stroj za slaganje i lijevanje pojedinačnih slova, nazvan Monotype. Stroj se sastojao od dva potpuno neovisna dijela: od slagačeg i ljevačeg stroja. Tekst se tipkao na tipkovnici slagačeg stroja i pritom je nastala bušena vrpca s 31-kanalnim kodom. Ona je zatim upravljala gibanjem matričnog okvira u ljevačem stroju, koji je lijevao slovo po slovo i davao slog sastavljen od pojedinačnih slova. Zbog toga je taj stroj bio prikladan za slaganje komplikiranog sloga kao što je matematički i tablični slog. Danas je olovni slog praktički potpuno napušten.

**Fotoslog.** Primjena fotografske tehnike u tiskarstvu omogućila je razvoj fotosloga. To je slog koji se pomoću fotoosvjetljujućeg uređaja ili laserskog pisača ostvaruje na prozirnoj ili neprozirnoj podlozi (filmu, fotopapiru, paus-papiru ili posebnoj termostabilnoj foliji). Fotografska tehnika za izradbu sloga daturia od konca XIX. st., ali se fotoslog potpuno razvio u doba snažnog razvoja računala i uspona ofsetnog tiska, pa je njegova pojava jedan od uzroka napuštanja olovnog sloga i visokog tiska. Fotoslog se praktički prestaje primjenjivati koncem 1980-ih godina, kada je bio istisnut pojavom računalnog sloga.

Razvoj fotosloga pratili su četiri generacije uređaja, koje su se međusobno razlikovale po načinu osvjetljivanja fotomaterijala, vrsti nosioca slovnih znakova, izboru fonta te brzini realizacije slova. Uredaj prve generacije osvjetljivao je fotomaterijal žaruljom, i to brzinom od desetak slovnih znakova u sekundi, a ekspozicija se određivala zaslonom. Slike slova nalazila se na prozirnom filmu, tzv. matrici, koji je u trenutku ekspozicije mirovao. Uredaj druge generacije fotosloga imao je bljeskalicu s brzinom do 40 osvjetljivanja u sekundi, a svjetlost se prenosila optičkim kabelom. Sloveni znakovi nalazili su se na rotirajućem staklenom disku, a veličina se slova namještala objektivom. Kao i u uređajima prve generacije, unaprijed izrađene matrice slova ograničavale su slog na tek nekoliko pismovnih vrsta i nekoliko pismovnih veličina.

Uredaji treće i četvrte generacije fotosloga radili su bez materijaliziranih nosilaca pisma, a sloveni su znakovi bili matematički definirani krivuljom ovojnica slova i u digitaliziranom obliku zapисani u memoriju računala. To je omogućivalo izradbu slova proizvoljne pismovne veličine, od mikroslova do slova za plakate. Na kraju svog razvoja slova su bila definirana Beziérovom krivuljom. Uredajima treće generacije fotosloga fotomaterijal se osvjetljivao malom katodnom cijevi, a slovo

se sastojalo od niza tankih linija (do 1000 linija po centimetru). U četvrtoj generaciji (1977) primijenio se laserski snop pa se slovo sastojalo od vrlo sitnih točaka (do 1000 točaka po centimetru). Uredaj četvrte generacije fotosloga omogućio je programiranje rasterskih elemenata i služio je za pripremu predložaka s raznovrsnim oblicima prekrivenim zadanim tonskim vrijednostima. Uredaj je bio spojen s posebnim uređajem poznatim kao RIP (engl. Raster Image Processor), koji je omogućio grafičku pripremu stranice na kojoj su se nalazili tekst i slike. Primjenom laserskog snopa osvjetljivao se fotografski film, ali se mogla izravno osvjetliti i ploča za ofsetni tisk. Koncem 1980-ih godina pojavio se laserski pisač, koji je služio za pokusni i korektturni otisk te za izradbu prozirnog originala kao predloška za tisk.

### Računalni slog

Suvremeni računalni slog najrašireniji je način grafičke pripreme teksta i ilustracija za tisk. Tekst i ilustracije pripremaju se za tisk pomoću računala u nematerijalnom obliku.

Tehnička je osnova izvedbe računalnog sloga računalo, visoko-rezolucijski ekran i tipkovnica, središnja memorija od najmanje 8 megabajta, više ulazno-izlaznih sučelja, vanjska memorija za arhiviranje obrađenih podataka i sigurnosne kopije. U opremu se ubrajuju i jedan ili više uređaja za upis teksta preko tipkovnice, osobnog računala ili vanjske magnetne memorije, uređaji za usmivanje teksta, crtež i fotografija kao što su usnimači, video-kamere i digitalne fotokamere te ekrani za tipografsko oblikovanje teksta i za grafičko oblikovanje i memoriranje stranica, uključujući integraciju teksta i ilustracija te cijelostranični prijelom. Svi su ti uređaji međusobno povezani u mrežu koja omogućuje pristup do programa, teksta, ilustracija i grafički oblikovanih stranica i njihovu razmjenu, te zajedničko raspolažanje kapacitetima svih uređaja. U mrežu su uključeni i baza tekstova i slika te električna pošta.

Računalni slog ima mnoge prednosti. Mnogi su poslovi automatizirani i provode se programima koji omogućuju simulaciju svih grafičkih zahvata na ekranu računala. U računalnom slogu nije potrebno na početku rada odrediti niti jednu slagarsku veličinu, već se te odrednice grafičkog oblikovanja mogu zadati naknadno, nakon upisa, lektoriranja i korigiranja.

Slične su prednosti i u grafičkoj pripremi ilustracija. Ilustracije se usnimanjuju u računalo, obraduju (popravljaju, retuširaju, izostruju, namještaju se kontrast, korigiraju se boje), spremaju za kasniju upotrebu ili arhiviraju. Ilustracije spremljene na računalnim medijima i kvalitetno obrađene mogu se poslije višestruko upotrijebiti, smanjivati, povećavati, ili se može preuzeti samo neki njihov dio.

Računalni slog otvara i nova područja kao što je, npr., distribuirani tisk. Taj se tisk primjenjuje u novinskom izdavaštvu slanjem čitavih, grafički uređenih stranica u drugu tiskaru preko modema telefonskim linijama, optičkim linijama ili satelitskim vezama. Na prijamnom se mjestu umeću lokalne vijesti i lokalni oglasi, a zatim se pokreće tisk i nastavlja lokalna distribucija novina. Distribuirani tisk pojednostavljuje izdavaštvo nacionalnih izdanja, posebno skupih ilustriranih časopisa. Prilagođava se i mijenja samo tekst, a ostaju skupe obradbe fotografija u boji i prijelom stranica.

Računalni služi za upis ili učitavanje te oblikovanje teksta, obradbu ilustracija, višeslojno odvajanje i korigiranje boja te za integraciju teksta, crteža i fotografija u kompletну stranicu. Značajke koje opisuju računala za računalni slog jesu vrsta procesora, kapacitet unutrašnje i vanjske memorije, razlučivost i veličina ekrana te vrsta njihova međusobnog umrežavanja.

Do danas je razvijena brojna programska podrška za pisanje i obradbu teksta, kojom se mogu odrediti svi tipografski parametri kao što su vrsta i veličina pisma, razmak između riječi i između redaka, uvlačenje, način isključivanja, razmicanje, debljina i duljina crte, tabuliranje, širina i površina sloga, širina i broj stupaca, širina rubova (margini), paginacija te općenito smještanje grafičkih elemenata na stranicu, tzv. pozicioniranje određivanjem odgovarajućih koordinata. Osim toga, tekst ili ilustracija mogu se prebacivati, zakretati oko neke točke, povećavati, smanjivati, određena se površina može opsložiti tekstrom, ispuniti drugim tekstrom, određenim tonom ili slikovnim uzorkom, a na ekranu se može prikazati samo dio stranice, više stranica istodobno i sl. Velika je prednost što suvremeni programi omogućuju pokretanje više naredbi (upravljačkog lanca) dodirom samo jedne ili nekoliko tipki. To se obavlja posebnim funkcijskim tipkama, te multi-

kovodima ili makrokomandama. Korisniku su na raspolaganju i popisi i potpopisi izvedbenih mogućnosti. Tako se, npr., na ekran može pozvati popis svih raspoloživih vrsta pisama (tzv. fontovi) i aktivirati željena vrsta pisma; to isto može se zatim učiniti u popisu raspoloživih ili unaprijed odabranih skupova tipografskih parametara (tzv. stilovi).

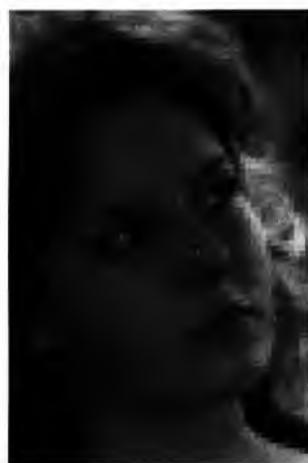
**Stolno izdavaštvo.** Tekst se zapisuje u obliku digitalnih koda na magnetni, optički ili čvrsti disk (CD). Obradeni se tekst može vidjeti na ekranu računala u obliku u kojem će biti ispisani. Za to može poslužiti i poseban ekran, na kojem se može izmjene pokazivati jedan pa drugi oblik teksta ili se ekran može podijeliti na dva dijela, pa se u jednom dijelu vidi upisani tekst zajedno s oblikovnim naredbama, a u drugome tekst u konačnom izgledu.

Tiskarski slog upravljan računalom omogućio je sredinom 1980-ih godina pojavu tzv. stolnog izdavaštva. Stolno izdavaštvo (engl. Desk Top Publishing, DTP) tiskarska je i izdavačka djelatnost koja se sastoji od izvedbe računalnog sloga, usnimavanja ilustracija, prijeloma grafičke stranice, sve do ispisa pisačem i crtalom. S tim je usko povezana preradba reprodukcija i umnožavanje ilustracija (tehnika poznata pod akronimom DTR, engl. Desk Top Repro). Sve se to obavlja pomoću elektroničkog računala i njegovih ulaznih (tipkovnica, usnimač, vanjska magnetna memorija) i izlaznih jedinica (pisač, crtalo), što je sve upravljano s radnog stola jedne osobe, koja je ujedno slagar, dizajner, reprofotograf i tiskar.

Stolno izdavaštvo i računalna reprofotografija u potpunosti su zamjenili sve dosadašnje tehnike grafičke pripreme: olovni slog, fotoslog, konvencionalnu reprofotografiju, montažu stranice. Stolno izdavaštvo obuhvaća povezivanje usnimača, računala i tiskarskog stroja. Zbog niske cijene računala i programa, te zbog mogućnosti da se taj posao obavlja skoro na svakom računalu, stolnim se izdavaštvom bave mnogi ljudi različitih zanimanja i ono dobiva oblik kućne tiskare. Korisnik može načiniti onoliko primjeraka koliko mu je trenutno potrebno. To je tzv. *tiskanje na zahjev*, koje čini zalihe tiskanog materijala nepotrebнима. Žbog jednostavne, nematerijalne izmjene u montaži i komponiranju stranice krajnji kupac dobiva iz tiskare uvijek sadržajno aktualne materijale. Originalni zapis može biti u dizajnerskom studiju ili u računalu naručioca posla.

**Ispis računalnog sloga.** Svaka se informacija sadržana u računalu može prikazati likom (slovom, brojkom i dr.) ili crtežom na ekranu monitora, na papiru ili kojoj drugoj podlozi. Postoje dva bitno različita načina ispisivanja, odnosno crtanja.

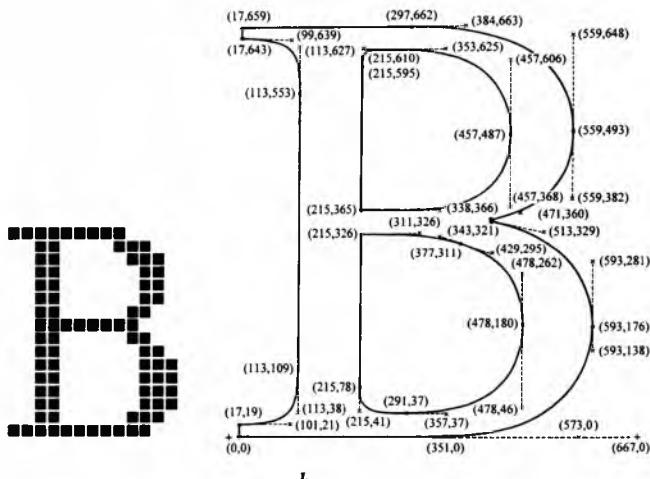
**Matrični ispis** ili *matrično crtanje* obavlja se u ravnijskoj mreži, u kojoj je lik mozaičan, sastavljen od niza malih dijelova, slikovnih elemenata (sl. 1). Svaki taj element (*piksel*, engl. pixel, prema: picture cell, picture element) dio je matrice, a opisan je položajem i zacrnjenjem (obojenjem) svakog pojedinog polja mreže. Finoča prikazanog lika ovisi o gustoći elemenata (veći broj elemenata daje finiji prikaz). Takvo bi se prikazivanje moglo nazvati točkasta grafika (*piksel-grafika, paint-grafika*, prema engl.



Sl. 1. Grafika sa slikovnim elementima. a kapacitet memorije 8 kilobajta, b 1 mebibajt

*paint, slikati, bojiti*). Lik prikazan takvom grafikom je jednoslojan jer o bjelini ili zacrnjenju jednog elementa može istodobno postojati samo jedan podatak. Povećanjem takva lika smanjuje se finoča prikaza jer osnovni elementi postaju veći, pa su rubovi lika neravnici. Potrebna memorija stranice jednaka je broju slikovnih elemenata i broju bitova po jednom elementu.

**Vektorski ispis** ili *vektorsko crtanje* obavlja se primjenom pojedinih sastavnih dijelova lika. To su krivulje (crte, kružnice, pravilni i nepravilni mnogokuti) određene polinomom trećeg stupnja, tzv. Beziérovom krivuljom (sl. 2). Lik se slaže od tih dijelova koji su opisani položajem, oblikom i debljinom te različitim intenzitetom zacrnjenja (ili obojenja) polja unutar zatvorenih krivulja. Svaka je točka takvih krivulja opisana vektorski, pa se takvo prikazivanje naziva vektorska grafika, objektna grafika ili grafika izvlačenjem, tzv. *draw-grafika* (engl. draw, vući). Lik prikazan takvom grafikom može biti višeslojan jer se elementi na pojedinim mjestima prekrivaju. Potrebna memorija vektorske stranice proporcionalna je broju Beziérovih točaka. Vektorski definirano slovo ima tri vrste kontrolnih točaka: kutnu, tangentnu i infleksiju točku. Tzv. hvataljkama određuju se potencijal Beziérove krivulje, predviđen dužinom između krivulje i kontrolne točke.



Sl. 2. Konstrukcija slovnog znaka u računalnom slogu. a matrično crtanje pomoću slikovnih elemenata, b vektorsko crtanje pomoću Beziérovih krivulja (u zagradi relativne vrijednosti apscise i ordinata kontrolnih točaka)

## REPRODUKCIJSKA FOTOGRAFIJA

Zadaća je reproduksijske fotografije (reprofotografije) proraditi original kako bi se tiskarskim tehnikama reproducirao u većoj nakladi. Stoga treba pripremiti predložak na filmu, papiru, paus-papiru, transparentnoj foliji ili samo kao memorijski zapis za ispis na tiskovnu formu ili izravno u digitalni tisak. *Original* je općenito plošni nosilac ilustracije, što može biti crtež, jednobojna ili višebojna fotografija, dijapositiv, umjetnička slika, reprodukcija i dr. *Predložak* može biti i prozirna kopija originala dobivena fotografski ili nekim drugim načinom i pripravljena u takvu obliku da se može kopirati na fotoosjetljivi kopirni sloj tiskovne forme.

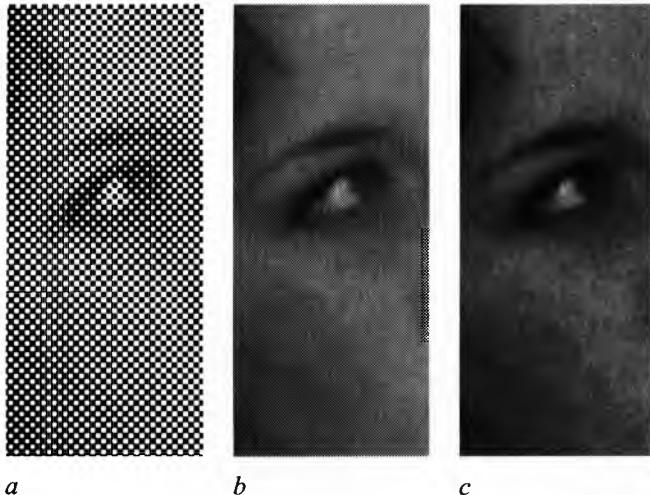
Izbor reprofotografskog postupka ovisi o vrsti originala i o tiskovnoj formi koja će se upotrijebiti za tisak. Na toj se osnovi razlikuju crtežna, polutonska i rasterska reprodukcija te višebojna reprodukcija.

**Crtežna reprodukcija** reproducira crno-bijele crteže (dijagrame, rukom pisani tekst i sl.) ili crteže u boji bez polutonova. Za kopiranje služe vrlo kontrastni filmovi s manjim udjelom srebrenog halogenida.

**Polutonska reprodukcija** obuhvaća kopiranje bez rastera crno-bijelih ili obojenih originala koji imaju polutonove, dakle takvih kojima se kontinuirano mijenja svjetlosni ton, od sasvim svijetlog do potpuno tamnog, uključujući i prijelazne sive ili obojene tonove. Već prema načinu rada, izrađuju se polutonski pozitivi ili negativi, od kojih se u prvom redu priprema tiskovna forma

za konvencionalni duboki tiskak. U te se svrhe upotrebljavaju želatinski kopirni slojevi s dodatkom srebrenog halogenida i s različitom gradacijom i optičkom senzibilizacijom.

**Rasterska reprodukcija.** Prilikom rasterske reprodukcije rastavlja se original s polutonovima u *rastersku sliku* (sl. 3). Takva se slika prije dobivala samo osvjetljivanjem kroz *rastersku mrežicu*, npr. kroz staklenu ploču s ugraviranom gustom pravokutnom mrežom tamnih linija, kojih obično ima od 20...70 po centimetru. Na rasterskoj mrežici nastaje ogib svjetlosti, pa svaki otvor mrežice djeluje kao poseban izvor svjetlosnih zraka. Na podlozi od posebnih fotomaterijala (filmovi *lith i line*), na koju se ilustracija kopira, preklapaju se svjetlosne zrake i stvaraju raster-ske elemente (točkice, kvadratiće ili druge likove) različite veličine, a osim s likovima, rasteri mogu biti i linijski, s ravnim ili vijugavim linijama (sl. 4 a, b, c).



Sl. 3. Rasterska slika s linijaturom 10 linija/cm (a), 35 linija/cm (b) i 60 linija/cm (c)

Raster se danas ostvaruje pomoću računala. Original se usmava i signali se vode u računalo, koje prema tonskoj vrijednosti pojedinog mjesto na originalu šalje laserom svjetlosne signale i oblikuje odgovarajuće rasterske elemente na fotoosjetljivoj podlozi.

Rasterska se reprodukcija primjenjuje u visokom, plošnom, propusnom i digitalnom tisku te u autotipijskom dubokom tisku.

Razlog za upotrebu rastera u tiskarstvu jest simulacija reproduciranja kontinuiranog tona samo jednim prolaskom papira kroz tiskarski stroj. U svim konvencionalnim tiskarskim tehnikama, osim u dubokom tisku i nekim digitalnim tiskarskim tehnikama, na podlogu se nanosi samo jedan ton boje, a za naše se oči privid različitih tonova (polutonova) na nekoj površini postiže zbrajanjem reflektirane svjetlosti s neobojene podloge (najčešće bijeline papira) oko rasterskih elemenata i s obojenih rasterskih elemenata. Veći ili manji rasterski elementi omogućuju na taj način simulaciju reprodukcije različitih polutonova.

Različitom veličinom ili učestalošću rasterskih elemenata dobivaju se svjetlijia i tamnija područja slike. Tako se raspon tonova može mijenjati od potpuno nepokrivene tiskovne podloge (bijelo mjesto, 0% pokrivenosti) do potpune pokrivenosti (puni ton, 100% pokrivenosti). Svi se ostali tonovi iskazuju udjelom pokrivenosti površine rasterskim elementima. Rasterska se slika zapravo sastoji od rasterskih elemenata koji su toliko maleni da se međusobno stapanju i da se s normalne udaljenosti gledanja ne mogu razlikovati.

Iako postoje metode stvaranja rasterske slike u kojima svi rasterski elementi nisu jednakog zacrnjenja, većinom se radi s elementima jednakog zacrnjenja. Najčešći je *amplitudno modulirani raster*, u kojem je razmak među središtema elemenata stalan, a dojam tamnije ili svjetlijie površine postiže se većim ili manjim elementima (sl. 4 a, b, c). Razmak među elementima treba biti što manji, kako se pojedini elementi ne bi vidjeli, a razmakom je određena i tzv. *linijatura rastera*, što je broj rasterskih elemenata po dužinskom centimetru. Pojedinačni se elementi ne vide ako je

linijatura veća od 40 elemenata po centimetru. Za kvalitetan tisk linijatura je najmanje 60 elemenata po centimetru, ali na novinskem, nekvalitetnom papiru linijatura ne može biti veća od 30 elemenata po centimetru.



Sl. 4. Rasterska slika s amplitudno moduliranim rasterom (a točkasti, b linijski, c sinusni raster) i s frekvencijski moduliranim rasterom (d)

Računalna je grafika omogućila *frekvencijski modulirani raster*, gdje su svi rasterski elementi jednakog promjera, ali su međusobno slučajno razmješteni (stohastički raster), a dojam većeg ili manjeg zacrnjenja postiže se većom ili manjom gustoćom elemenata (sl. 4 d). Budući da razmještaj elemenata nije pravilan, umjesto linijaturom, gustoća rastera određuje se prosječnom frekvencijom elemenata, koja u praksi iznosi 10...400 elemenata po centimetru. Gornja i donja granica frekvencije određuju se mogućnostima tiska, tj. ovise o pisaču (niskozelulacijski laserski pisač u boji) ili o plošnom tisku, koji je ograničen offsetnom pločom, papirom i bojom.

Raster na zaštićenim dokumentima sastoji se većinom od ravnih, vijugavih, prepletenih ili izlomljenih linija jednake debljine, koje promjenom smjera više ili manje prekrivaju površinu papira. Može se raditi i s tzv. naglašenim rasterom, gdje se pojedini dijelovi reprodukcije pokazuju širim i užim linijama.

Predložak u obliku rastera kopira se na kopirni sloj tiskovne forme. Nakon razvijanja dobit će se tiskovna forma kojoj je površina također podijeljena na mnoštvo sitnih, odvojenih djeleća, koji odgovaraju rasterskim elementima na rasterskoj slici i koji su, svaki posebno, nosioci tiskarske boje prilikom tiska.

*Moare* (franc. moiré, preljev, sjaj) naziv je za optički efekt koji nastaje prekrivanjem dviju ili više rasterskih mrežica s konstantnim razmještajem rasterskih elemenata, npr. u amplitudno moduliranom rasteru. Efekt se očituje kao superpozicija u pojavi trećeg rastera, jer se mesta na kojima se rasterski elementi pre-

klapaju doživljavaju kao svjetlija područja, a mesta na kojima se dodiruju kao tamnija područja. Novi će se raster primijeniti ako je novi period tog rastera veći od 0,3 mm. Međusobno zakretanje dvaju rastera (s linijatutom od 60 elemenata po centimetru) za  $45^\circ$  dat će linijaturu trećeg rastera manju samo za faktor 1,41, pa se to još neće primijetiti. Međutim, međusobno zakretanje za manje od  $10^\circ$  daje linijaturu manju od 30 rasterskih elemenata po centimetru, što se vidi kao pogreška. Višebojna reprodukcija traži ravnomjeru podjelu rasterskih kutova među bojama.

U četverobojnom se tisku moare uklanja različitim nagibom rasterskih izvadaka za pojedine boje. Uobičajeni su nagibi:  $0^\circ$  za žutu,  $15^\circ$  za grimiznu,  $45^\circ$  za crnu i  $75^\circ$  za modrozelenu boju. Rasterski elementi u frekvencijski moduliranom rasteru stohastički su raspoređeni, pa ta vrsta rastera ne pokazuje moare.

Superpozicijom rasterskih mrežica u višebojnom se tisku pojavljuje i tzv. *preostali ili rezidualni moare*. Nakupine rasterskih elemenata u srednjim i tamnim tonovima stvaraju zvjezdice ili rozete, što je posljedica amplitudno modulirane strukture rastera i ne može se ukloniti.

**Višebojna reprodukcija.** Tisak u boji ostvaruje se punim ili čistim bojama, dupleksnim tiskom i četverobojnim tiskom.

*Pune ili čiste boje* (tzv. spot-boje) primjenjuju se u reprodukciji ravnomerno obojene površine, najčešće bez rastera, preko cijele površine. Sivoća se može ostvariti miješanjem crnog i bijelog. Ako se za svaki sivi ton boja miješa posebno, potreban je i toliki broj otiskivanja. Takav se tisak primjenjuje za jednobojne, akromatski čiste površine, najčešće u sitotisku na plakatima i pri reprodukciji umjetničkih serigrafija, u kojima može biti i do pedesetak slojeva boje. Pune boje služe i kao tonske podloge ispod i oko teksta, za dotisk zlatnom i srebrenom bojom, bojama nevidljivim pod dnevnom svjetlošću, metalnim bojama itd. Primjenjuju se i u obliku rastera, najčešće kao podloge u tablicama, pa se jednim prolazom kroz tisak mogu postići različiti intenziteti istog tona boje. S transparentnim i netransparentnim bojama dobivaju se različiti efekti. U sitotisku se, npr., tako izdvajene boje tiskaju i u pedesetak nijansi, što znači isto toliko prolaza kroz tiskarski stroj. Pune boje nisu pogodne za tisak s kontinuiranim prijelazom boja.

*Dupleksni tisak* ostvaruje se s dvije boje. Jedna od njih, obično crna, obuhvaća područja tamnih i srednjih tonova, a druga, svjetlija boja (modra, smeđa ili crvena), prekriva svjetlije površine. Filmovi za pojedine boje rastriraju se pod međusobnim kutom od  $45^\circ$ . Dupleksnim tiskom postiže se bolja reprodukcija tonova i detalja i u tamnjim i u svjetlijim područjima.

*Četverobojni tisak.* Četverobojni se tisak danas smatra standardnim postupkom višebojnog tiska, a temelji se na spoznaji da se kombinacijom modrozelene, grimizne i žute boje (u fotografiji i tiskarstvu nazivaju se cijan, magenta i žuta), koje su komplementarne osnovnim bojama (crvena, zelena, modra), može dobiti bilo koji obojeni ton (v. *Fotografija*, TE 5, str. 566). Međutim, samo s te tri boje ne može se ostvariti potrebna dubina (zacrnenje), pa se nužno dodaje i crna kao četvrta boja.

Pripremna je faza višebojnog tiska snimanje originala, npr. fotografije u boji, kroz optičke filtre, od kojih svaki zadržava (ne propušta) jednu od osnovnih boja i crnu boju. Tako se dobivaju četiri crno-bijela filma (tzv. *dioni izvadci, separacije, ili fotoliti*). Ti filmovi, koji mogu biti crtežni, polutonski ili rasterski, služe kao predlošci za izradbu četiriju tiskovnih formi (za modrozelenu, grimiznu, žutu i crnu boju). Višebojni se tisak zatim ostvaruje višestrukim tiskanjem odgovarajućih boja na istu podlogu.

Tri su standardne četverobojne separacije. Tako se modrozelena, grimizna i žuta boja mogu zamijeniti crnom bojom na sivim (akromatskim) područjima (metoda GCR, engl. Gray Component Replacement). Neutralna područja postaju time stabilnija, a potrošnja je boje manja. To je posebno važno u tisku velikih naklada i tisku s velikim nanosom boje. Manja količina boje omogućuje njezinu bolju kontrolu s obzirom na vrijnost reprodukcije te kraće sušenje. Slična je i metoda UCR (engl. Under Colour Removal), gdje se navedene tri boje zamjenjuju crnom na tamnijim mjestima. Tisak se metodama GCR i UCR različito kontrolira, pa nije dobro obje metode primijeniti na istom tiskovnom arku. Tim je metodama suprotna metoda UCA (engl. Under Co-

lor Addition), u kojoj se modrozelena, grimizna i žuta boja dodaju na jednoličnim (sivim) mjestima, što pojačava doživljaj dubine, posebno u tamnijim područjima. Ta se metoda primjenjuje u visokokvalitetnim reprodukcijama i suvremenom, računalom upravljanom tisku. Pri elektroničkoj izradbi dionih izradaka svjetlost s originala usnimava se također kroz obojene filtre, a zatim se registrira na filmu pomoću triju fotomultiplikatora.

**Usnimavanje i računalna obradba ilustracija.** U računalnoj se grafičkoj pripremi ilustracije (crteži, fotografije i sl.) usnimavaju u računalno pomoću rotacijskog, plošnog ili prostornog *usnimača* (pretražnika, skenera, prema engl. *to scan*, motriti, ispitivati, snimati). To je fotoelektrični uredaj koji ulaznu svjetlost pretvara u odgovarajuće električne signale, pa se tako slika može digitalizirati, unijeti u računalo i obradivati.

Ilustracija se usnimava u slikovnim elementima u obliku točkica ili kvadratiča. Veličina slikovnog elementa određuje se prema veličini ilustracije; ilustracija koja se promatra s udaljenosti od 30 cm dobro se reproducira kvadratičnim slikovnim elementom s duljinom stranice od 0,1 mm. Pretpostavlja se da pojedini slikovni element ima na cijeloj svojoj površini jednak ton, koji je srednja vrijednost svih tonova te površine. Ilustracije u boji usnimavaju se propuštanjem svjetlosti kroz obojene filtre, a njihova se realizacija temelji na principima koji vrijede za četverobojni tisak.

U računalu se slikovni element s dvotonskog predloška obrađuje kao jedan bit informacije, tj. kao crno (neprozirno) ili bijelo (prozirno) polje. Za višetonske crno-bijele ilustracije (ilustracije s polutonovima) jedan slikovni element obično u memoriji računala zauzima jedan bajt (8 bitova), a za ilustracije u boji 3 bajta (24 bita, po 8 bitova za svaku boju). To omogućuje da se raspon od potpune svjetloće do potpune tame razdjeli na 256 (tj.  $2^8$ ) stupnjeva (ljudsko oko razlikuje do 60 sivih stupnjeva) i da se svakom slikovnom elementu pripše jedna od tih 256 tonskih vrijednosti.

Ilustracije, pogotovo višetonske i višebojne, sadrže mnogo više podataka od teksta, pa zauzimaju i mnogo više memorije. Stoga je razrađeno više postupaka za kompresiju podataka radi njihova memoriranja ili prijenosa. Najmanja je potrebna razlučivost u tiskarstvu  $\sim 120$  točaka po centimetru, uz dubinu podataka od 8 bita. Tako četverobojna stranica formata A4 sadrži podatke za koje je potrebna memorija od najmanje 35 megabajta. Višestrukom kompresijom moguće je početnu količinu podataka smanjiti pet, pa i više puta.

*Rotacijski usnimač.* Cijev fotopojaćala lagano se pomiče po cijeloj duljini valjka na koji je pričvršćen predložak (originalna ilustracija), pa usnimač usnima jedan slikovni element za drugim. Fokusirani laserski snop omogućuje razlučivost usnimavanja slikovnih elemenata veličine 0,00042 cm ( $2\ 380$  elemenata po centimetru). Takvo veliko razlučivanje omogućuje usnimavanje malih predložaka koji će se u reprodukciji višestruko povećati. Usnimavaju se transparentni ili refleksni predlošci koji se mogu pričvrstiti na valjak u jednom komadu i jednakе debeline po cijeloj površini.

*Plošni usnimač* sastoji se od stola za smještaj predloška, jake svjetiljke za njegovo osvjetljivanje te glave s nizom nabojno vezanih slikovnih osjetnika (senzora, engl. Charge Coupled Device, CCD) koji su načinjeni u poluvodičkoj tehnologiji (v. *Poluvodiči*, TE 10, str. 656; v. *Računala*, TE 11, str. 345; v. *Televizija u boji*, TE 12, str. 634). Za rad usnimača potrebni su i filtri za selekciju boja, analogno-digitalni pretvarač i prikladno sučelje. Svjetlost reflektirana s predloška usmjeruje se nizom zrcala i leća do senzora. Razlučivanje usnimača ovisi o broju senzora i osnovnom pomaku glave za usnimavanje. Današnji plošni usnimači rastavljaju sliku na  $\sim 470$  slikovnih elemenata po centimetru, a primjenjuju se uglavnom za usnimavanje predložaka koji se prilikom reprodukcije neće višestruko povećavati te za usnimavanje teksta izravno s papira (optički čitač).

*Prostorni usnimač* je fotokamera s dodatkom za izravni prijenos ilustracije u računalo. To može biti fotokamera s integriranim memorijom koja se prazni spajanjem na računalo poslije snimanja, ili digitalna kamera.

*Digitalna kamera* umjesto filma upotrebljava sučelje. Ono usnimava ilustracije preko slikovnih osjetnika (CCD), na koje je

priklučena klasična fotografска камера. Razlučivanje je digitalnih kamera zasada u rasponu od 2,5–40 megabajta. Kamera Sinar (model CB 70) može snimati količinu informacija koja odgovara kapacitetu memorije od 108 megabajta, što traje 100 sekundi. Ilustracija se preuzima senzorima kroz tri separacijska filtra, i to odjednom, s filtrom preko svakog senzorskog elementa, ili u tri odvojena poretka. U nekim se kamerama primjenjuje interpolacijski postupak usrednjavanja vrijednosti susjednih senzorskih elemenata i ubacuju se dodatni segmenti. Snimanje 24-bitne ilustracije s prijenosom u računalo traje jednu do dvije minute. Prema je trajanje ekspozicije mnogo dulje nego u klasičnoj fotografiji, ono je stostruko kraće od vremena potrebnog za snimanje dijapoziativa, njegovo razvijanje i usnimavanje. Digitalna kamera odmah daje sliku, pa je moguća višestruka, uzaštopna upotreba snimanjem originala pod različitim uvjetima, različitim osvjetljenjem, drukčijim kutom snimanja i novim razmještajem elemenata, a u memoriji se ostavlja samo uspјeli snimak. Međutim, digitalne su kamere prikladne u prvom redu za usnimavanje statičnih objekata i nepokretnih predložaka.

V. Žiljak

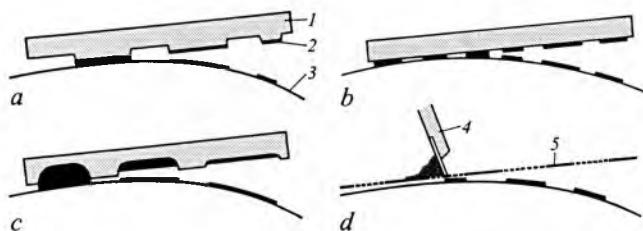
## TISKOVNE FORME

U procesu grafičke reprodukcije tiskovne su forme nosioci slike. Pod slikom se razumije bilo koji grafički zapis koji se tiskarskom bojom prenosi na tiskovnu podlogu (npr. na papir ili koji drugi materijal). Slika, dakle, uključuje i tekst i ilustracije (crteži, fotografije i sl.). Struktura i svojstva tiskovnih formi u najvećoj mjeri određuju način dobivanja otiska.

Prema tehnicima tiska, ali i unutar pojedine tehnike, tiskovne se forme razlikuju prema materijalu od kojeg su izrađene, prema načinu pripreme, a posebice prema postupku prijenosa slike, a potom i postizanja potrebnih funkcionalnih svojstava. Međutim, bez obzira na te razlike, svaka se tiskovna forma sastoji od tiskovnih elemenata i slobodnih površina. Tiskovna je forma definirana njihovim međusobnim odnosom i svojstvima, a time je definirana i tehnika tiska.

*Tiskovni elementi* funkcionalni su dijelovi tiskovne forme; oni su nosioci boje, pa se boja s njih, odnosno iz njih ili kroz njih, već prema tehnicima tiska, prenosi na tiskarsku podlogu. Pritom se boja može nanositi na podlogu izravno (visoki, duboki i propusni tisk) ili neizravno (plošni offsetni tisk). Tiskovni elementi po rasporedu, veličini i obliku odgovaraju elementima predloška. *Slobodne površine* jesu sve površine između i oko tiskovnih elemenata, one ne prenose boju, ali u nekim tiskarskim tehnikama imaju funkcionalna svojstva, koja trebaju biti bitno različita od svojstava nositelja boje.

Tiskovni se elementi od slobodnih površina mogu razlikovati (sl. 5) po reljefu, tj. visini ili dubini (visoki tisk, duboki tisk), po selektivnom fizičko-kemijskom afinitetu prema različitim vrstama tvari (plošni tisk), po propusnosti za boju prikladne konzistencije (propusni tisk) i sl. U digitalnom se tisku dvije vrste površina razlikuju po nabijenosti elektrostatičkim nabojem, koji će selektivno prihvatićati čestice boje (čvrstog ili tekućeg tonera) koje nose suprotan nabolj. Tiskovne se forme izrađuju u obliku ploča ili valjaka. Ploče su, međutim, rijetko ravne; gotovo su uvek obavijene oko temeljnog valjka u tiskarskom stroju. Iznimka su tiskovne forme u propusnom tisku (sitotisk), koje su većinom ravne mrežice.



Sl. 5. Visoki (a), plošni (b), duboki (c) i propusni tisk (d). 1 tiskovna forma, 2 tiskarska boja, 3 tiskovna podloga, 4 nož, 5 mrežica

U konvencionalnim tehnikama grafičke reprodukcije tiskovne su forme nepromjenjive (statične). Nasuprot tome, u digitalnom tisku, a i drugim nemehaničkim tiskarskim postupcima, slika se generira računalom te ima promjenjivi (dinamički) karakter. Već je iz toga razvidno da su se tiskovne forme u posljednje vrijeme znatno razvile, kao i cijelokupno područje grafičke reprodukcije.

Izradba tiskovnih formi dugo se vremena temeljila na foto-kemijskom prijenosu slike i na kemijskim postupcima oblikovanja tiskovnih elemenata. Stoga se i područje rada vezano uz tiskovne forme uobičajeno nazivalo *kemigrافija*. Danas je, međutim, priprema tiskovnih formi dio visokorazvijene grafičke pripreme, kao njezina posljednja faza. Sam je postupak često više-fazan i uključuje ne samo kemijske već i fizikalne, elektrokemijske procese. Primjenom visoke tehnologije mnogi su od tih postupaka upravljeni računalom.

## Grada i značajke tiskovnih formi

**Tiskovne forme za visoki tisk.** Visoki tisk, prvobitna i dugo vremena jedina tehnika tiska, služi se reljefnom tiskovnom formom, pri čemu su tiskovni elementi izbočeni, a slobodne površine udubljene (sl. 5 a). Otisk se dobiva izravnim dodirom tiskovnih elemenata, na koje je nanesen sloj tiskarske boje, s tiskovnom podlogom (papir i sl.). Iznimno, u indirektnom visokom tisku, tiskovna se forma ne nalazi u dodiru s podlogom, nego se boja prenosi ofsetnim valjkom.

Svi su tiskovni elementi u istoj ravnini. Visina reljefa može, s obzirom na slobodne površine, varirati prema vrsti i namjeni tiskovne forme, i to od 0,7 mm (standardna je debljina metalne ploče 1,7 mm), pa do 4–6 mm (fleksografske ploče, kojima ukupna debljina može biti do 8 mm). Nagib bokova tiskovnih elemenata treba biti 65°, da bi pojedini rasterski elementi dobili oblik krvnog stoča te da bi imali dovoljnu čvrstoću i stabilnost pod velikim opterećenjima koja na njih djeluju tijekom tiska.

Sve donedavno tiskovne su se forme za visoki tisk izrađivale od različitih metala ili slitina, u prvom redu od olova, ali i od cinka, magnezija, bakra i čelika. Odumiranjem klasičnoga visokog tiska takve se tiskovne forme praktički prestaju upotrebljavati, osim za slijepi tisk i folijski tisk. Danas se još u malom opsegu izrađuju od slitine sitnozrnatog cinka s vrlo malim dodatcima aluminija i magnezija (tzv. mikrocink) ili od slitine magnezija s malim udjelima aluminija i cinka. Da bi reljef bio jednoličan, a površina slitine ostala što finija, upotrebljavaju se metali sitnozrnate i homogene strukture.

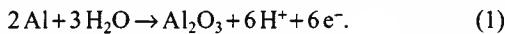
Posljednjih se godina snažno razvio fleksografski tisk, posebice u tisku ambalaže, kao zasebna vrsta visokog tiska. Tiskovne su forme u fleksografiji nemetalne, a izrađuju se gotovo samo od polimernih materijala koji su dovoljno elastični i u kojima se godnjim postupkom može dobiti potreban reljef.

**Tiskovne forme za plošni tisk.** Plošni je tisk danas najraširenija i najviše primjenjivana tiskarska tehnika i njezine su tiskovne forme dostignule najveći razvoj. Obilježje je te tehnike da se tiskovni elementi i slobodne površine nalaze nominalno u istoj ravnini (sl. 5 b). Stvarni reljef, koji se iz tehnoloških razloga ne može izbjegći, ne iznosi više od 2–3 μm i nema nikakva utjecaja pri otiskivanju. Međutim, tiskovni se elementi i slobodne površine razlikuju po svojim površinskim svojstvima, najčešće po afinitetu prema vodi (hidrofilnost) i odbijanju ulja (oleofobnost), odnosno prema afinitetu prema ulju (oleofilnost) i odbijanju vode (hidrofobnost). Na temelju razlike u površinskim svojstvima tiskarska se boja prihvata na tiskovne elemente, a ne i na slobodne površine. Tako je plošni tisk jedina tehnika grafičke reprodukcije gdje i slobodne površine funkcionalno sudjeluju u procesu otiskivanja. Između tiskovne forme i tiskovne podloge nema izravnog dodira; boja se prenosi neizravno, preko gumene navlake.

Tiskovne forme za plošni tisk prošle su dug razvojni put, od litografskoga kamena, preko cincanih ploča za višekratnu uporabu do suvremenih formi. Posebno valjani aluminijski lim danas je glavni materijal za izradbu tiskovnih formi za standardni plošni tisk, s tek vrlo malim udjelom višeslojnih, višemetalnih ploča (za vrlo visoke naklade), hidrofilnih poliesterskih folija (za male naklade i jednostavne, jednobojne reprodukcije) i elektrostatičkih

ploča. U novije vrijeme razvile su se nemetalne višeslojne ploče za bezvodni ofsetni tisak.

**Aluminijске ploče za ofsetni tisak.** Premda su površinska građa i svojstva važni za sve vrste tiskovnih formi, ipak su oni posebno bitni za tiskovne forme koje se primjenjuju u plošnom tisku. Stoga je obradba površine aluminijskog lima ključna za uspješno odvijanje plošnog tiska, gdje tiskovni elementi i slobodne površine imaju podjednako važnu ulogu. Površina aluminija podvrgava se nizu mehaničkih, kemijskih i elektrokemijskih postupaka, kojima se postiže potrebna svojstva. Nakon čišćenja i odmašćivanja, zrnčanjem površine postiže se njezin diskontinuitet. Time se znatno povećava specifična površina i sposobnost adsorpcije na takvu površinu. Zrnčanje može biti mehaničko (rotirajućim četkama s metalnim ili plastičnim nitima), kao mokri ili suhi postupak. U novije se vrijeme primjenjuje elektrokemijsko zrnčanje, tj. kontrolirano anodno otapanje aluminija, čime se dobiva potpuno definirana geometrija površine. Premda se aluminij kisikom iz zraka spontano oksidira, na površini treba nakon zrnčanja stvoriti oksidni sloj određene debljine i svojstava. To se postiže anodnom oksidacijom u kiselim otopinama (oksalna, kromna ili sumporna kiselina) prema reakciji



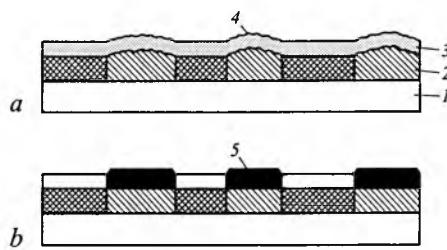
Dobiveni sloj aluminijeva oksida debljine je  $2 \cdots 4 \mu\text{m}$  i on slijedi reljef prethodno nazrnčane površine. Oksidni se sloj sastoji od niza heksagonalnih prizmi s otvorom u sredini, koji se zatvara nakon anodizacije siliranjem (obradba vrućom vodom).

Anodna oksidacija aluminija ima višestruku namjenu. Velika tvrdoća aluminijeva oksida daje tiskovnim formama trajnost i otpornost na trošenje koje nastaje abrazijom česticama punila iz papira i čvrstim česticama iz tiskarskih boja. Poroznost oksidnog sloja dalje povećava specifičnu površinu, a polarni karakter omogućuje snažnu adsorpciju i čvrsto vezanje molekula koje s tom površinom dolaze u dodir.

Nakon anodne oksidacije oksidna se površina aluminijskog lima oslojava jednim od kopirnih slojeva, pretežno pozitivskim diazo-slojem. Oslojeni se lim zatim suši i reže u normirane forme ploča. Nakon fotomehaničkog kopiranja slike s predloška i razvijanja, neki dijelovi ploče ostaju pokriveni kopirnim slojem i stoga imaju oleofilnu, hidrofobnu svojstva. Stoga se u dodiru s vodom neće vlažiti, pa će primati i prenositi boju. Međutim, na dijelovima ploče s kojih se kopirni sloj naknadno uklanja ostaje prvočitna oksidna površina, koja je hidrofilna, pa se u dodiru s vodom vlaži i neće primati ni prenositi boju.

**Višemetalne tiskovne forme** za plošni tisak zanimljive su po svojoj specifičnoj građi. Za razliku od monometalnih aluminijskih formi, ulogu tiskovnih elemenata i slobodnih površina preuzimaju dva metala različitih svojstava. Moguće su različite kombinacije metala, ali se u svima nalaze krom i bakar. Oni se elektrokemijski nanose u tankom sloju ( $1 \cdots 2 \mu\text{m}$ ) na podlogu od aluminija ili čelika. Slika se na ploču prenosi fotomehaničkim postupkom preko kopirnog diazo-sloja. Razvijanjem kopije otvaraju se dijelovi površine gornjega, kromnog sloja. Na njih se djele kiselom otopinom koja sadržava kloridne ione, koja će krom otopiti, ali ne i bakar ispod njega. Tako se otvaraju dijelovi ploče s bakrom, koji je hidrofoban, pa će oni služiti kao tiskovni elementi. Naknadnim otapanjem preostalog kopirnog sloja oslobođaju se dijelovi ploče s kromom, koji je hidrofilan i služi kao slobodna površina. Višemetalna tiskovna forma omogućuje pri reprodukciji vrlo visoku rezoluciju i veliku nakladu, ali se sve manje upotrebljava, jer su današnje monometalne ploče vrlo sličnih reproduksijskih karakteristika jeftinije.

**Tiskovna forma za bezvodni ofsetni tisak** također ima vrlo specifičnu građu, a djeluje bez primjene vode ili sredstva za vlaženje. Na aluminijskoj podlozi nalazi se kopirni sloj organskog monomera te sloj silikonske gume. Djelovanjem ultraljubičastog zračenja monomer polimerizira i ujedno se čvrsto veže sa silikonskim slojem. Neosvjetljeni dijelovi slojeva ne vežu se međusobno, a pri razvijanju u prikladnom otapalu silikonski sloj na tim mjestima bubre i lako se trljanjem uklanja s ploče. Ta će mjesta primati boju i djelovati kao tiskovni elementi, a slobodne površine bit će područja gdje su se slojevi povezali (sl. 6).



Sl. 6. Tiskovna forma za bezvodni ofsetni tisak nakon kopiranja (a) i nakon razvijanja (b). 1. podloga, 2. kopirni sloj organskog monomera, 3. silikonska guma, 4. neosvjetljeni dijelovi sloja, 5. tiskarska boja

Reljef koji nastaje na tiskovnoj formi, premda vrlo malen, stvara vrlo oštре rubove tiskovnih elemenata, pa time i kvalitetnu reprodukciju. S druge strane, nedostatak je bezvodne tiskovne forme, osim visoke cijene, veliko zagrijavanje prilikom otiskivanja, jer nema vlaženja pri kojem voda odvodi dio topline. Stoga se za tu tiskarsku tehniku upotrebljavaju boje posebne konzistencije.

**Tiskovna forma za svjetlotisak.** Svjetlotisak je vrsta plošnog tiska koja daje karakteristične višetonske reprodukcije. Tiskovna se forma priprema na specifičan način. Brušena staklena površina oslojava se otopinom želatine, koja je senzibilizirana dikromatnim solima. Predložak za kopiranje višetonski je negativ, kroz koji se osvjetljuje osušeni fotoosjetljivi kopirni sloj.

Djelovanjem svjetlosti uz prisutnost senzibilizatora hidratisani koloidi, pa tako i želatinu, ireverzibilno se dehydratiraju (gube vodu) i tako gube hidrofilni karakter te mogu djelovati kao nositelji boje. Stupanj dehydratacije razmjeran je količini svjetlosti koja kroz višetonski negativ dospije u sloj. Tako će i količina boje koja će se primiti i prenijeti na otisk ovisiti o količini svjetlosti i stupnju dehydratacije. Neosvjetljeni dijelovi sloja zadržat će molekule vode u okruženju koloidnih molekula, a time i svoj hidrofilni karakter, pa će u tisku djelovati kao slobodne površine.

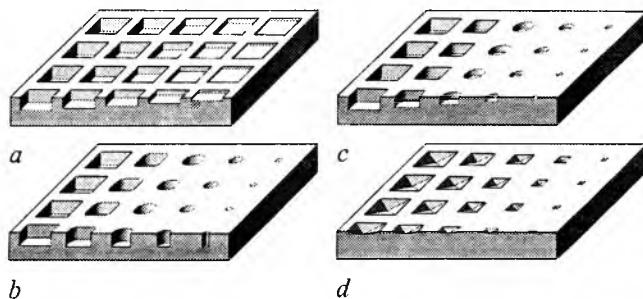
Zbog osjetljivosti postupka i izrazito male naklade koja se može dobiti sa staklene tiskovne forme, svjetlotisak danas nema nikavu važnost u industrijskoj grafičkoj proizvodnji.

**Tiskovne forme za duboki tisak** također su reljefne, ali potpuno suprotnih značajki od onih za visoki tisak. Naime, tiskovni su elementi udubljeni u tiskovnu formu, dok su slobodne površine izbočene (sl. 5c). Tiskarska je boja mnogo manje viskoznosti nego u drugim tehnikama tiska. Tiskovna je forma uglavnom od bakra (bakrotisak), a mnogo rijede od čelika (čelični reljefni tisak) ili drugih metala (mjed). Kao tiskovna forma za bakrotisak pretežito služi valjak, koji se sastoji od bakrenog sloja debljine 150  $\cdots$  200  $\mu\text{m}$  (*Ballardov plasti*), elektrolitički nanesenog na temeljni bakreni sloj debljine 20  $\cdots$  50 mm.

Tiskovni su elementi u obliku rastera, a mogu biti različitih presjeka i različite dubine, pa prema tome i različitog obujma. To znači da će na papir dospijeti iz svakog tiskovnog elementa druga količina boje, koja odgovara značajkama originala ili predloška na tom mjestu. Time se u dubokom tisku (ali samo u konvencionalnom bakrotisku) mogu dobiti nanosi boje različite debljine i skoro prava višetonska reprodukcija. Geometrijski je oblik tiskovnih elemenata različit, sukladno postupku kojim se izrađuje tiskovna forma, od krne piramide (jetkanje), preko šiljate prizme deltoidne osnove (elektroničko graviranje), pa do cilindričnog oblika sa zaobljenim dnem (lasersko graviranje). Njihova najveća dubina iznosi do 50  $\mu\text{m}$ .

Razlikuje se nekoliko tipova tiskovnih formi za bakrotisak. Tiskovna forma za *konvencionalni (obični) bakrotisak* ima tiskovne elemente u obliku rasterskih udubina koje su međusobno jednake po obliku i ploštinu, a različite po dubini (sl. 7a), što se na otisku očituje u različitom nanosu boje, koji omogućuje kvalitetnu izradbu višetonskih reprodukcija. Detalje ne reproducira tako oštro kao knjigotisak ili ofsetni tisak, ali daje vrlo bogatu skalu tonova u prijelazima između svjetla i sjene.

Tiskovna forma za *autotipijski bakrotisak* ima također tiskovne elemente u obliku rasterskih udubina, ali su one jednake dubine, a različite ploštine (sl. 7b). Količina boje, a time i tonska vrijednost, regulira se prema tome ploštinom, a ne dubinom rasterske udubine. Ta se vrsta bakrotiska primjenjuje za tisak višebojnih reprodukcija.



Sl. 7. Tiskovne forme dubokog tiska

Tiskovna forma za *kombinirani bakrotisak* ima karakteristike običnog i autotipijskog bakrotiska, tj. udubine su različite ploštine i različite dubine (sl. 7 c).

*Elektrogravirni bakrotisak* ima također udubine različite ploštine i različite dubine (sl. 7 d), koje se izrađuju elektroničkim graviranjem, pri čemu se izravno na uređaju mogu obaviti reprofotografski zahvati (separacija boja, promjene raspona gustoće zacrnjenja i sl.).

*Tiskovna forma za čelični reljefni tisak*. Tiskovna se forma izrađuje u čeliku, u obliku ploča ili blokova. Premda se može primijeniti neki od fotomehaničkih postupaka s konvencionalnim kopirnim slojem i kemijskim otapanjem (jetkanjem), ipak se pretežito primjenjuje graviranje svrdlima s dijamantnim vrškom pri velikom broju okretaja. Motiv se može očitavati sa šablone i mehanički (pomoću pantografa) prenositi na čeličnu površinu. Danas se gravirnim uređajem upravlja računalom.

*Tiskovne forme za propusni tisak* (sitotisak). Za razliku od drugih tiskarskih postupaka, u propusnom tisku tiskovna forma ne služi da boju prenosi na podlogu, nego se boja kroz nju propušta na podlogu. Tiskovni su elementi, dakle, otvoreni i propusni za boju, dok su slobodne površine zatvorene i nepropusne (sl. 5 d). Osnova je tiskovne forme mrežica ili sito od prirodne svile, sintetskoga polimernog materijala ili metalnog pletiva, odnosno perforirana tanka ploča ili bubanj. Takva se mrežica ravnomjerno napinje na metalni ili drveni okvir, uz istezanje od 3...5%, a može se višekratno upotrijebiti. Tiskovna je forma određena ne samo materijalom i načinom tkanja već i linijaturom mrežice (10...180 niti po centimetru) i debljinom niti, tj. omjerom debljine niti i širine otvora između njih.

Tiskovna se forma može za tisak pripremiti izravno, na napejtoj mrežici oslojenoj koloidnim kopirnim slojem, ili neizravno, na nekoj drugoj podlozi, oslojenoj opet koloidnim slojem, a koji se, nakon stvaranja slike, utiskuje u mrežicu, a podloga se odvaja. Slika se u senzibiliziranim slojevima dobiva fotomehaničkim postupkom, dakle, potreban je film kao predložak, a u nesenzibiliziranim slojevima izrezivanjem, i to ručno, pantografski ili pomoću računalom upravlјana crtala, koje umjesto pisaljke ima dijamantni vršak. Grada tiskovne forme, posebice struktura mrežice, omogućuju otiskivanje većih nanosa boje i dobivanje posebnih efekata, što se često primjenjuje u umjetničkom sitotisku, *serigrafiji*.

#### Prijenos slike na tiskovnu formu

Slika za reprodukciju može se s predloška prenijeti na buduću tiskovnu formu elektrofotografskim, elektromehaničkim i fotomehaničkim postupkom.

**Elektrofotografski postupak.** Tim se postupkom izravno s jednotonskog ili višetonskog predloška slike prenosi na poluvodički tip tiskovne forme za plošni tisak (elektrostatičke ploče; v. *Elektrostatičke operacije*, TE 5, str. 50; v. *Fotografija*, TE 5, str. 579).

**Elektromehanički postupak** sastoji se u graviranju metala, a mnogo rijede i nemetala. Danas se primjenjuje praktički samo u pripremi tiskovne forme za duboki tisak, a često se netočno naziva elektronskim graviranjem. Uređaj pod nazivom *helikoklišograf* sastoji se od optičkog dijela koji djeluje kao usnimač (skener), računalom vođena upravljačkog dijela i gravirne glave. Slika snimljena kao refleksni negativ na poseban, tzv. opal-film, rotira na valjku, gdje je uz mali uzdužni pomak pri svakom okretaju usnimava optička glava u nizu usporednih linija. Reflektirana

se svjetlosna zraka pretvara u fotočeliji u električni signal, koji se potom pojačava i modulira te preko upravljačkog dijela šalje u gravirnu glavu. Dijamantna igla gravira bakreni sloj u istom slijedu linija kako su očitane s predloška. Za razliku od usnimanja, koje je kontinuirano, graviranje je diskontinuirano, tj. igla gravira frekvencijom koja odgovara gustoći linija (najčešće 60, 70 ili 90 linija po centimetru). Time se dobiva pravilan raster i raspored udubljenja u metalu, tj. tiskovnih elemenata. Međutim, udubljenja nisu iste dubine, jer ona ovisi o gustoći zacrnjenja usnimanog mjeseta na predlošku i jakosti reflektirane svjetlosti. Zbog piramidnog oblika igle, s dubinom će se mijenjati i površine graviranih elemenata. Tako će tiskovni elementi imati različit obujam, pa će i količina boje koja se iz njih prenosi na papir biti različita.

Elektromehaničko graviranje može se danas povezati izravno s računalom, pa se slika usnimaljena ili generirana u računalu upućuje izravno na gravirnu glavu, a uređaj za graviranje djeluje kao izlazna jedinica računala.

**Fotomehanički postupak** još je uvijek najučestaliji postupak prijenosa slike na većinu tipova tiskovnih formi, bez obzira na tehniku tiska. Za prijenos slike potreban je fotoosjetljivi kopirni sloj kao posrednik, koji djeluje kao receptor informacije prenesene uz pomoć elektromagnetskog zračenja, najčešće u vidljivom dijelu spektra. Slika se na buduću tiskovnu formu može najčešće prenijeti izravno, ili pak neizravno, npr. preko pigmentnog papira za konvencionalni duboki tisak ili preko oslojene folije za indirektni sitotisak.

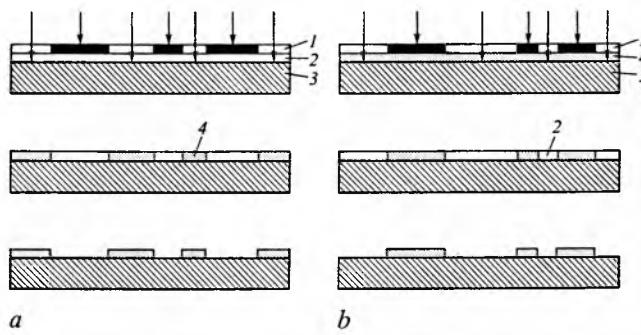
Slika treba biti pripremljena kao reprofotografski predložak, u obliku prozirnog pozitiva ili negativa s točno definiranim elementima. Predložak se kontaktno kopira na fotoosjetljivi kopirni sloj nanesen izravno na ploču, valjak, foliju ili napetu mrežicu, odnosno na koju drugu podlogu s koje će se kopija potom prenijeti na tiskovnu formu. Za kopiranje služe kopirni okviri, gdje se predložak stavlja na kopirni sloj pod staklenim pokrovom, a potpuni se kontakt postiže vakuumom.

Izvori elektromagnetskog zračenja koji se upotrebljavaju u fotomehaničkom postupku različiti su konstrukcija i punjenja. Najviše su u primjeni tzv. metal-halogene cijevi, koje daju ljubičastoplavu svjetlost. Njihova krivulja spektralne emisije ima nekoliko jasno izraženih maksimuma intenziteta zračenja, od kojih je posebno važan onaj pri 450 nm. Ksenonske svjetiljke emitiraju u najvećem dijelu vidljivog spektra gotovo ujednačenim intenzitetom. Stoga emitiraju bijelu svjetlost, no za djelovanje na kopirne slojeve potrebno je dulje vrijeme i više energije, pa se u novije vrijeme manje upotrebljavaju. Natrijske i živine svjetiljke gotovo se uopće ne primjenjuju zbog neodgovarajućeg spektra i problema s hlađenjem.

Kopija predloška nastaje kao rezultat djelovanja elektromagnetskog zračenja na fotoosjetljivi kopirni sloj. Pod utjecajem zračenja prikladne valne duljine na ozračenim se (osvijetljenim) mjestima mijenjaju struktura i svojstva sloja, što se najčešće pokazuje kao promjena topljivosti u prikladnom otapalu. Te promjene mogu biti dvojake, pa se razlikuju tzv. negativski i pozitivski kopirni slojevi. *Negativski slojevi* (svi koloidni slojevi, slojevi organskih monomeru, neki diazo-slojevi), koji su prvobitno topljni u određenom otapalu, osvijetljivanjem prelaze u netopljiv oblik, pa nakon kopiranja osvijetljeni dijelovi sloja ostaju na podlozi, a neosvijetljeni se dijelovi uklanjuju tzv. *razvijanjem*, tj. otapanjem (sl. 8 a). Nasuprot tome, *pozitivski slojevi* (samo neki diazo-slojevi, ali najčešće upotrebljavani), prvobitno netopljni, osvijetljivanjem prelaze u topljni oblik, pa se nakon kopiranja osvijetljeni dijelovi sloja otapanjem uklanjuju s podloge (sl. 8 b).

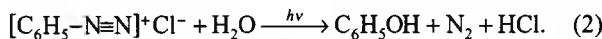
Kombinacijom slojeva različitih svojstava s dijapositivima ili negativima kao reprofotografskim predlošcima može se, kao rezultat kopiranja, dobiti bilo pozitivska ili negativska kopija. To zavisi od tiskarske tehnike za koju se tiskovna forma priprema, ali i od postupaka njezine izradbe, koji mogu biti različiti. Tako se, npr., u plošnom tisku primjenjuju ploče oslojene negativskim i ploče oslojene pozitivskim slojevima.

Kopirni slojevi djeluju kao fotoreceptori u određenom području valnih duljina te se elektromagnetskim zračenjem na njih prenosi informacija s predloška. U grafičkoj reprodukciji pretežito se upotrebljavaju tri vrste kopirnih slojeva: koloidni slojevi, diazo-slojevi i fotomonomerni slojevi.



Sl. 8. Kopiranje na negativskom (a) i pozitivskom kopirnom sloju (b). 1 predložak, 2 topljivi kopirni sloj, 3 podloga, 4 netopljivi kopirni sloj

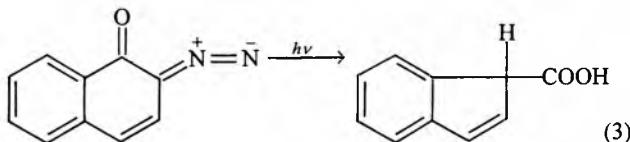
**Koloidni slojevi.** Neki su prirodni i sintetski koloidi (želatina, poli(vinil-alkohol), gumičarika) u naznočnosti senzibilizatora osjetljivi na elektromagnetsko zračenje određenih valnih duljina. Pritom hidrofilni koloid ireverzibilno prelazi u stvrdnuti i relativno stabilni gel. Kao senzibilizatori dugo su se upotrebljavale dikromatne soli, ali su one iz ekoloških razloga nepogodne (vrlo malo su se još zadržale u svjetlotisku). Danas se u te svrhe primjenjuju diazo-soli, koje su ujedno trajnije i stabilnije. Takve se soli osvjetljivanjem raspadaju i tek produkt te fotolize dalje djeluje na hidratirane koloidne molekule. Primjerice, u prisutnosti vode fenildiazonijev klorid prelazi u fenol, koji potom djeluje kao sredstvo za stvrdnjivanje:



Kopiranjem i razvijanjem osvjetljjeni dijelovi koloidnog sloja očvršćuju i postaju relativno netopljivi. Neosvjetljeni se hidratirani koloid ne mijenja i lako se otapa u vodi. Koloidni kopirni slojevi općenito su dosta nestabilni i osjetljivi na razne utjecaje (temperatura, vlaga, starenje), pa danas nemaju široku primjenu. Ipak, rabe se pretežito u dubokom tisku i sitotisku. Svi su negativskog karaktera, a spektralna im je osjetljivost u vidljivom dijelu spektra do valne duljine 570 nm. Krivulje apsorpcije imaju dva maksimuma, pri 380 nm i 450 nm, od kojih je prvi jače izražen.

**Diazo-slojevi** vrlo su rašireni, posebice u oslojavanju ploča za ofsetni tisk. Iznimno su postojani, a mogu imati pozitivski ili negativski karakter.

Pozitivski diazo-slojevi sadrže teško topljivi naftakinondiazid. Osvjetljivanjem se raspada ne samo diazo-skupina već i šesterčlani prsten, a produkt te reakcije ima polarnu karboksilnu skupinu, pa je nastali spoj topljiv u lužnatim otopinama:



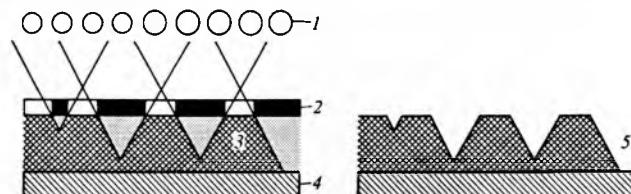
Negativski slojevi sadrže visokomolekulne diazo-spojeve s nekom polarnom skupinom, koja im daje veliku topljivost. Osvjetljivanjem se diazo-skupina razgrađuje i zamjenjuje mnogo manje polarnom hidroksilnom skupinom, pa osvjetljeni dijelovi sloja postaju teško topljivi.

Spektralna je osjetljivost kopirnih diazo-slojeva u području od 350–500 nm, s jako izraženim maksimumom pri 380 nm, pa su oni osjetljivi na ljubičastoplavi dio spektra. Osim postojanosti, slojevi imaju izrazito oleofilan karakter, tako da se već samim kopiranjem i razvijanjem na tiskovnoj formi za plošni tisk dobivaju jasno izraženi tiskovni elementi i slobodne površine.

**Fotomonomerni slojevi** sadrže organske monomere, niže polimere ili njihove smjese, koje pod utjecajem elektromagnetskog zračenja polimeriziraju, stvarajući tzv. *fotopolimere*, tj. visokomolekulne, teško topljive polimere (v. *Polimerizacija*, TE 10, str. 573). Ako nisu posebno senzibilizirani, fotomonomerni slojevi osjetljivi su na valne duljine izvan vidljivog dijela spektra (<350 nm).

Svi su fotomonomeri negativskog karaktera, a u grafičkoj reprodukciji imaju dvojaku ulogu: u tankom nanosu ( $3\text{--}5\mu\text{m}$ )

djeluju kao negativski kopirni slojevi, pretežito na ofsetnim tiskovnim formama. Pritom se ponašaju jednako kao i negativski diazo-slojevi. S druge strane, kako polimerizacija nije samo površinska, nego se zbuva u cijeloj masi, takvi se slojevi mogu nanositi u većim debljinama i primjenjivati za samostojne reljefne tiskovne forme. Takav sloj može biti nanesen na tanku metalnu ili poliestersku podlogu, a može biti i samonošiv, velike debljine, do 8 mm (sl. 9).



Sl. 9. Priprema fotopolimerne tiskovne forme. 1 izvor zračenja, 2 predložak, 3 fotomonomeri sloj sveć stvrdnutim dijelovima, 4 podloga, 5 reljefna tiskovna forma

Po konzistenciji fotomonomerni slojevi mogu biti tekući, kruti ili elastični, što ovisi o omjeru monomera i polimera. Što je udio polimera u smjesi veći, tvrdoća i čvrstoća ploče bit će veće, ali osjetljivost manja. Tekućim se monomerima (uz dodatak senzibilizatora ili bez njega) oslojavaju aluminijске ofsetne ploče i ploče za bezvodni ofsetni tisk, kruti monomeri služe također za bezvodni ofsetni tisk, ali i umjesto metalnih tiskovnih formi za klasični visoki tisk, dok se elastične ploče primjenjuju u fleksotisku.

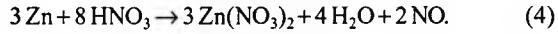
Dubina reljefa određena je trajanjem polimerizacije, odnosno eksponicije. Nakon ozračivanja polimerizirani dijelovi sloja ostaju čvrsto vezani na ploču, dok se neozračeni i nepolimerizirani dijelovi ispiru u pogodnom otopalu. Već prema vrsti monomera, za razvijanje se primjenjuju različita organska otopala ili lužnate otopine, a u novije vrijeme i voda. Nakon ozračivanja i razvijanja te ispiranja, polimerizirane se forme suše u struji toplog zraka i potom bez predloška izlažu ultraljubičastom zračenju radi konačnog učvršćenja.

#### Oblikovanje tiskovnih elemenata i slobodnih površina

U većini postupaka izradbe tiskovnih formi, bez obzira na tiskarsku tehniku i način izradbe, tiskovni elementi i slobodne površine potpuno su određeni već samim prijenosom slike s predloška na tiskovnu formu te eventualnom obradbi slike. To vrijedi u prvom redu za elektrograviranje, ali i za tiskovne forme za plošni tisk, koje već samim kopiranjem i razvijanjem dobivaju svoj konačni oblik i sposobnost reprodukcije; tiskovni elementi i slobodne površine imaju jasno izražen oleofilni, odnosno hidrofilni karakter. Nije potrebno dodatno hidrofiliziranje, oleofiliziranje ili fiksiranje, već samo zaštita tankim slojem kisele otopine gumičarike, koja prijeći dodir tiskovne forme s atmosferom i štiti je do upotrebe u tiskarskom stroju. Također, tiskovne forme na temelju organskih monomera, npr. za fleksografski tisk, u cijelosti su definirane samim kopiranjem i razvijanjem, čime se postiže potreban reljef. Potrebno je tek sušenje i učvršćivanje forme ultraljubičastim zračenjem. Isto se, u načelu, može ustvrditi i za tiskovne forme za propusni tisk.

Međutim, za metalne reljefne tiskovne forme za visoki tisk i za duboki tisk, ako se ne izrađuju graviranjem, potrebno je tiskovne elemente i slobodne površine posebno oblikovati. Slika se prvo prenosi fotomehanički na površinu tiskovne forme oslojenu kopirnim slojem. Dijelovi površine koji nakon razvijanja ostaju prekriveni kopirnim slojem bit će na konačnoj tiskovnoj formi reljefno izbočeni, dok će oni s kojih je kopirni sloj razvijanjem uklonjen biti udubljeni. Udubljivanje se postiže *jetkanjem*, tj. kemijskim otapanjem metala u otopinama kiselina odgovarajućeg sastava i koncentracije, a produkti reakcije u pravilu su topljive soli. Jetkanje se provodi u strogo kontroliranim uvjetima, kojima se utječe na brzinu procesa, dubinu reljefa te oblik tiskovnih elemenata.

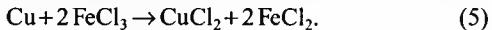
Metalne tiskovne forme za visoki tisk, koje se danas za folijski tisk i slijepi tisk izrađuju od slitina sitnozrnatog cinka ili magnezija, jetkaju se, najbolje pri temperaturi od  $27^\circ\text{C}$ , razrijeđenom dušičnom kiselinom:



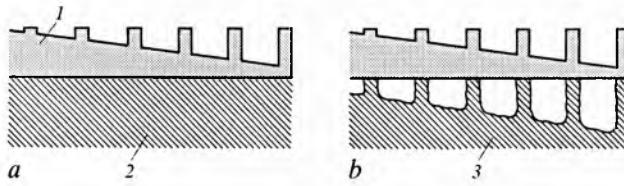
Danas se primjenjuje samo jednofazno jetkanje u strojevima u kojima se rotirajućim lopaticama ili mlaznicama kiselina pod tlakom raspršuje na površinu ploče. Otopini se dodaje i sredstvo za zaštitu bokova, koje se adsorbira na nastale bokove tiskovnih elemenata i sprečava njihovo širenje.

Za konvencionalni i autotipijski bakrotisak bakar se na valjku jetka otopinom željeznog(III) klorida,  $\text{FeCl}_3$ . Elektrolički naneseni bakar ima sitnozrnatu i vrlo homogenu kristalnu strukturu, pa je jetkanje jednolično, a nisu potrebna ni sredstva za zaštitu bokova. Prijе jetkanja slika se na bakrotiskarski valjak može prenijeti izravno, kopiranjem na površinu valjka oslojenju koloidnim (želatinskim) fotoosjetljivim slojem, ili pak neizravno, tako da se kopija priprevi najprije na tzv. *pigmentnom papiru*, koji sadrži isti kopirni sloj, a zatim mehanički prenese na valjak.

Za razliku od drugih kopirnih postupaka, u konvencionalnom dubokom tisku dubina je prodiranja svjetlosti kroz kopirni sloj različita, razmjerna gustoći zacrnjenja na predlošku (koji je u toj tehnici višetonski dijapozitiv), a takva je stoga i debljina stvrdnutoga kopirnog sloja (sl. 10 a). Nakon toga se izradba tiskovne forme odvija u tri faze. Prvo se želatina, koja je prilikom kopiranja, razvijanja i sušenja bila dehidratirana, ponovno hidratira vodom iz otopine željeznog klorida. Pritom želatinski sloj bubri. Slijedi difuzija iona željeznog klorida kroz hidratirani sloj želatine. Difuzija je to brža što je koncentracija otopine manja, jer je tada želatina jače hidratirana. Konačno, željezni klorid dolazi u dodir s površinom bakra, i to prvo onđe gdje je stvrdnuti kopirni sloj najtanji. Tada započinje otapanje bakra prema reakciji



Topljivi produkti reakcije difuzijom u suprotnom smjeru odlaze prema površini.



Sl. 10. Proizvodnja tiskovne forme za konvencionalni duboki tisk jetkanjem.  
1 reljefna želatinska kopija, 2 bakreni sloj, 3 jetkana tiskovna forma

Osim temperaturom, koja također utječe na brzinu difuzije, proces se kontrolira ponajprije koncentracijom željeznog klorida, pa se tako, poglavito u konvencionalnom dubokom tisku, primjenjuju otopine različite koncentracije, čime će se selektivno otapati bakar do različitih dubina tiskovnih elemenata (sl. 10 b).

Tiskovne forme za autotipijski duboki tisk po svojoj su strukturi mnogo sličnije drugim tipovima tiskovnih formi (jednaka dubina, a različita površina tiskovnih elemenata), pa se jetkaju strojno, otopinom željeznog klorida nepromijenjene koncentracije.

#### Izradba tiskovnih formi upravlјana računalom

Tiskarski postupci upravljeni računalom (CTP-postupci) najviši su stupanj ujedinjavanja mnogobrojnih faza grafičke pripreme, uključivši djelomice i sam tisk. Taj se pojma odnosi na različite postupke, kojima je ishodište računalo s pripremljenim tekstrom i ilustracijama te s provedenim prijelomom stranica. Prema načinu ispisa tako pripremljene informacije razlikuju se tri tiskarska postupka upravljanja računalom, a iz njihovih se engleskih naziva razabire podrijetlo akronima CTP: a) postupak računalo-ploča, odnosno računalo-tiskovna forma (engl. Computer to Plate), b) postupak računalo-tiskarski stroj (engl. Computer to Press), c) postupak računalo-tisk (engl. Computer to Print).

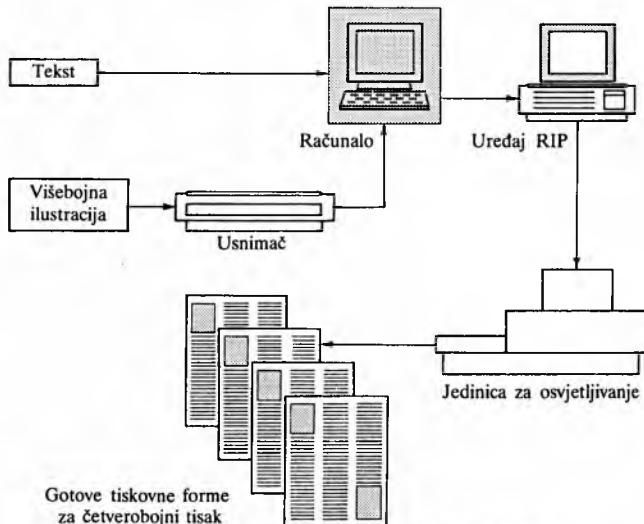
Dok se postupak računalo-tisk ubraja u područje digitalnog tiska, dakle otiskivanja potpuno ujedinjenog s grafičkom pripremom (v. poglavlje Digitalna tiskarska tehnička), dogleđa druga dva postupka predstavljaju visokousavršene načine izradbe tiskovnih formi uz računalno upravljanje.

**Postupak računalo-ploča** omogućuje pripremu gotove tiskovne forme za konvencionalne tiskarske strojeve. Njime se tekst i ilustracije, nakon unosa i obradbe računalom, transformiraju u gotove stranice, a digitalizirani se podatci ispisuju izravno

na tiskovnu formu (ploču ili odgovarajuću foliju), pa je film kao medij za prijenos informacije stoga potpuno nepotreban.

Premda primjenu nalazi i u drugim tehnikama tiska, primjerice dubokom i fleksografskom tisku, postupak računalo-ploča najveću primjenu ima upravo u plošnom tisku. Uz znatno skraćenje cijelokupnog postupka reprodukcije (pogotovo uz primjenu automatske izmjene ploča u tiskarskom stroju), ostaju sve prednosti konvencionalnih tiskovnih formi, prije svega dobra kvaliteta, oštRNA tiskovnih elemenata i isplativ tisk visokih naklada.

Postupak računalo-ploča temelji se na cijelovitoj i ujedinjenoj pripremi, dakle unosu teksta, usnimanju i digitalizaciji ilustracija, selektivnom odvajanjem i korekciji boja, elektroničkom prijelomu i montaži stranica, što je danas norma za kvalitetnu grafičku pripremu. Digitalizirana se informacija može pohraniti na magnetni medij, odnosno uputiti u formatu bit-mape prema izlaznoj jedinici, tj. jedinici za osvetljivanje, izravno ili telekomunikacijskim vezama (sl. 11).



Sl. 11. Izradba tiskovnih formi postupkom računalo-ploča

Pri prijenosu iz računala u jedinicu za osvetljivanje informacija prolazi kroz tzv. uređaj RIP (engl. Raster Image Processor), gdje se slika oblikuje i prilagodava potrebama grafičke reprodukcije. Pritom se može primijeniti frekvencijski modulirani raster, koji svojim specifičnim oblikom i rasporedom rasterskih elemenata daje bolje mogućnosti reprodukcije.

Jedinica za osvetljivanje ploča slična je laserskim pisačima i jedinicama za osvetljivanje filmova. Za osvetljivanje se pretežito primjenjuje argonsko-ionski ili helijsko-neonski laser relativno male snage (50 mW). Uredaj ima kasete s 20 · 100 ploča, koje se kontinuirano uvode u proces. Brzina ispisivanja laserskom zrakom može biti i više od 300 linija u sekundi, no trajanje osvetljivanja ovisi ne samo o formatu ploče već i o izboru razlučivanja, što kao mogućnost imaju svi takvi uređaji. Pritom se mogu izabrati i različite linijature rastera, od 20 · 170 linija po centimetru, već prema uređaju i vrsti postupka. Jedinica za osvetljivanje ima ugrađene ili priključene uređaje za naknadnu obradbu osvetljjenih ploča, razvijanje i eventualno za toplinsku obradbu.

Tiskovna se forma oblikuje prema vrsti fotoosjetljivog materijala na koji se djeluje laserom, i to stvaranjem elektrostatičkog nabroja, difuzijom srebreñih soli ili fotopolimerizacijom.

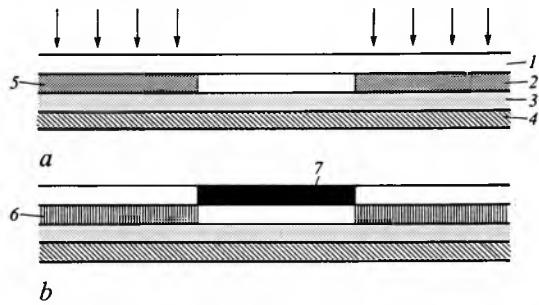
**Stvaranje elektrostatičkog nabroja** razvijeno je na temelju ranijih metoda (postupak Elfasol, fotokopiranje). Ispis se dobiva na posebno pripremljenim folijama, koje mogu biti dvojake. Jedne su od njih poliesterske folije velike stabilnosti izmjera i posebne površinske obradbe, koja im daje hidrofilni karakter. Ne samo zbog selektivnog elektrostatičkog nabijanja već i zbog velike specifične površine, čestice tonera vrlo će se čvrsto adsorbirati na površini. Nakon zataljivanja tonera na površinu ta će mjesta imati svojstva tiskovnih elemenata zbog oleofilnog karaktera smole u toneru. Preostali dijelovi površine ostaju hidrofilni, pa će tijekom tiska služiti kao slobodne površine. Da bi se pojačao taj efekt i jače odvojile slobodne površine od tiskovnih elemenata, katkad

se folije izlažu parama nekih organskih otapala. Time se u foliji stvara vrlo mali reljef, sličan reljefu koji se dobiva jetkanjem metala.

Druge vrste folija imaju tek ulogu podloge, a ispis se ostvaruje na sloju organskog fotovodiča, u kojem se pod utjecajem laserskog zračenja selektivno stvaraju vodljive površine, koje potom privlače čestice tonera sa suprotnim nabojem. Takve folije zahtijevaju dodatnu obradbu, neku vrstu razvijanja. Umjesto plastične folije, kao podloga može služiti i papir ili tanka aluminijска folija.

Izradba tiskovne forme pomoću elektrostatičkog naboja relativno je jednostavna, jefтина i brza, ali je njezin veliki nedostatak mala razlučivost, slaba reprodukcija višetonskih motiva, neoštri rubovi (uvjetovani veličinom čestica tonera) i mala trajnost, tako da je njihova primjena ograničena na jednostavnije motive i niske naklade.

Izradba tiskovne forme *difuzijom srebrenih soli* temelji se na osvjetljivanju posebno oslojenih poliesterskih ili aluminijskih folija koje nose tri sloja. Ozračivanjem folija helijsko-neonskim laserom stvara se latentna slika u srednjem emulzijskom sloju koji sadrži srebrene soli (sl. 12 a). Ona se razvijanjem fiksira i djeluje kao hidrofilna slobodna površina, dok oslobođeno oleofilno srebro difundira u gornji, želatinski sloj, tvoreći tiskovne elemente (sl. 12 b). Osvjetljivanje i razvijanje provodi se, uz manje prilagodbe, u jedinicama koje služe i za lasersko osvjetljivanje filmova. Premda su reproduktivne mogućnosti tako izrađenih tiskovnih formi dobre (pokrivenost površine 5...95%, uz linijaturu rastera do 140 linija po centimetru i dobru oštrinu rubova rasterskih elemenata), one nisu pogodne za visoke naklade (najviše do 25 000 otisaka).

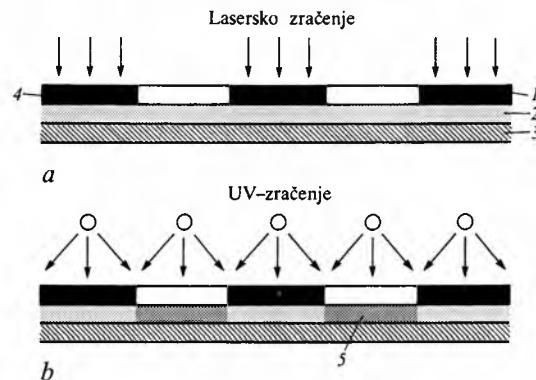


Sl. 12. Izradba tiskovne forme difuzijom srebrenih soli. 1 želatina, 2 emulzija, 3 antihalo-sloj, 4 podloga, 5 latentna slika, 6 slobodne površine, 7 difundirano srebro

Katkad se srebreni emulzijski sloj kombinira s organskim fotoosjetljivim monomerima nanesenim na nazrncanu i anodiziranu aluminijsku podlogu. Prvo se u jedinici za osvjetljivanje laserom stvara negativska slika u emulziji sa srebrenim solima (sl. 13 a). Nakon razvijanja i fiksiranja, dobivena slika, zbog velike koncentracije izlučenog srebra, čini masku, zapravo predložak za kopiranje integrirani s kopirnim slojem ispod njega. U sljedećoj se fazi emulzija izlaže ultraljubičastom zračenju (UV), pa nastaje polimerizacija onih dijelova površine koji prethodno nisu bili izloženi laserskom zračenju (sl. 13 b). Zatim se uklanja zaštitna maska, a potom otapaju neosvjetljeni dijelovi polimernog sloja. Takvom dvostrukom ekspozicijom, s dva različita izvora zračenja i dva različita sloja, dobivaju se jasno određeni rubovi tiskovnih elemenata, širok raspon reprodukcije (pokrivenost površine 2...98%, uz 80 linija po centimetru), učvršćuju se dosta nestabilni tiskovni elementi, što povećava trajnost tiskovne forme do 150 000 otisaka. Dodatnom toplinskom obradbi takve fotoosjetljive kombinacije naklada tiskovnih formi može se povećati na više od 800 000 otisaka.

Izradba tiskovne forme *fotopolimerizacijom* uz upravljanje računalom najviše se približila izradbi konvencionalnih tiskovnih formi za plošni tisk. Osnova je takve ploče aluminijска podloga jednake površinske obradbe kao i za fotomehaničke postupke, dakle elektrokemijski zrnčana i anodno oksidirana. Na takvu se podlogu nanosi tanak sloj (2...3 µm) organskog monomera, kojemu je spektralna osjetljivost ugodena na zračenje helijsko-neonskog lasera ( $\lambda=488\cdots514\text{ nm}$ ). Cijeli je sustav oslojen i tankim zaštitnim slojem koji sprečava optičke deformacije, a uklanja se tek nakon obradbe ploče. Takve se ploče ubrajaju u

brze, jer je potrebna iznimno kratka ekspozicija; za osvjetljivanje jednoga slikovnog elementa dovoljno je  $10^{-6}\text{ s}$ .



Sl. 13. Izradba tiskovne forme kombinacijom srebrenih soli i fotoosjetljivog monomera. 1 emulzija, 2 monomer, 3 podloga, 4 slika u negativu, 5 polimerizirani dijelovi

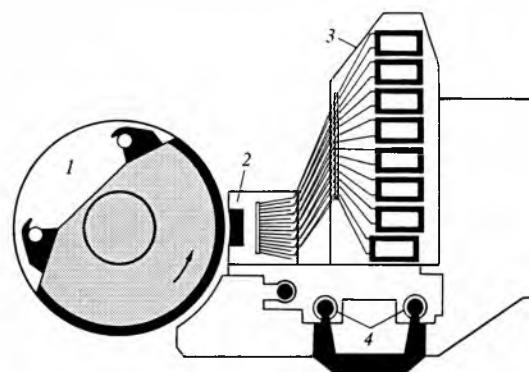
Izlaganjem laserskom zračenju fotoosjetljivi sloj djelomično polimerizira, a potom se na povišenoj temperaturi polimerizacija termički dovodi do kraja. Razvijanjem se najprije uklanja zaštitni sloj, a potom i neosvjetljeni dijelovi aktivnog sloja. Tako se otvaraju hidrofilne slobodne površine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  na površini aluminija) te polimerizirani oleofilni tiskovni elementi.

Opisani postupak izrade tiskovne forme ima niz prednosti. Glavna je prednost opisanog postupka u tome što su fizikalne karakteristike sloja i aluminijске površine jednake kao za konvencionalne ploče. To omogućuje postizanje jednakе ravnoteže između boje i vode tijekom tiska. Sloj ima relativno široku spektralnu osjetljivost, a može se osvjetljivati laserom male snage. Slika je stabilna, a razlučivost velika. Raspon je reprodukcije najmanje 5...95% uz velike linijature rastera. Naklade su s takvih tiskovnih formi do 250 000 otisaka, no pritom je važnija brzina izrade forme, visoka kvaliteta reprodukcije i ponašanje tijekom tiska, koje je jednakom kao u konvencionalnih tiskovnih formi.

Udio postupaka izrade tiskovnih formi uz upravljanje računalom danas nije veći od 5...7%, no do 2000. godine vjerojatno će dostignuti razinu od 40...45%. Zapreka je tome još uvijek visoka cijena uređaja i ploča, pa je cijeli sustav isplativ tek uz dnevnu proizvodnju veću od 150 tiskovnih formi.

**Postupak računalno-tiskarski stroj** razumijeva pripremu tiskovne forme u samom stroju, izravno iz računala. Pojavio se pod nazivom DI tehnologija (engl. Direct Imaging, izravno oslikavanje), a njime se pripremaju tiskovne forme za bezvodi ofsetni tisk. Posebne ploče za taj postupak zapravo su trošlojne folije, debljine 0,17 mm, a obavijaju se oko temeljnog valjka u tiskarskom stroju. Nosivi je sloj oleofilna poliesterska folija, srednji je sloj vrlo tanka aluminijска folija, koja ima funkciju protuelektrode, a na vrhu je silikonski sloj oleofobnog karaktera.

Uredaj za generiranje slike sastoji se od visokonaponskog dijela i glave za oslikavanje sa 16 elektroda, koje su od ploče na valjku udaljene  $\sim 0,5\text{ mm}$ . Glava se giba uzduž osi temeljnog valjka, sinkrono s njegovim okretanjem (sl. 14). U uređaju za ge-



Sl. 14. Priprema tiskovne forme postupkom računalno-tiskarski stroj. 1 temeljni valjak s ofsetnom tiskovnom folijom, 2 glava s elektrodama, 3 visokonaponski dio, 4 vodilice za aksijalno pomicanje uzduž valjka

neriranje slike digitalizirani zapis iz računala pretvara se u visokonaponske impulse, koji se rasporeduju na elektrode i naboje s njih prenosi na uzemljenu aluminijsku foliju. Time se uklanja gornji silikonski sloj i razara aluminijska folija, a otkriva poliesterška osnova kao tiskovni element. Slika se stvara red po red, a može se generirati 40 slikovnih elemenata po milimetru, uz gustoću rastera od 65 linija po centimetru. Slika se istodobno i usklađeno stvara na sve četiri tiskovne jedinice, tako da se za 15 minuta obavlja potpuna priprema u samom stroju.

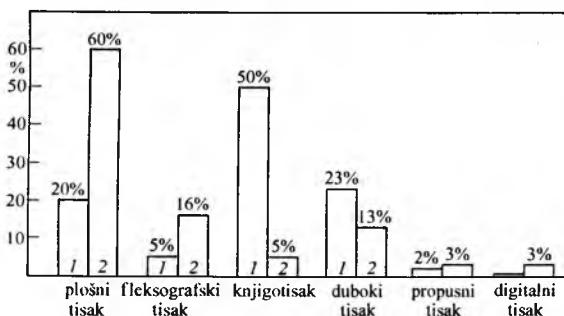
M. Lovreček

## TISAK

Tiskarski je proces proizvodna faza tiskarske djelatnosti u kojoj se pripremljeni tekst i ilustracije reproduciraju na papiru ili kojoj drugoj podlozi (karton, plastika, metal, tkanina, staklo). Velik dio tiskarske proizvodnje obavlja se *mehaničkim tiskom*, koji se ostvaruje na tiskarskim strojevima dovođenjem tiskovne forme u izravni dodir s papirom ili kojom drugom podlogom. Međutim, računalni se slog može reproducirati na podlogu i izravno, bez materijalne tiskovne forme. To se ostvaruje *digitalnom tiskarskom tehnikom*, tj. ispisom pomoću pisača i crtala te tiskom na digitalnom tiskarskom stroju.

Prema gradi tiskovne forme mehanički tisak obuhvaća visoki, plošni, duboki i propusni tisak. Plošni offsetni tisak i indirektni knjigotisak indirektni su postupci, u kojima se boja s tiskovne forme prvo prenosi na gumeni valjak, a zatim na podlogu, dok su ostali postupci direktni, s otiskivanjem izravno s tiskovne forme na podlogu. Najmanje se boje troši za plošni tisak, zatim za visoki tisak, pa za duboki tisak, a najviše za propusni tisak.

Klasična je podjela tiskarskih tehniki bila uvjetovana njihovim povijesnim pojavljivanjem i gospodarskom važnosti. Prema takvoj podjeli postoje glavne ili velike tehnike tiska, u koje se ubrajam knjigotisak, offsetni tisak i bakrotisak, te ostale ili male tehnike tiska, u koje su donedavno ulazile sve druge tehnike. Ponekad se u glavne tiskarske tehnike svrstavao i sitotisak. Podjela na navedene skupine danas već gubi smisao. Ne samo da se knjigotisak sve rjeđe primjenjuje i da njegovo nekadašnje mjesto zauzima fleksotisak (sl. 15) nego je dominantan postao offsetni tisak, a i tzv. alternativne tehnike, koje su se pojavile u zadnjih desetak godina, postaju sve važnije.



Sl. 15. Zastupljenost pojedinih tiskarskih postupaka u posljednjih dvadeset godina. 1 godina 1975., 2 godina 1995.

Mehanički se tisak primjenjivao od Gutenbergova vremena s olovnim sloganom, a primjenjuje se i danas, sve manje s fotoslogom, a u sve većem opsegu s računalnim sloganom. Suvremeni računalni slogan prikidan je za prijenos na tiskovnu formu ne samo konvencionalnim postupcima nego i računalom upravljanom izrdbom tiskovne forme.

Tiskarski se stroj sastoji od uređaja za ulaganje, od tiskovne jedinice ili agregata te od uređaja za izlaganje. U visokom tisku i u ostalim glavnim tehnikama tiska uređaji za ulaganje i izlaganje međusobno su slični, dok se tiskovne jedinice bitno razlikuju. Uлагаći uređaji ulažu arke ili papirnu traku, a izlažu se arci, papirna traka ili već djelomično ili sasvim konfekcionirani proizvodi.

Zahjev za što većom ekonomičnošću i ujednačenošću kvalitete u glavnim tehnikama tiska potakao je uvođenje elektronike u tiskarske procese. Tako se danas u offsetnom tisku na osnovi

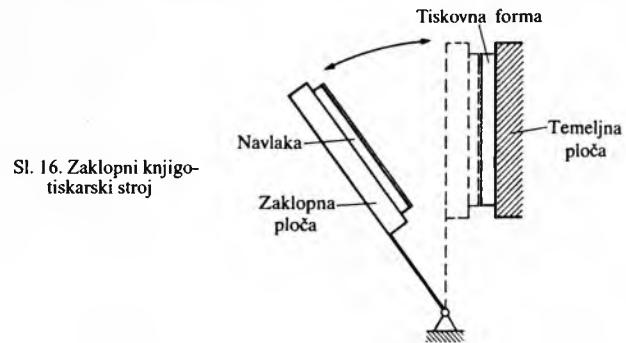
karakteristika tiskovne forme elektronički namješta stroj za tisk, kontrolira otiskivanje i obavlja se korekcije na temelju izmjera dobivenih otisaka. Rotacijama se u glavnim tehnikama upravlja na osnovi usavršenih programa i statističkih podataka prethodnih naklada.

## Visoki tisak

Visoki tisak obuhvaća knjigotisak, indirektni knjigotisak i fleksografski tisak.

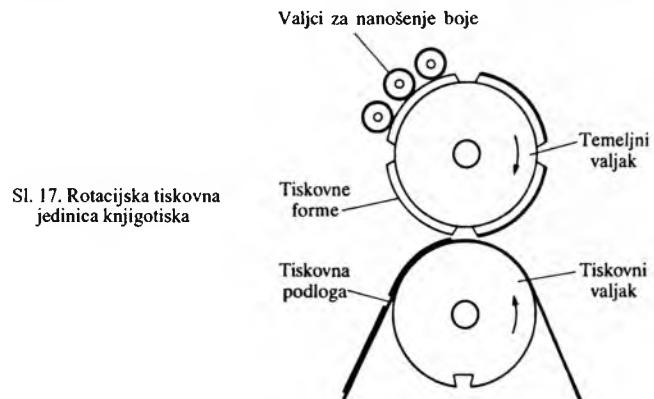
**Knjigotisak** je izvorna tiskarska tehnika. Otiskuje se izravnim kontaktom tiskovne forme i tiskovne podloge. Još se grade zaklopni i rotacijski knjigotiskarski strojevi.

**Zaklopni stroj** građen je jednostavno (sl. 16). Zaklopna ploča, na kojoj se nalazi papir, pritišeće temeljnju ploču, koja nosi tiskovnu formu. Tiska se na cijelu površinu odjednom, za što je potreban velik i jednolično raspoređen tlak. Otiskuju se samo arci malog formata, a brzina tiska teoretski dostiže do 5 000 otisaka na sat. Otiskivati se može samo jednobojno, na jednu stranu tiskovne podloge.



Sl. 16. Zaklopni knjigotiskarski stroj

**Rotacijski knjigotiskarski stroj** sadrži temeljni valjak, koji je nosilac tiskovne forme, i tiskovni valjak, koji služi za pritiskanje tiskovne podloge na tiskovnu formu (sl. 17). Stroj može imati i po nekoliko tiskovnih jedinica u nizu ili povezanih u tiskovni agregat. Tiskati se može jednostrano ili obostrano, jednobojno ili u više boja, na arak ili na traku iz koluta. Format papira mogu biti vrlo različiti i u velikom rasponu, jednakako kao i širina papirne trake. Od rotacijskih knjigotiskarskih strojeva danas se susreću gotovo samo strojevi za tzv. *rotaciju*, tj. za tisak iz koluta. Koliko će se graditi tiskovnih jedinica, tiskovnih agregata, ulagajući uređaja za papir i izlagajući uređaja ovisi o potrebi naručioca.

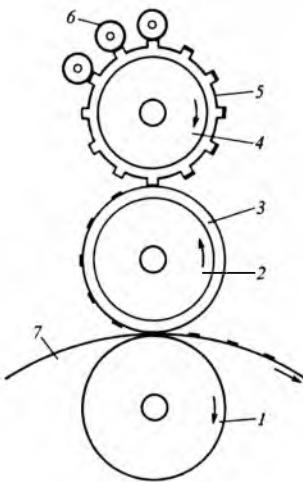


Sl. 17. Rotacijska tiskovna jedinica knjigotiska

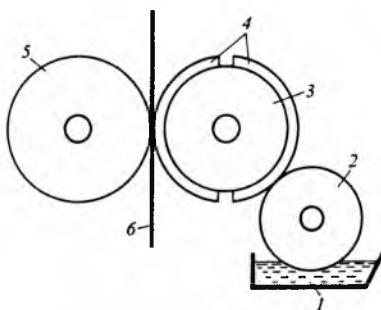
Kvaliteta tiska u knjigotisku zaostaje za kvalitetom tiska u offsetnom tisku, koja pak zaostaje za kvalitetom tiska u bakrotisku. Linijatura rastera u knjigotisku može biti najviše do 60 linija po centimetru. Tiskovna podloga mora biti gladak, kvalitetan papir, a brzina je rotacije do 15 000 otisaka na sat. Kvaliteta tiska na arke dovoljno je visoka i za akcidencije. Boja je pigmentna i gusta, na bazi ulja i smola, a suši se u prvom redu polimerizacijom koja slijedi oksidaciju.

**Indirektni knjigotisak** poznatiji je pod engleskim nazivom *letterset*. To je rotacijski indirektni visoki tisak. Viskozna se boja

s velikom koncentracijom pigmenta ne prenosi s reljefne tiskovne forme na tiskovnu podlogu izravno, nego pomoću offsetnog valjka (sl. 18). Za razliku od plošnog offsetnog tiska, ne upotrebljava se otopina za vlaženje. Indirektni knjigotisak najviše se primjenjuje za tisk ambalaže, ali i za tisk obrazaca, vrijednosnih papira i novčanica. Tiskati se može višebojno i obostrano, ako stroj sadrži više tiskovnih jedinica. Duge ravne linije otiskuju se s poteškoćama, a tisk je sporiji od offsetnog plošnog tiska.

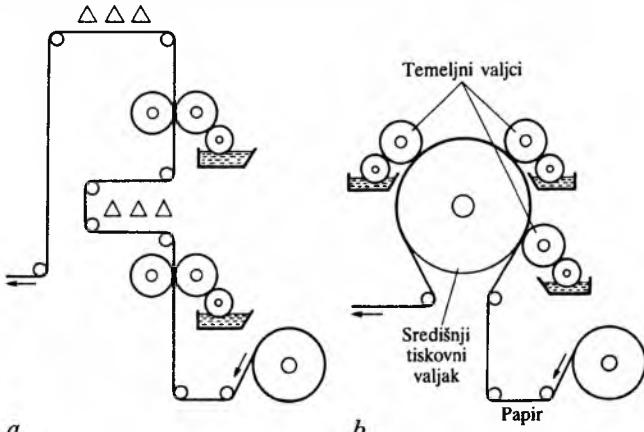


Sl. 18. Tiskovna jedinica indirektnog knjigotiska. 1 kada s bojom, 2 offsetni valjak, 3 navlaka, 4 temeljni valjak, 5 visoka tiskovna forma, 6 valci za nanošenje gušte boje, 7 tiskovna podloga



Sl. 19. Tiskovna jedinica fleksotiska. 1 kada s bojom, 2 valjak za nanošenje boje, 3 temeljni valjak, 4 tiskovne forme, 5 tiskovni valjak, 6 tiskovna podloga

otiskarskog stroja izlaze suhi, što omogućuje izravno priključivanje doradnih uređaja. Zadnjih se godina grade i fleksotiskarske rotacije pod nazivom *aniloks*, u kojima je viskoznost boje nešto veća pa se dobivaju bolji otisci.



Sl. 20. Višebojni fleksotiskarski stroj. a tiskovne jedinice u nizu, b satelitska konstrukcija stroja

**Fleksografski tiskak** (fleksotisak, prije poznat i kao anilinski tiskak) zbog svoje je sve bolje kvalitete otiska, velike brzine tiska i niske cijene danas najzastupljenija vrsta visokog tiska. Ime je dobio prema fleksibilnom materijalu tiskovne forme. Kako često služi za tisk ambalaže, susreće se i pod nazivom ambalažni tiskak.

Fleksografski tiskak je rotacijski tiskak. Tiskovna je forma mekana, a izrađuje se od polimernih materijala ili gume. Boja je vrlo male viskoznosti. Tiskovne podlove mogu biti od glatkih do vrlo hrapavih, često i vrlo upojnih papira, kartona i ljepenki, ali i sasvim neupojne podlove od polimernih materijala ili metala. Zbog mekane visoke tiskovne forme i boje koja ima malu koncentraciju obojenja i koja se ne može u debljem sloju nanijeti na podlogu, otisci imaju malu linijaturu rastera (manje od 40 linija po centimetru), a gustoća obojenja na otisku nije velika. Vrlo se dobro, međutim, otiskuju pune površine.

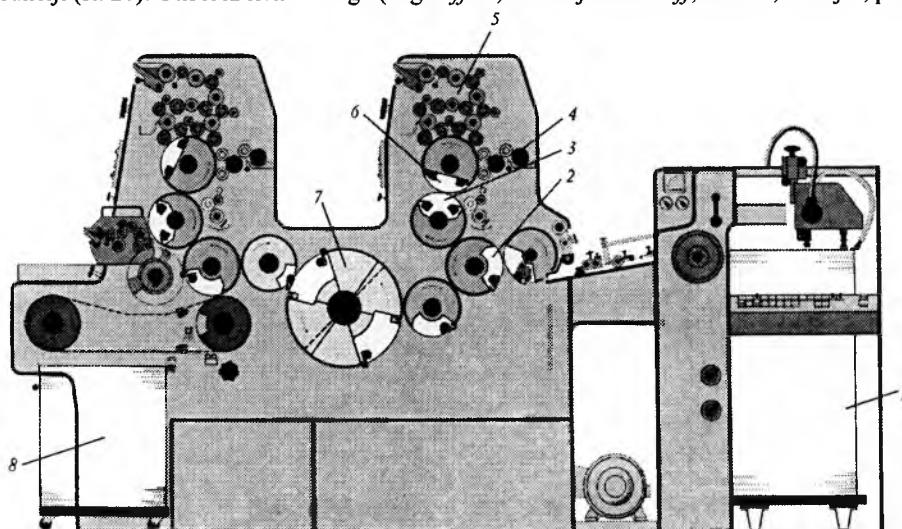
Fleksotiskom se može otiskivati na papirnu traku iz koluta. Kako je boja male viskoznosti, u uređaju za bojenje nisu potrebni valjci za razribavanje. Međutim, postoji više uređaja za reguliranje dotoka boje na tiskovnu formu. Najjednostavnija i najčešća konstrukcija fleksotiskarskog stroja prikazana je na slici 19. Tlak je tiska malen ( $\sim 150 \text{ N/cm}^2$ ) pa stroj ne mora biti robusne izvedbe. Osim jednobojnoga, mogući su i obostrani i višebojni tiskak u jednom prolazu kroz stroj. Grade se i strojevi s tiskovnim jedinicama u nizu ili u satelitskoj konstrukciji (sl. 20). Otisci iz fle-

Fleksotisak služi za tiskanje milijunskih naklada različite ambalaže, omotnih i ukrasnih papira, papirnatih vrećica, omotnica, tiskanicu, poslovnih papira i novina, a obično je povezan s uređajima za doradu (izradba vrećica, numeriranje, perforiranje). S obzirom na izvanrednu sušivot fleksografskih boja, fleksotisak je vrlo prikladan za tisk na neupojnim podlogama kao što su celofan, metalne i plastične folije, a zbog svojih elastičnih i mekih tiskovnih formi i za tisk na valovitoj ljepenki.

### Plošni tiskak

U plošni se tiskak ubrajuju offsetni tiskak i svjetlotiskak.

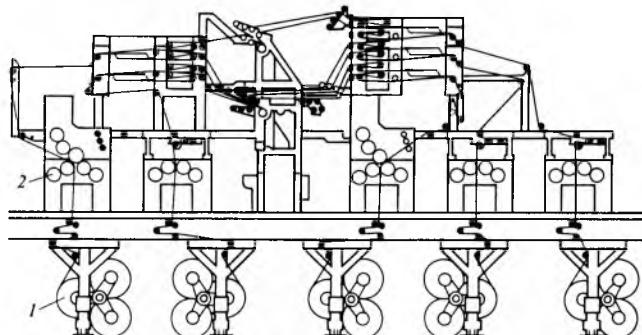
**Offsetni tiskak** pokriva  $\sim 60\%$  svih potreba za tiskom, pa je to praktički najvažnija tiskarska tehnika. Naziv je dobita po tome što gumeni valjak preuzima boju s tiskovne forme i prenosi je na podlogu (engl. *offset*, inverzija od *set off*, skinuti, odvojiti, prenijeti).



Sl. 21. Dvobojni offsetni stroj za tisk na arke. 1 ulaganje araka, 2 tiskovni valjak, 3 ofsetni valjak, 4 uređaj za vlaženje, 5 uređaj za bojenje, 6 temeljni valjak, 7 valjak za preokretanje araka, 8 izlaganje araka

Offsetni se strojevi grade različitim veličinama i s različitim konstrukcijskim karakteristikama, od malih uredskih strojeva (kao strojevi za umnožavanje) do višebojnih strojeva za tisk u arcima te offsetnih ilustracijskih i novinskih rotacija. Offsetni su strojevi rotacijski, a glavna im je karakteristika što između temeljnog valjka, koji nosi offsetnu ploču kao tiskovnu formu, i tiskovnog valjka s tiskovnom podlogom (papirom) imaju offsetni valjak s gumenom navlakom, koji služi kao posrednik pri prijenosu boje (sl. 21). Boja, dakle, prelazi s tiskovne forme na gumenu navlaku offsetnog valjka, a zatim na papir. Strojevi za offsetni plošni tisk razlikuju se od ostalih tiskarskih strojeva i po tome što imaju uređaj za vlaženje offsetne ploče. On se sastoji od više valjaka koji se međusobno dodiruju, od kojih je prvi utrojen u otopinu za vlaženje, a posljednji su prislonjeni uz offsetnu ploču.

Boja za offsetni tisk velike je viskoznosti, jednake kao i za knjigotisk. Formati otisaka na arke mogu biti i veći od  $140\text{ cm} \times 100\text{ cm}$ , a širina trake na koju se tiska u rotaciji može također biti vrlo velika. Višebojni i obostrani tisk na arke obavlja se na strojevima u kojima su tiskovne jedinice u nizu, a brzine su tiska do 15 000 otisaka na sat. Zbog velike brzine tiska izlagaju se uređaji rotacija, a katkad i strojeva za tisk na arke, opremanju uredajem za sušenje otiska. Višebojni i obostrani tisk u rotaciji obavlja se na strojevima s tiskovnim jedinicama skupljenim u tiskovne aggrege, a agregati se slazu u niz (sl. 22). Tiskom u rotaciji može se ostvariti i više od 40 000 otisaka na sat.



Sl. 22. Novinska offsetna rotacija. 1 koluti papira, 2 tiskovni agregati

Kvaliteta otisaka dobivenih offsetnom tehnikom bolja je no ona koju daje knjigotisk (linijatura rastera može biti veća od 90 linija po centimetru), ali još uvijek zaostaje za kvalitetom u bakrotisku. U offsetnom tisku, jednako kao i u knjigotisku, gustoća je obojenja na otisku određena udjelom pokrivenosti tiskovne podlove bojom (rastertonska vrijednost). Takvi otisci ne omogućuju fine prijelaze gustoće obojenja. Nasuprot tome, u konvencionalnom bakrotisku se obojenje na otisku regulira debljinom sloja boje, što omogućuje postupan prijelaz gustoće obojenja.

Zahvaljujući mekanoj navlaci offsetnog valjka kvaliteta otisaka ne opada naglo s upotrebom tiskovne podlove sve manje stupnja glatkosti. Tako se offsetnim tiskom uspješno tiska na manje glatki, jeftinijim tiskovnim podlogama. Međutim, nedostatak je offsetnog plošnog tiska što se mora upotrebljavati otopina za vlaženje tiskovne forme. Njezino sudjelovanje u tisku ima i nepoželjne učinke, od kojih je najvažniji povećanje izmjera tiskovne podlove, što stvara poteškoće, osobito u višebojnom tisku. Zbog toga se nastoji tiskati uz upotrebu što manje količine otopine za vlaženje, a kao tiskovna podloga uzimaju se keljeni papiri, koji u prisutnosti vlage manje bubre.

U offsetnom se tisku danas tiska gotovo sve što se može smjestiti na traku ili arak papira ili kartona i ima isplativo veliku nakladu: knjige, novine, ilustrirani časopisi, višebojni plakati, najepnici, prospetri, razglednice, višebojne reprodukcije i dr.

**Limotisk.** Otiskivanje na limene podlove namijenjene izradbi limene ambalaže (konzerve, kutije) najčešće se obavlja plošnim offsetnim tiskom. Lim se prije tiska čisti, a zatim se najčešće lakira da bi mu površina postala što pogodnija za tisk. Limene tiskovne podlove nisu upojne pa treba tiskati s vrlo malom količinom otopine za vlaženje. Iz istog je razloga pri sušenju otiska (u tunelnim sušionicima) potrebna posebna pozornost. Pokriva se boja u limotisku sve više zamjenjuje polutransparentnim bojama, što poboljšava kvalitetu otisaka u boji.

**Svjetlotisak** ima još i danas vrlo nizak stupanj mehaniziranosti. To je obrtnički tisk, u kojem rezultati otiskivanja umnogome ovise o umjetničkim sklonostima tiskara. Svjetlotisak je jedina tiskarska tehnika koja reproducira prave polutonove bez upotrebe rastera. Otiskuje se u izravnom dodiru tiskovne forme i tiskovne podlove, a otisak je velikog raspona gustoća obojenja i vrlo bogat tonovima.

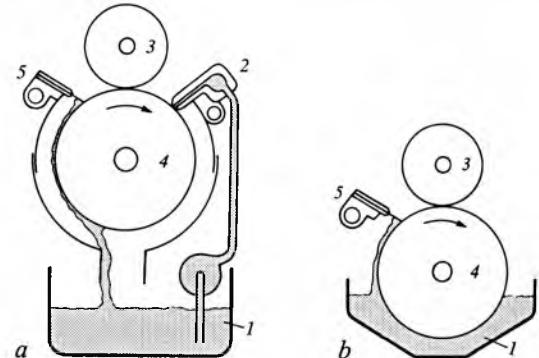
Tisk u svjetlotisku vrlo je kvalitetan, ali polagan i skup. Tiskovna forma izdrži samo 1000–2 000 otisaka, pa je to jedan od razloga da je svjetlotisak pogodan samo za male naklade i da već dugo nema ni komercijalno ni tehničku vrijednost. Danas se još primjenjuje uglavnom za tisk vrsnih reprodukcija umjetničkih slika te rijetko i za tisk kataloga, modnih časopisa i razglednica.

### Duboki tisk

Duboki tisk obuhvaća bakrotisak, čelični reljefni tisk i tamponski duboki tisk.

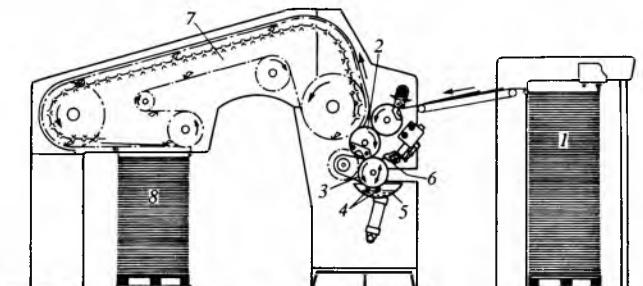
**Bakrotisak.** Tiskovna jedinica bakrotiska sastoji se od temeljnog valjka, koji nosi bakrenu tiskovnu formu, i od gumom prevučena tiskovnog valjka, koji tiskovnu podlogu pritišće na tiskovnu formu. Zbog velikog tlaka prilikom otiskivanja, tiskovni valjak većih širina ima posebnu unutrašnju konstrukciju koja osigurava jednoličan tlak po cijeloj duljini, ili se tiskovnom valjku pomaže posebnim tlačnim valjcima. Bakrotiskarski se strojevi grade samo s pojedinačnim tiskovnim jedinicama, ali se mogu povezati u niz radi višebojnog i obostranog tiska.

Kao tiskovna podloga najčešće služi papir, a često se tiska na polimernim materijalima, pa i na metalnim laminatima (u tisku ambalaže). Boja za bakrotisak male je viskoznosti i suši se u prvom redu hlapljenjem. Iza svake je tiskovne jedinice smješten uredaj za sušenje otiska. Boja se na tiskovnu formu dovodi kroz cijev pod tlakom ili nanosi valjcima za nanošenje, a u sporohodnim strojevima i jednostavnim uranjanjem temeljnog valjka u kadu s bojom (sl. 23). Boja se prihvata na cijelu površinu tiskovne



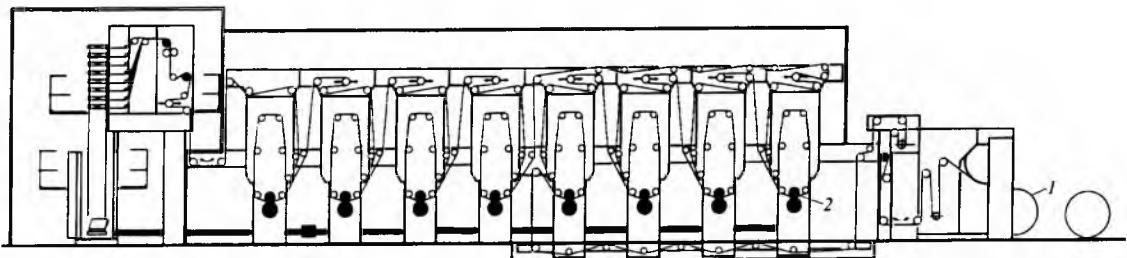
Sl. 23. Nanošenje boje na bakrotiskarski valjak pod tlakom (a) i uranjanjem (b). 1 kada s bojom, 2 stranje boje, 3 tiskovni valjak, 4 temeljni valjak, 5 nož za struganje

forme, a nož za struganje (njem. Rakel) uklanja svu boju sa slobodnih površina, tako da se na tiskovnu podlogu prenosi samo boja iz tiskovnih elemenata. Jednobojni stroj za tisk na arke prikazan je na slici 24. Slaganjem u niz tiskovnih jedinica i uređaja za sušenje dobivaju se višebojni strojevi.

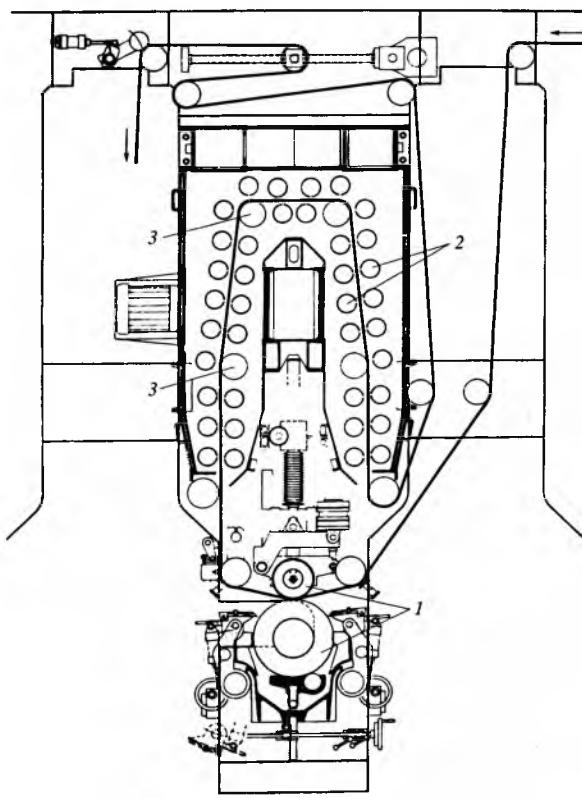


Sl. 24. Jednobojni bakrotiskarski stroj za tisk na arke. 1 ulaganje araka, 2 tiskovni valjak, 3 temeljni valjak, 4 valjci za nanošenje boje, 5 kada s bojom, 6 nož za struganje, 7 tunel za sušenje, 8 izlaganje araka

Sl. 25. Shema bakrotoracije. 1 koluti papira, 2 tiskovni agregati



**Bakrotiskarska rotacija** obavlja se na stroju u kojem kao tiskovni valjak služi teški metalni valjak obložen gumom, koji nema svog pogona, nego svojom težinom počiva na bakrenom valjku (sl. 25). Suvremena rotacija radi s automatskom izmjenom koluta s papirom, a uređaji za odmatanje i namatanje koluta održavaju stalnu napetost papirne trake, što omogućuje veliku brzinu tiska na papir različitih svojstava i debljine. Zbog vrlo brzog tiska uređaji za sušenje moraju biti posebno djelotvorni (sl. 26). Otisci se suše najčešće strujanjem hladnog ili toplog zraka, samo s jedne ili s obje strane otisnute tiskovne podloge.



Sl. 26. Tiskovna jedinica bakrotiska s uređajem za sušenje otiska. 1 tiskovna jedinica, 2 cijevi sa sapnicama za puhanje zraka, 3 transportni valjci

Izradba je bakrene tiskovne forme skupa, ali su otisci vrlo kvalitetni. Žato bakrotiskarska rotacija služi uglavnom za tisk kvalitetnih proizvoda: kataloga, časopisa, ambalaže, a tiskaju se i kvalitetne novine.

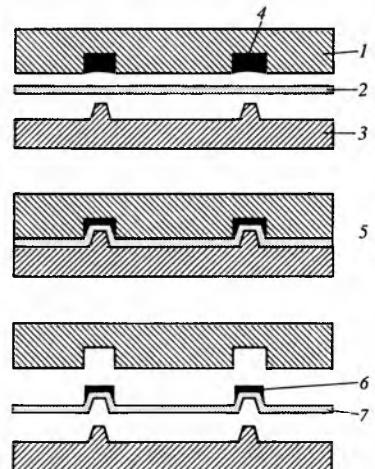
**Čelični reljefni tisak** daje reljefne otiske. Tiskovna se jedinica sastoji od čelične tiskovne forme (matrice) i od ravne ploče (patrice) s izbočenim elementima smještenim točno nasuprot udubljenim tiskovnim elementima na tiskovnoj formi (sl. 27). Izbočine na patrici izrađuju se od kartona, prešanih drvenih strugotina i sličnih materijala.

Preko cijele se tiskovne forme valjkom nanese razmjerno gusto tiskarska boja, koja se prvo nožem za struganje, a zatim brišanjem papirom skida sa svih slobodnih površina. Između patrice i matrice ulaze se tiskovna podloga. To je obično papir površinske gustoće  $20\cdots300 \text{ g/m}^2$ , a može se tiskati i na celofanu, pa čak i na furniru. Najveći format,  $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ , i brzinu veću od 1000 obojenih otisaka na sat postižu potpuno mehanizirani strojevi. Male naklade ručnih strojeva mogu se sušiti stajanjem na zraku,

dok se u brzim mehaniziranim strojevima otisci suše u tunelima opremljenima grijačima s infracrvenim zračenjem.

Čeličnim reljefnim tiskom mogu se reproducirati vrlo fini detalji uz posebne efekte, ali je njegova primjena ipak ograničena zbog složene i dugotrajne pripreme tiskovne forme.

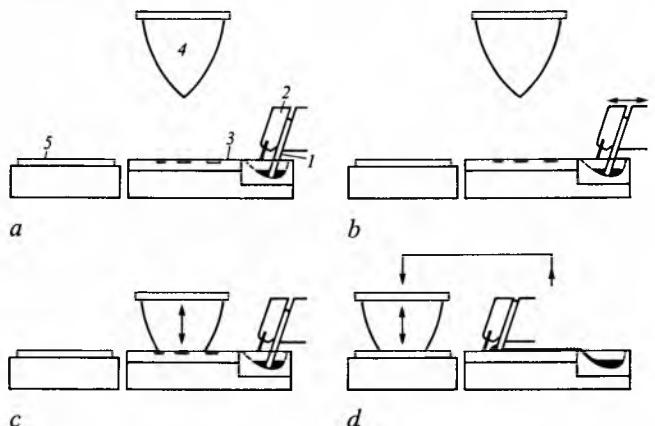
Čelični reljefni tisak primjenjuje se za tisak novčanica, marama, čekova, vrijednosnih papira, dionica i reprezentativnih listovnih papira. Osim obojenih otisaka, čeličnim se reljefnim tiskom bez upotrebe tiskarske boje dobivaju bezbojni reljefni otisci (tzv. *slijepi tisak*).



Sl. 27. Otiskivanje u čeličnom reljefnom tisku. 1 matrica, 2 tiskovna podloga, 3 patrica, 4 boja u tiskovnim elementima, 5 otiskivanje, 6 boja na izbočinama reljefa, 7 reljefni obojeni otisk

**Tamponski duboki tisak** indirektna je tiskarska tehnika. Boja se na duboku tiskovnu formu nanosi nožem za nanošenje ili valjkom, a drugim se nožem uklanja sva boja sa slobodnih površina. Zatim se na tiskovnu formu pritisne tampon, koji prenese boju na tiskovnu podlogu (sl. 28). Tampon je silikonski, izmjera od  $2,5 \text{ cm} \times 3,5 \text{ cm}$  do  $35 \text{ cm} \times 90 \text{ cm}$ .

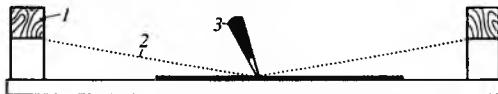
Tisak može biti jednobojan ili višebojan. Osim tiska ploče na ploču, postoji i rotacijski tamponski tisak. Boja je prilagođena primjenjenoj tehničkoj i tiskovnoj podlozi na koju se otiskuje. Neke je otiske potrebno dodatno sušiti infracrvenim zračenjem, toplim zrakom ili izravnim plinskim plamenom. Posebnost je tamponskog tiska što se mekanim tamponom može uspješno otiskivati na podlogama vrlo nepravilnih oblika (tanjuri, čepovi, olovke, upaljači i dr.).



Sl. 28. Prikaz tamponskog tiska s dubokom tiskovnom formom. 1 nož za nanošenje, 2 strugalo, 3 duboka tiskovna forma, 4 tampon, 5 tiskovna podloga

### Propusni tisak (sitotisak)

Tiskovna jedinica za sitotisak sastoji se od mrežice (sita) sa šablonom, koja je napeta na okviru, i od stola za smještaj tiskovne podloge (sl. 29). Otiskuje se tako da se mrežica spusti gotovo do tiskovne podloge koja leži na stolu, a zatim se na podlogu nožem za nanošenje (rastiralo, njem. Rakel) protisne boja kroz mrežicu. Najveći broj sitotiskarskih uredaja radi na ručni pogon, bez ikakve mehaniziranosti. Visokomehanizirani sitotiskarski stroj ima vakuumski uredaj za pridržavanje tiskovne podloge u trenutku otiskivanja, a mehanizirano je i primicanje i odmicanje okvira s mrežicom, kretanje i pritiskanje noža, dotok boje te katkad ulaganje i izlaganje tiskovne podloge.

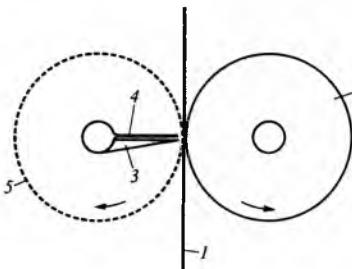


Sl. 29. Otiskivanje u sitotisku. 1 okvir, 2 mrežica, 3 nož za nanošenje

Sitotiskarski se strojevi grade od vrlo malih do velikih formata (i većih od 140 cm × 100 cm). Na svakom se stroju može u načelu primijeniti bilo koja od mnogo vrsta šablona. Niskomehanizirani su uredaji pogodni za vrlo male naklade, dok su visokomehanizirani rentabilni tek pri velikim nakladama.

Sitotiskom se može otiskivati na arke, na traku i na mnoge već oblikovane proizvode kao što su boce, kutije i sl., i to na gotovo sve vrste materijala, npr. na papir (sitotisak je posebno prikladan za tzv. gigantografiju, tj. tisak velikih plakata), ljepenu, tekstil, staklo, metal, drvo i dr. Tiska se najrazličitijim bojama, od uobičajenih, do svijetlećih boja i smjesa za tisak električnih vodova. Višebojan se tisak može, osim višekratnim prolazom tiskovne podloge kroz jednobojni stroj, ostvariti i na stroju s tiskovnim jedinicama u nizu. Tiska se uz prekidno pomicanje tiskovne podloge, a iza svake tiskovne jedinice smješten je uredaj za sušenje otiska.

Osim stroja s ravnim mrežicama postoji i rotacijski sitotiskarski stroj s mrežicom napetom na temeljni buben (sl. 30). Nož za nanošenje smješten je unutar bubnja, odakle se dovodi i boja. Takav stroj može biti i višebojan, a otiskivati se može kontinuirano.



Sl. 30. Tiskovna jedinica rotacijskog sitotiska. 1 tiskovna podloga, 2 tiskovni valjak, 3 nož za nanošenje, 4 dotok boje kroz osvinu, 5 mrežica na temeljnem valjkusu

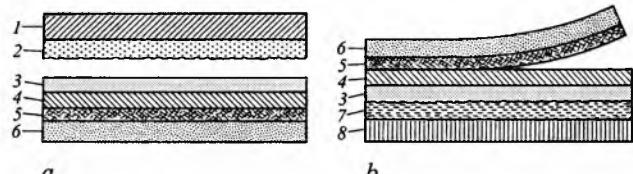
Teškoće u sitotisku čine sušenje otiska, višebojno otiskivanje i veća linijatura rastera. Kvalitetni se otisci obično postižu samo s linijaturom rastera manjom nego u glavnim tiskarskim tehnikama, a mora biti 3...6 puta manja od linijature mrežice.

I u sitotisku se, kao i u dubokom tisku, može primijeniti tamponski tisak, kojim se boja s jednoga sitotiskarskog otiska tamponom prenosi na drugu tiskovnu podlogu.

### Tisak grafičkih holograma

Hologram izrađen grafičkom tehnikom umnožavanja mikroreljefna je tvorevina koja daje dojam prostorne reprodukcije (v. *Holografija*, TE 6, str. 430). Za njegov se tisak upotrebljava rotacijski stroj s temeljnim i tiskovnim valjkom za otiskivanje na traku ili arke, ili zaklopni stroj s temeljnom i tiskovnom pločom za otiskivanje na arke. Najveća se brzina, više od 7000 otisaka na sat, postiže rotacijskim strojem uz tisak na traku.

Tiskovna je forma za otiskivanje holograma matrica druge generacije, a izrađuje se od nikla. Ona se trajno ugrađuje na temeljni valjak ili temeljnu ploču, a kada se potroši, baca se zajedno s njima. Tiskovna je podloga višeslojni materijal, koji u trenutku otiskivanja treba biti na povisenoj temperaturi. Tiskovna se forma



Sl. 31. Holografski tisak, a utiskivanje matrice, b odvajanje staroga nosivog sloja nakon otiskivanja. 1 temeljni valjak ili ploča, 2 niklena matrica (tiskovna forma), 3 plastomerni lak, 4 zaštitni lak, 5 voštanji sloj, 6 nosivi sloj, 7 napareni metal, 8 novi nosivi sloj

utiskuje u gornji sloj tiskovne podloge od plastomernog (termoplastičnog) laka (sl. 31 a). Ispod tog laka nalazi se zaštitni lak, a zatim voštanji sloj, koji pomaže odvajaju nosivog sloja. Reljef ostvaren tiskanjem u plastomernom laku naparuje se aluminijem, srebrom ili zlatom, koji otisak čine vidljivim. Nježni metalni reljefni sloj najčešće se premazuje ljepilom i fiksira na konačni nosivi sloj (sl. 31 b), a s gornje je strane zaštićen prozirnim zaštitnim i plastomernim lakovom.

S. Bolanča

### Digitalna tiskarska tehnika

Tehnika kojom se ostvaruje tisak informacije sadržane u računalu izravno na papir, foliju ili druge tiskovne podloge, bez primjene kemigrافije, naziva se digitalnim tiskom. U njoj se od uredaja upotrebljavaju pisač, crtalo i digitalni tiskarski stroj, a tehnike su tiska laserska (tonerom), mlaznicama, sublimacijom i kserografijom.

**Pisač**, koji se naziva i *tiskач, štampač, printer*, ispisuje tekst na papir za izravni unikatni ispis ili prozirnu podlogu (paus-papir ili foliju) kao osnovu za izradbu tiskovne forme kopiranjem na kopirni sloj. Formati su ispisa A4 ili A3.

**Matrični iglični pisač** zacrnuje podlogu udaranjem određenoga broja iglica preko vrpce koja nosi boju. Primjenjuju se grublji pisači sa samo devet iglica u stupcu i finiji s 24 iglice u stupcu. Kvaliteta i brzina rada pisača ovise uglavnom o mehanizmu za horizontalno pomicanje glave s iglicama i u vertikalno pomicanje papira. Obično su robusni, bučni i jeftini u radu i održavanju. Brzina je ispisa 100...300 znakova u sekundi.

**Pisač s mlaznicama** (tintni pisač, kapljični pisač) ima vrlo uske mlaznice iz kojih štrca tinta na papir. Već prema upotrijebljenoj tinti, ispis može biti i u bojama. Najčešće su to boje za konvencionalni četverobojni tisak. Brzina je ispisa ~300 znakova u sekundi, a pisač može prihvati papir širok i do 6 m, premda su uobičajeni formati A3 i B0.

**Laserski pisač** najkvalitetniji je tip pisača. Lik se ispisuje laserskim snopom na površini fotoosjetljivog valjka, a zatim se na osvijetljena mesta nanosi praškasti ili tekući toner i stvara otisk na podlozi kao u kserografiji (v. *Fotografija*, TE 5, str. 579). To je tzv. elektrostatički tisak (v. *Elektrostatičke operacije*, TE 5, str. 50). Mreža kojom laserski pisač ispisuje lik mnogo je gušča od mreže koja se postiže matričnim pisacima. Današnji laserski pisači ispisuju gustoćom od 100...480 točkica po centimetru (~250...1200 točkica po inču), a brzina je ispisa ~10 stranica u minuti.

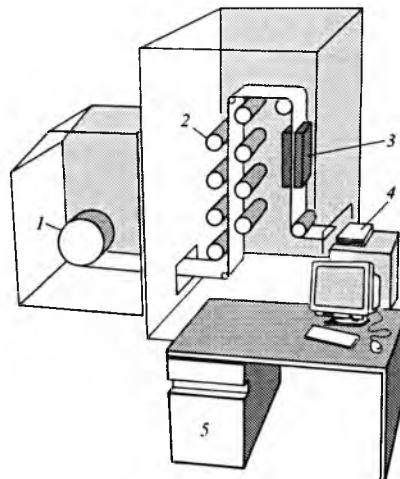
**Sublimacijska tehnika** digitalnog tiska osniva se na sublimaciji boje s površine četiriju termičkih transparentnih folija (svaka folija za jednu od boja četverobojnog tiska). Sublimacija nastaje taljenjem folije na mjestima željenog otiska, pa se otiskom točkice u boji dobiva dojam klasične fotografije. Ta tehnika najviše služi dizajnerima kao vrhunski pokusni otisak prije odluke o konačnoj reproducijskoj tehnici.

**Crtalo**. Na crtalu (naziva se, prema engleskom, i ploter) lik se iscrtava pomoću pera za crtanje, kojih može biti u velikom izboru boja. Pera se po podlozi pomiču u pravokutnom koordinatnom sustavu u vrlo malim koracima (pričvršćeno desetinka debljine pera) pomoću preciznih koračnih elektromotora upravljenih računalom. Nosači pera pomiču se velikim brzinama, tako da se crtala ubrajaju među mehanički vrlo usavršene uređaje. Formati podloge obično su mnogo veći nego za pisače. Crtalo se primjenjuje za crtanje tehničkih i drugih nacrta, zemljopisnih karata i sličnih grafičkih prikaza.

**Digitalni tiskarski stroj** omogućuje djelotvornu, brzu i racionalnu grafičku reprodukciju, pogotovo kada se radi o višebojnom tisku u malim nakladama, a tisak se postiže izravnom vezom od računala do papira tiskarskog stroja. Prvi digitalni tiskarski stroj pojavio se 1991. u Belgiji, a danas je poznato više izvedbi takvih strojeva.

Primjer je konstrukcije i načela rada digitalnoga tiskarskog stroja belgijski stroj Xeikon DCP-1, koji je 1994. proradio i u Zagrebu. To je stroj za obostrani tisak u boji, koji može definirati svaku točku u tisku do 64 različitih sivih razina, što znači da je u jednoj točki sadržana količina informacija od 6 bitova. Tako se s gustoćom ispisa od 600 točkica po inču te s takvim trodimenzijskim rasterom većim od 60 linija po centimetru može proizvesti 256 sivih razina.

Tisak se ostvaruje prolaskom kroz dva četverobojna niza tiskovnih jedinica. Tiskovne jedinice rade na načelu koje vrijedi i za laserski pisač i koje se primjenjuje u kserografiji (v. *Fotografija*, TE 5, str. 579). Svaka tiskovna jedinica u jednom nizu daje otisak u jednoj od boja uobičajenih za četverobojni tisak, pa se time omogućuje obostrani tisak u boji u jednom prolazu (sl. 32). Boja potječe od suhog ili tekućeg tonera. Suhu toner miješa se s nosačem, odnosno smjesom poznatom kao razvijač. Neki dijelovi nosača, npr. željezo, magnetični su, a služe za električno nabijanje čestica tonera. Tekući se toner miješa sa smjesom tekućih ugljikovodika koja ima ulogu nosača. Po izlasku iz tiskovnih jedinica papir prolazi kroz beskontaktni grijać za zataljivanje boje, a zatim se hlađi, reže i izlaže. Postoji i mogućnost izlaganja probnih otisaka i araka na posebnom izlazu.



Sl. 32. Digitalni tiskarski stroj Xeikon DCP-1.  
1 kolut papira, 2 tiskovne jedinice, 3 beskontaktni  
grijać, 4 izlaganje, 5 uređaj RIP

Takvim načinom tiska nestaju iz tiskarske tehnike svi kemijski postupci kao što su snimanje i razvijanje fotolita i ofsetnih ploča te klasična montaža, koja sada postaje digitalnom montažom na računalu.

V. Žiljak

### KNJIGOVEŠKA GRAFIČKA DORADA

Knjigoveška grafička dorada dio je završne grafičke proizvodnje, uz grafičku doradu ambalaže i grafičku doradu papira. Knjigoveška se dorada bavi dovršenjem proizvoda kojima je osnovna namjena da služe za prijenos informacija u najrazličitijim grafičkim (vizualnim) oblicima (knjige, novine, časopisi, blokovi, albumi, kalendarji) ili kao vrijednosnice (novčanice, marke). Ti se grafički proizvodi trebaju oblikovati do uporabnog oblika, kako estetskoga, tako i funkcionalnoga. Zbog sve većih tehnoloških zahtjeva glede brzine, kakvoće, uštede materijala i energije te niske proizvodne cijene mnogi se grafički strojevi projektiraju kao proizvodne cjeline, u kojih je teško razlučiti osnovnu grafičku proizvodnju (tisak) od grafičke dorade. Takve su, primjerice, proizvodne linije za tisak i meko uvezivanje knjiga. Povezanost doradnih procesa s pripremnom fazom (izradbom sloga, obrad-

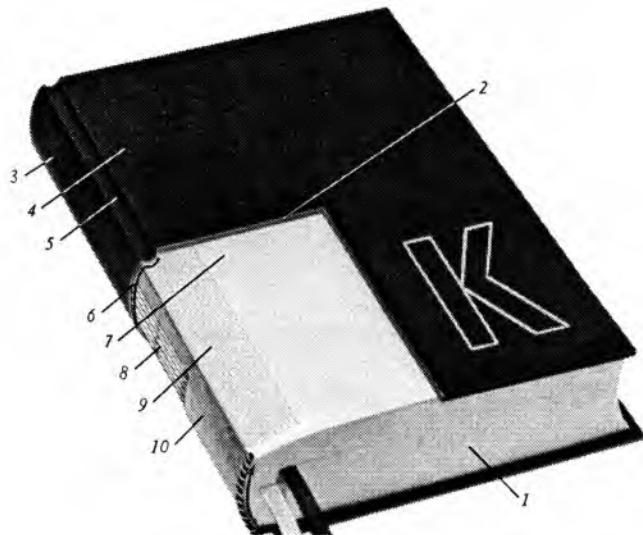
bom ilustracija, montažom i izradbom tiskovnih formi) danas je posebno izražena zahvaljujući računalnoj podršci.

Najvažniji grafički proizvodi svakako su knjige i novine. Novine se tiskaju i završavaju na novinskoj rotaciji, gdje se obavljaju i svi doradni poslovi (razrezivanje papirne trake, savljanje i oblikovanje novina u zadane izmjere), pa sa stajališta knjigoveške dorade nisu osobito složene i zanimljive.

Za knjigu su, međutim, iznimno važni upravo doradni stupci, jer knjiga mora udovoljiti i estetskim zahtjevima (navlastito monografije, fotomonografije i dr.). Obavjesna se uloga knjige (s grafičkog stajališta) ostvaruje kvalitetnim tiskom, a dekorativnim se uvjetima udovoljava primjerenim oblikovanjem i uvezivanjem knjige.

Današnji oblik i izgled knjige nastao je otrplike na prijelazu iz XV. u XVI. st. i otada se način uvezivanja stalno usavršavao. Prvi su uvezi bili izrađeni ručno, a poslije su majstori počeli izradavati različite alatke, a zatim i jednostavne strojeve za uvezivanje knjiga. Tijekom XVIII. st. knjigovešte su počeli konstruirati i industrijski proizvoditi strojeve za uvezivanje knjiga na ručni pogon, koji su poslije usavršeni i prepravljeni za parni pogon te na kraju i za elektromotorni pogon. Današnji se strojevi razlikuju od prvih ne samo po načinu pokretanja nego i po proizvodnosti, kvaliteti i visokom stupnju automatizacije i računalne kontrole. Suvremeni grafički strojevi istodobno obavljaju nekoliko operacija, za što je još u davnoj prošlosti bilo potrebno više različitih strojeva.

**Knjiga** se u osnovi sastoji od *knjižnoga bloka* i *korica* (sl. 33). Knjižni se blok prije uvezivanja u korice lijepi ili šije. S obzirom na način uvezivanja knjižnoga bloka u korice razlikuje se *meki uvez* (knjižni se blok uvezuje u meke korice) i *tvrdi uvez* (knjižni se blok uvezuje u tvrde korice). Danas se često primjenjuju i drugi, jednostavni načini uvezivanja, poput uvezivanja metalnom ili plastičnom spiralom te patentnim sklopovima unutar fascikla (ili odvojivih korica).



Sl. 33. Tvrdo uvezana knjiga. 1 knjižni blok, 2 pripuz, 3 hrbat, 4 presvlaka, 5 utor, 6 hrpteni uložak, 7 podstava, 8 koncem šiveni knjižni blok, 9 gaza, 10 krep-papir

**Korice** se dijele na meke i tvrde. Meke se korice izrađuju od kartona, plastike ili kojega laminatnog materijala. Kako su najčešće napravljene od jednog dijela, nazivaju se i jednodijelnim koricama. Tvrde se korice nazivaju i višedijelnim; sastoje se od pripeza stranica korica izrađenoga od ravne ljepenke, kartonskoga hrptenog uloška i presvlake korica (koja može biti jednodijelna, i to papirna, platnena, kožna ili od umjetnog materijala, odnosno višedijelna i kombinirana, od platna i kože, platna i papira, platna i umjetnog materijala). Platnom se uglavnom presvlači hrbat, a rjeđe i rubovi korica.

Suvremeni strojevi za izradbu višedijelnih tvrdih korica obavljaju taj posao automatizirano od pripremljenih pripeza stranica, hrptenog uloška u obliku vrpce, pripredene presvlake i folije za otiskivanje. Odmah nakon lijepljenja koričnih dijelova, na njima se otiskuje određeni tekst ili slika, stroj ih preša i one se pokretnim vrpccima šalju izravno do stroja za uljepljivanje knjižnoga bloka u korice. Tisak na koricama može biti raznovrstan i ne ovisi samo o idejnem rješenju umjetnika ili dizajnera, nego i o materijalu presvlake korica. Primjerice, ono što treba biti otisnuto na

papirnoj presvlaci može biti izvedeno svim tehnikama tiska, a unaprijed se obavlja u tiskarskom odjelu, pa se u doradi papir samo razrezuje na predviđene izmjere presvlake. Tisak na platenim i kožnim presvlakama ili presvlakama od umjetnog materijala obavlja se u doradnom odjelu, i to uglavnom tehnikom otiskivanja folija, koja je danas učestalija, ali se može otiskivati i slijepim tiskom, preganjem, visokim tiskom ili kombinacijom tih teknika. Tisak na koricama može se izrađivati također propusnim i tamponskim tiskom.

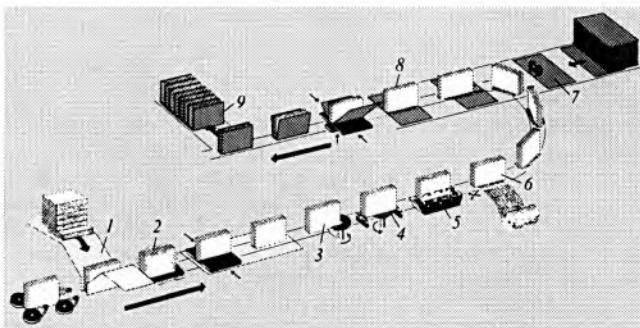
**Knjižni blok** treba pripremiti za uvezivanje u korice. Otisnuti knjižni arci, koji se u doradu dopremaju na paletama, najprije se brzorezalima obrezuju na potrebne izmjere, zatim se na savijači savijaju u knjižne slogove. Način savijanja određuje se unaprijed, jer se prema savijanju odabire i veličina stranice, tip tiska i izgled knjige. Broj savijanja određuje i broj stranica u knjižnom slogu, pa postoje slogovi od 4 do 32 stranice.

Nakon savijanja knjižni se slog preša radi lakšeg rukovanja, a zatim se sabire u strojevima za sabiranje, koji redom slažu slogove što čine jedan knjižni blok. Strojevi za sabiranje mogu imati od 4 do 32 ulagačka mesta u koje se stavljuju knjižni slogovi. Više strojeva čini proizvodnu liniju u kojoj se operacije savijanja, prešanja i sabiranja upravljaju i kontroliraju računalom.

Dalje proizvodne faze ovise o tome hoće li knjiga biti meko ili tvrdi uvezana. Knjižni blok koji će se meko uvezati priprema se jednostavnije, pa je postupak jeftiniji i brži. Zato je taj tip uveza češći, to više što je materijal, posebice ljepilo, bolje kvalitete, pa je uvez čvršći.

Za meki uvez treba obraditi hrbat sabranoga knjižnoga bloka u stroju za meki uvez. Pritom se skida hrpteni pregib, tj. svi se listovi iz svakoga knjižnog sloga oslobođaju kako bi se mogli namazati ljepilom radi slijepljivanja s koricama. To se može obaviti na više načina, pa se hrpteni pregib strojno pili, brusi, gloda ili jednostavno reže. Za meki uvez rabe se taljiva dvokomponentna sintetska ljepila (v. *Ljepila*, TE 7, str. 588). Ona se razlikuju po sastavu da bi se uz zadovoljavajuću čvrstoću spoja mogle lijepiti različite vrste papira od kojih su izrađeni knjižni blokovi. Često se lijepi i kombinacijom taljivih i hladnih disperzijskih ljepila radi boljeg prodiranja ljepila u papir (hladna se ljepila dulje suše).

Slijepjeni se knjižni blok zatim spaja s koricama, koje prije slijepljivanja prolaze kroz valjke za izradbu žlebova da bi gotova knjiga što ljepše izgledala i da bi se korice lakše otvarale. Kad izade iz stroja, knjiga se preša kako bi veza s koricama bila što bolja, te prolazi kroz rezalo u kojem obrezivanjem dobiva konačni oblik. Meko uvezane knjige klasičnih korica obrazuju se trorezalom, a knjige kojima su korice presavijenih rubova obrazuju se samo na donjem i na gornjem dijelu. Pogoni za meki uvez imaju linije u kojima se sve operacije obavljaju automatizirano (sl. 34). Kapacitet je takvih strojeva 12 000 knjiga u jednom satu. Zahvaljujući računalnoj kontroli svakog dijela proizvodnog procesa pogreške su vrlo malene, a količina otpada zanemariva.



Sl. 34. Linija za meki uvez. 1 ulaganje sabranih knjižnih blokova, 2 poravnavanje, 3 skidanje hrptenog pregiba, 4 uklanjanje papirne prašine, 5 nanošenje ljepila, 6 slijepljjenje gaze na hrbat, 7 ulaganje i priprema jednodijelnih kartonskih klorica, 8 slijepljivanje knjižnog bloka i klorica, 9 izlaganje slijepljenih knjiga

Za tvrdi uvez knjižni se blok nakon sabiranja šije koncem, žicom ili taljivim nitima. Šije se kroz hrbat svakoga knjižnog sloga, ali tako da se knjižni sloganovi međusobno povežu. Naravno, i strojevima za šivenje upravlja se računalom pa reagiraju trenutačno, ako npr. pukne konac ili je prošiv loš, što pridonosi kvaliteti proizvodnje i brzini rada. Nakon šivenja knjižni blok

ulaži u liniju za tvrdi uvez, koja može proizvesti do 5 000 knjiga na sat. U njoj se obavlja poravnavanje hrpta knjižnoga bloka, nanošenje ljepila na hrbat i sušenje, lijepljjenje podstave, obrezivanje knjižnoga bloka, lijepljjenje označne i zaglavne vrpce, lijepljjenje gaze, lijepljjenje krep-papira. Nakon toga knjižni se blok uljepljuje u višedijelne tvrde korice i preša, uz naglašavanje pregiba na koricama. S obzirom na to da se sva lijepljjenja uglavnom obavljuju hladnim ljepilom, gotove se knjige pažljivo odlazu na palete i ostavljaju da se ljepilo potpuno osuši. I tvrdi i meko uvezane knjige često se strojno omataju celofanom ili papirom.

Suvremena se grafička dorada, kao i ostale faze grafičke proizvodnje, razvija uz sve veću primjenu računala kojima se upravljaju, povezuju i kontroliraju doradni strojevi. Velike mogućnosti i brzo preusmjeravanje proizvodnje, potpuna automatizacija rada te vrlo precizno ugadanje jamče iznimno dobro kontroliranu proizvodnju, što pridonosi velikoj kvaliteti i brzini rada uz vrlo malen otpad te relativno malen potrošak energije. Automatizacija pomoću računala i samougađanje stroja za različite izratke omogućuju proizvodnju malih serija iznimne kvalitete. Već danas u Hrvatskoj rade mnoge potpuno automatizirane doradne linije i cjeline, koje će uskoro dosegnuti i zadovoljavajući stupanj povezanosti pripremni i tiskarskih odjела s doradnim odjelima. Tome će pridonijeti i sve opsežnija uporaba suvremenih materijala i primjena pojednostavljenih tehnologija, koje će omogućiti lakšu i učinkovitiju kontrolu proizvodnog procesa.

D. Babić

LIT.: W. Walenski, Einführung in den Offsetdruck. Eggen-Fachbuchreihe, Hannover 1975. – Tiefdruck heute. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1976. – M. Kumar, Standardizacija izrade i eksploatacije tiskovne forme za plošni tisk. VGŠ, Zagreb 1978. – O. Korelić, Kemiografija. VGŠ, Zagreb 1982. – V. Žiljak, Računarska tipografija. Školska knjiga, Zagreb 1987. – V. Žiljak, Stolno izdavaštvo. DRIP, Zagreb 1987. – D. B. Crouse, R. J. Schneider, Jr., Web Offset Press Operating. Graphic Arts Technical Foundation, Pittsburg 1989. – W. Walenski, Offsetdruck. Polygraph Verlag, Frankfurt a/M 1991. – T. Limburg, Der Digitale Gutenberg. GSS, Aachen 1994. – B. Wong, Y. Xie, D. Strong, R. Stone, A Study of Waterless Web Offset Print Characteristics. TAGA Proceedings, Rochester 1995. – R. Y Chung, C. Frazier, C. Pitshigarnka, A Further Comparison of Conventional vs. Waterless Lithography. TAGA Proceedings, Rochester 1995. – A. P. Stanton, Reproduction Characteristics of Computer to Plate Imaging Systems. TAGA Proceedings, Rochester 1995.

D. Babić S. Bolanča M. Lovreček V. Žiljak

**TITAN** (Titanium, Ti), kemijski element s atomnim brojem 22 i relativnom atomnom masom 47,90. To je prvi element IV. A podskupine periodnog sustava elemenata. U prirodnoj izotopnoj smjesi titan ima 5 stabilnih izotopa:  $^{46}\text{Ti}$  (8,0%),  $^{47}\text{Ti}$  (7,3%),  $^{48}\text{Ti}$  (73,8%),  $^{49}\text{Ti}$  (5,5%) i  $^{50}\text{Ti}$  (5,4%). Osim stabilnih, poznati su i nestabilni, radioaktivni izotopi titana, među kojima najdužda vremena poluraspada imaju izotopi  $^{44}\text{Ti}$  (47,3 god.),  $^{45}\text{Ti}$  (3,08 h) i  $^{51}\text{Ti}$  (5,79 min). Elektronska je konfiguracija titana  $[\text{Ar}] 3d^2 4s^2$ .

Titan je danas vrlo važan tehnički materijal, kovina koja sjedi svojstva nehrđajućeg čelika i aluminijskih slitina, pa se mnogo upotrebljava u konstrukcijske svrhe. Posebna su svojstva titana osobito izražena u njegovim slitinama, a od spojeva vrlo je poznat titanov(IV) oksid, najvažniji bijeli pigment u industriji lakova i boja.

Titan je 1791. otkrio W. Gregor, anglikanski svećenik, koji je kao kemičar amatér dobio na analizu crni pjesak s obale Cornwalla u Engleskoj. Četiri godine poslije i njemački je kemičar M. H. Klaproth u rudi rutila otkrio novi element i nazvao ga titan po divovima iz grčke mitologije. Čisti titan (maseni udio 99,9%) prvi je dobio M. A. Hunter 1910. godine redukcijom titanova(IV) klorida natrijem pri  $700\text{--}800^\circ\text{C}$  u čeličnoj posudi s inertnom atmosferom.

Prosječni je maseni udio titana u litosferi 0,57%, pa je titan deveti element prema zastupljenosti u Zemljinoj kori. Nalazi se uglavnom u vulkanskim stijenama i njihovim sedimentima, odakle se i dobiva. Spektralnom je analizom potvrđeno da ga ima u Suncu, ostalim zvjezdama i u meteoritima. U uzorcima stijena koje su s Mjeseca donijeli astronauti u misiji Apollo 11 maseni je udio titanova(IV) oksida bio 7...12%, dok je u uzorcima stijena sljedećih misija Apollo bio nešto manji.