

L

LAKOVI I BOJE (prekrivna sredstva), tvari tekuće, pastozne ili praškaste konzistencije koje, nanesene u tankom sloju na podlogu, stvaraju čvrstu prevlaku. Takva prevlaka (nalič, premaz, film) mijenja svojstva površine na koju se nanosi, npr. boju, sjaj, otpornost prema habanju ili prema štetnom djelovanju okolice i sl. Stvorena prevlaka mora sama po sebi biti čvrsta i otporna, ali je također neobično važno da prevlaka dobro prianja uz podlogu, da ne puca i ne ljušti se i da se s podloge ne može jednostavno ukloniti.

Lakovi i boje, tj. prekrivna sredstva (nazivana i premaznim sredstvima, organskim prevlakama i sredstvima za ličenje) neobično su važna za čitavu privredu zemlje jer svojim zaštitnim djelovanjem sprečavaju velike gubitke koji neminovno nastaju zbog djelovanja atmosferilija, agresivne industrijske atmosfere i drugih okolnosti u kojima se nalaze metalne, drvene, građevinske i ostale površine, predmeti ili objekti. U prekrivna sredstva ubrajaju se uz lakove i boje i različita sredstva za impregnaciju.

Pod pojmom *boja*, u užem smislu, razumijeva se osjet vida pobuđen nadražajem očne mrežnice zrakama vidljivog zračenja (v. *Boja*, TE 2, str. 59). Govori se i o boji svjetla, tj. o njegovu spektralnom sastavu, te o boji tijela, predmeta, misleći pri tom na boju svjetla koje se od njih odražava ili kroz njih prolazi. Međutim, u svakodnevnom životu i u tehničkoj praksi pod bojama i bojilima podrazumijevaju se i sredstva za bojenje. To su, dakle, tvari ili proizvodi koji se odlikuju selektivnom apsorpcijom svjetla, pa drugim tvarima ili tijelima daju određenu boju. Boje i bojila nisu identični pojmovi. Bojila su organske tvari topljive u mediju u kojem se primjenjuju, a uglavnom se trajno vežu s obojenim materijalom (tekstil, plastične mase, živežne namirnice, lijekovi) kemijskom vezom (v. *Bojila*, TE 2, str. 84; v. *Prirodne boje i bojila*). Boje koje se opisuju u ovom članku sadrže, za razliku od bojila, obojene tvari (pigmente) netopljive u mediju u kojem se primjenjuju. Na neku površinu nanose se fizikalno stvarajući na njoj obojenu prevlaku. Takva prevlaka služi u zaštitne i dekorativne svrhe, te za oplemenjivanje ili posebno označivanje površina, predmeta, objekta itd. Stvorena prevlaka boje često se po potrebi može s podloge djełomično ili potpuno ukloniti, npr. otapanjem, struganjem ili slično.

Riječ *lak* potječe od sanskrtske riječi *laksha*, što znači broj 100000, tj. nešto beskonačno mnogo, a odnosi se na jednu vrstu biljne uši koja u velikom mnoštvu živi na biljkama roda *Ficus* u nekim tropskim krajevima. U hinduskom jeziku riječu *lakh* označuje se smolasta tvar nastala iz ekskreta ličinke te uši.

Početkom našeg stoljeća otkrivene su na stijenama špilja u različitim dijelovima svijeta poznate zidne slikarije iz prehistojskog doba. Slikarje su često urezivane kamenom, a kao alat špiljski je čovjek upotrebljavao šuplje kosti za duhanje zemljanih boja, te kistove od dlake ili pera. Zemljane boje (željezni i manganovi oksidi, kreda, talk, kaolin), zatim drveni i koštani ugljen, samijeven u prah i pomiješan s vezivom (mast, med, krv, mljeko, vosak, smola, biljni sok), bile su prve boje koje su ljudi poznavali. Prije bojenja paleolitski čovjek je

upotrebljavao već i podlogu od smole ili masti pomoću koje je vezao boju za površinu stijene pećine.

U prostoru između Sredozemnog mora i Perzijskog zaljeva razvija se od najranijih vremena jaku likovnu kulturu. U toj kulturnoj sredini prevladavaju crna, bijela, smeđa, crvena i plava boja. Egipćani upotrebljavaju već ototpunu smole za impregniranje prilikom prepariranja mumija. Poznaju drveni i koštani ugljen, oker, kredu, cinober i malahit. Od veziva upotrebljavaju kožno tutkalo, bjelanjak, žutanjak, vosak i kazein. Iz tog su doba i počeci fresko-slikanja (zidne slike na svježoj žbuci). Razvita likovna umjetnost bio je osobito jak u staroj Grčkoj. Pigmenti su bili bijele, crne, crvene i žute zemljane boje, a vezivo vosak, konopljino i makovo ulje, tutkalo i med. Način slikanja bio je fresko i tempera (tehnika slikanja bojamastom od smjese pigmenta i različitih ljepljivih tvari, ponajviše žumanjaka, smolastih ljepila i sl.). Kasnije se razvilo slikarstvo na drvenim i koštanim pločicama s voskom kao vezivom za zemljane boje, što je bio napredak prema tempera-slikanju i fresko-slikanju.

Za zaštitu drvenih i metalnih površina već su se u prošlosti s većim ili manjim uspjehom upotrebljavale različite vrste prirodnih smola i balzama, voskovi, ekstrakti biljaka, masnoće, bitumenske tvari iz Mrtvog mora i sl. Obojenja su se dobivala utrijavanjem zemljanih boja u vezivo ili pomoću obojenih tvari iz raznovrsnih biljaka tropskog i subtropskog podneblja. U srednjem vijeku kao zaštitna sredstva bile su već poznate neke vrste uljenih boja, asfaltnih lakova, jantarnih lakova, otopina gumiarabike i sl. Brodovi su se impregnirali i otopljenim smolama u nesušivo ulju. Kasnije se pod utjecajem istočnih zemalja za impregnaciju drva i brodova počelo upotrebljavati i četinarsko ulje. Od Arapa je preuzeto terpentinskih ulja, a kineski utjecaj potaknuo je, između ostalog, i nekoć vrlo raširenu upotrebu tzv. ruj-laka, koji se pripravljao nepoznatim postupkom od sokova biljke ruj ili sumak (*Rhus vernicifera*). Metode i postupci obično su se držali u tajnosti i prelazili su s oca na sina, pa su mnogi načini zaštite ostali zugubljeni.

Svi su se ti načini u likovnoj umjetnosti i u postupcima zaštite površina više ili manje zadržali kroz čitav srednji i dio novoga vijeka. Tek se u XV stoljeću u Nizozemskoj (braća Eyc) po prvi put počelo upotrebljavati sušivo ulje kao vezivo u koje su se utrljali pigmenti. Sušivo ulje bilo je i ranije poznato (oko X stoljeća), ali nije bilo upotrijebljeno u širem smislu.

Prva proizvodnja zaštitnih pokrivenih sredstava počela je u XVII stoljeću u Nizozemskoj zbor dobro razvijene brodogradnje. U XVIII stoljeću počelo se u Francuskoj po proizvodnjom firnisa i sušivih ulja. Međutim, prva organizirana proizvodnja lakova i boja u Evropi počela je tek u XIX stoljeću. Paralelno se razvijala i proizvodnja pigmenta. Prvi anorganski pigment pripravljen je 1704. godine. Bilo je to parisko modrilo. Zaredali su novi pigmenti, i to među najvažnijima olovno bjelilo (1759), cinober (1785), kromovne žute i zelenе boje (1809), švajčarsko zelenilo (1814), ultramarin (1828), litpon (1850), cinkovo bjelilo (1850), a nakon toga započelo se sintezom organskih pigmenta.

U vremenu do prvoga svjetskog rata kao veziva u lakovima i bojama prevladavala su prirodna sušiva i polusušiva ulja, a od smola kolofonij (iz balzama drveta četinara), kopali (recentne fosilne smole), šelak (iz smolastog ekskreta ličinke biljne uši), različite vrste bitumena, te niz veziva manje važnosti. Od tada se assortiman sirovina za proizvodnju lakova i boja bitno promjenio. U vremenu između dva svjetska rata, a osobito nakon drugoga svjetskog rata, u proizvodnji lakova i boja prešlo se od empirijskog načina rada na razvojno istraživačke studije povezane s kemijskom industrijom i proizvodnjom opreme. Uvedena je nova tehnologija i novi uređaji te postrojenja za procese miješanja, dispergiranja, filtriranja, ambalažiranja itd. Proširila se i primjena lakova i boja, pa se bitno promjenio način njihova nanošenja na podlogu i sušenja. Anorganskim i organskim sintezom priređeni pigmenti i punila postojani su u specifičnim uvjetima (otpornost prema svjetlu, višim temperaturama, kemijskim utjecajima) zatim novi aditivi i nove vrste otapala, a nadasve nove vrste veziva, koja su glavnici nosioci kvalitete lakova i boja.

Na poboljšanje svojstava i povećanje assortimana lakova i boja osobit utjecaj imala je sinteza novih vrsta veziva kao glavnih nosilaca njihovih kvaliteta. Prvi važniji korak bio je oplemenjivanje prirodnih smola, što je postalo moguće kada su se pojavile prve fenolne smole (1909). Čiste fenolne smole, tipa Novolak ili tipa Resol, nisu bile mnogo važne. Međutim, prirodnim smo-

lama modificirane fenolne smole tipa Albertol (1917) značile su bitan napredak u sirovinskoj bazi za lakove i boje (umjetni kopalji). To vrijedi i za fenolne smole plastificirane masnim kiselinama i za alkilfenolne smole. Uz razvoj prvih sintetskih smola uvedene su kao vezivo 1920. godine i otopine celuloznih derivata (otopine celuloznih estera i celuloznih etera), te kloriranih kaučuka (1930). Te su sirovine u svoje vrijeme označivale pravi preokret u brzini sušenja nanesenog filma. Primjena tih derivata zahtijevala je nove vrste organskih otapala i omekšivača te novu tehniku nanošenja lakova i boja na podlogu.

Veoma uspješan razvoj započeo je 1931. godine sintezom alkidnih smola a zatim i njihovih modifikacija s uljima, masnim kiselinama, izocjanatima, stirenima, silikonima itd. Alkidne smole ostale su do danas glavna sirovinska baza za veziva lakova i boja. Na tržište dolaze stalno nove vrste tih smola, jer se alkidne smole (čiste, gliptalne) mogu lako modifikirati ugradnjom različitih kemijskih grupa u njihovu molekulu. Poliakrilatne smole (1935) i njihove disperzije u vodi i danas su vrlo važne sirovine u paleti lakova i boja. Kasnije su se razvile i melaminske smole (1937), što je omogućilo stvaranje alkidno-melaminskih kombinacija za pečene lakove i boje.

Naročiti interes pobudili su sintetski proizvodi za pripravu tzv. reaktivnih lakova i boja. To su višekomponentna prekrivna sredstva kojima komponente međusobno kemijski reagiraju tek na površini na koju su nanesena. Zbog polikondenzacijskih i poliadijskih reakcija u toku sušenja nastane čvrst film vrlo dobrih zaštitnih svojstava. U tu se grupu ubrajuju lakovi i boje na osnovi poliuretanskih (1937), poliesterskih i epoksidnih (1948) smola i njihovih derivata. Poslije 1939. godine mnoštvo polimera, prije svega polivinilacetat i polivinilklorid, primjenjeno je u industriji lakova i boja, dajući im posebno svojstva koja su važna osobito u građevinarstvu. Razvijo se i niz visokomolekularnih tvari kao veziva za lakove i boje, npr. poliakrilatni esteri, naknadno klorirani polivinilkloridi, disperzije polivinilacetata, stirenbudadieni itd. Napredak je bio postignut i sintezom silikonskih smola (1950), koje se primjenjuju u specijalne svrhe ili kao modifikatori drugih vrsta smola povećavajući njihovu otpornost prema različitim štetnim utjecajima.

Preokret u razvoju lakova i boja započeo je sintezom vodotopljivih alkidnih smola (1957). Naime, većina lakova i boja sadrži i do 50% organskih otapala, pa je uvođenje novih sintetskih smola, koje omogućuju upotrebu vode kao otapala uz neznanat dodatak organskih otapala, veliko poboljšanje iz ekonomskih, ekoloških i tehničkih razloga. Nakon primjene prvih vodotopljivih alkidnih smola razvila se sinteza i ostalih smola topljivih u vodi kao što su melaminske, fenolne, poliesterske, poliakrilatne, epoksidne, epoksidno-esterske i druge smole, kojih razvoj može značiti preokret u proizvodnji i primjeni lakova i boja. Ta su nova veziva sve više važna, posebno s gledišta zaštite čovječjeg okoliša i sigurnosti od požara. Treba istaknuti i razvoj praškastih smola, ponajviše epoksidnih, za proizvodnju boja u prahu koji se nanose elektrostatski (1963), te veziva s visokim sadržajem suhe tvari (1973), što smanjuje upotrebu otapala. Proizvodnja lakova i boja usko je, dakle, povezana s razvojem organske i anorganske sintetske kemije, kojih su mnogi proizvodi osnovne sirovine za lakove i boje.

A. Johanides

VRSTE I SASTAV LAKOVA I BOJA

Prekrivna sredstva sastoje se od više komponenata. Glavni sastojak jest vezivo od kojeg se stvara prevlaka, a sadrži osnovne materijale potrebne za nastajanje prevlaka. Osim toga prekrivna sredstva mogu sadržavati i različite dodatke (antioxidanse, sušila, ubrzivače, regulatore taloženja i sl.) i otapala. Proizvod takvog sastava jest providno prekrivno sredstvo (najčešće je to lak). Ako, međutim, osim veziva i dodataka takav proizvod sadrži i pigmente i punila, radi se o neprovodnom prekrivnom sredstvu (o boji).

Providna prekrivna sredstva služe za stvaranje providne prevlake kojom se podloga želi zaštititi od štetnog utjecaja okoliša, a prirodnim izgled i ljepotu podloge sačuvati vidljivom ili čak potencirati. Providne prevlake služe osim toga kao prvi ili zadnji sloj u višeslojnom sustavu zaštite, a ponekad mogu biti i obojene. Providnih prekrivnih sredstava ima više vrsta.

Firnis je siktirano prirodno, uglavnom laneno ulje. Služi kao vezivo za uljene boje, te kao impregnacija, a katkad i jedina zaštitna građevna stolariju i slično.

Impregnacije su otopine ili disperzije veziva niske koncentracije i viskoznosti. Služe za pripremu drvenih i mineralnih podloga prije lakiranja, u koje trebaju prodrijeti što dublje. Povezuju nedovoljno homogene površinske slojeve podloge, a ujedno stvorenim filmom sprečavaju da upojava podloga upije vezivo iz pigmentiranih materijala, koji bi tada, osiromašeni vezivom, postali krhki i lagano bi se otirali (tj. dodirom bi se skidao nalič).

Lakovi su otopine ili disperzije veziva, a mogu sadržavati i niz različitih dodataka. Nakon sušenja ostaju na podlozi kao kompaktan transparentni film. Upotrebljavaju se pretežno za drvo, jer je često poželjno da se sačuva njegov lijepi izgled. U težim uvjetima eksploatacije dolazi do izražaja i zaštitna uloga lakova (parketi, kuhijski namještaj, drvene površine na brodovima i sl.). Za mineralne podloge lakovi se primjenjuju

pri zaštiti fasadne opeke, crijepe, betona, kamena. Za metalne površine upotrebljavaju se ili izravno (npr. aluminij, unutrašnje stjenke konzervi, žica) ili kao završni gornji sloj na pigmentiranom sustavu, s namjerom da se dobije punoča i sjaj (metallizirani auto-lakovi) ili bolja zaštita (vinilni lak na vinilno-alkidnoj lak-boji). Uz dodatak topljivih pigmenata dobiju se transparentni obojeni lakovi za namještaj, muzičke instrumente itd.

Lazure su otopine veziva obojene kvalitetnim pigmentima. Za posebno lijepu tonove upotrebljavaju se transparentni željezni oksidi. Koncentracija pigmenata odabrana je tako da suhi film ima određenu boju, ali nije neprovodan, pa se vidi tekstura i oblik podloge. Lazure se pretežno primjenjuju za zaštitu drvenih dijelova zgrada i konstrukcija. Za pojačanje zaštitnog djelovanja, inače vrlo tankog filma lazure, dodaju se lazurama fungicidi i insekticidi. U upotrebi su i lazure za beton.

Neprovodna prekrivna sredstva, osim vezivne komponente i dodataka, sadrže i pigmente i punila. Pigmenti im daju obojenost (boju) kako bi neka površina dobila ljepši izgled ili se posebno označila. Pigmenti i punila omogućuju da se na podlogu nanose deblji slojevi tiksotropnih sustava, kitova i masa. Osim toga, pigmenti i punila pojačavaju zaštitu podloge od utjecaja atmosferilija i okoliša, od djelovanja ultraljubičastih zraka, a donekle i mehaničkog oštećenja i trošenja. Neke od tih tvari mogu imati i izrazito antikorozisko djelovanje.

Prema načinu zaštite razlikuje se više vrsta neprovodnih prekrivnih sredstava.

Boje su zajedničko ime za cijelu grupu pigmentiranih prekrivnih sredstava, ali se upotrebljava i specifično, npr. kao naziv za uljene i uljeno-smolne kombinacije (uljene boje).

Temeljne boje za metale izrađuju se na osnovi čitavog niza veziva, uz relativno mnogo antikorozivnih pigmenata (oksidi, kromati, fosfati, cinkov prah). Cinkom bogate temeljne boje sadrže više od 90% metalnog cinka. Reaktivne temeljne boje proizvode se na osnovi polivinilbutirala, fosforne kiseline i cinkovih kromata. Temeljne boje za elektroforetsko nanošenje (mogu biti i jednoslojne lak-boje) izrađuju se na osnovi vodotopljivih alkidnih smola u kombinaciji s fenolnim i aminosmolama, ili samo fenolnim, ili samo aminosmolama, zatim na osnovi epoksiesterskih, akrilatnih i drugih smola.

Temeljne boje za drvo jesu transparentne boje koje su u industriji namještaja gotovo potpuno istisnule nekadašnja močila (abajce). Mala količina celuloznog nitrata s omekšivačem služi kao vezivo za transparentne ili standardne pigmente kombinirane najčešće tako da nakon nanošenja na manje plemenito drvo (npr. na bukovinu) daju privid plemenitijeg (npr. orahovinu). Tim se temeljnim bojama postižu i drugi željeni efekti na namještaju ili na parketu.

Predlakovi su zajednički naziv za proizvode koji se primjenjuju kao međusloj, a ponekad i kao prvi sloj u sustavima zaštite. Po sadržaju veziva oni su siromašniji od pokrivnih boja i imaju redovito mnogo punila, a manje pigmenata slabije kvalitete, pa su zbog toga jeftiniji.

Lak-boje su sredstva za završno lakiranje (pokrivne boje), vrlo bogata vezivom i pigmentirana kvalitetnim pigmentima uz malo punila ili bez njega. Prema fizikalno-mehaničkim i kemijskim svojstvima filma to su najkvalitetnija prekrivna sredstva. Lak-boje se mogu nanositi i izravno na podlogu kao jednoslojni zaštitni film ako je takva zaštita dovoljna.

Lakovi i boje isporučuju se potrošačima u tekućem, pastoznom ili praškastom stanju. Svaka od tih grupa razvijena je s obzirom na tehnološke mogućnosti proizvodnje i primjene. Tekuće boje i lakovi temelje se na otopinama ili disperzijama veziva u organskim otapalima ili u vodi, ili se temelje na niskoviskoznim tekućim vezivima. Praškaste boje sadrže, međutim, fino samljena kruta veziva. Tekuće boje i lakovi mogu se primjeniti na bilo koji od načina primjene, dok za praškaste boje postoje samo dvije mogućnosti primjene: prije upotrebe se otapaju (npr. jeftine zidne boje otopljene u vodi), ili se nanesu kao prah, rastale i zatim njihovo vezivo otrvdne, bilo hlađenjem taline, bilo kemijskim reakcijama u talini.

Lakovi i boje s organskim otapalima još su uvijek najveća i najvažnija grupa prekrivnih sredstava, ali ih ostale grupe sve više potiskuju iz upotrebe. Upotrebljavaju se u svim područjima

primjene s jednakim uspjehom. Veziva su im visokomolekularne tvari koje su u izvornom obliku čvrste ili visokoviskozne. Njihovim otapanjem ili dispergiranjem u organskim otapalima dobivaju se niskoviskozne otopine ili disperzije, u kojima se veziva mogu miješati i homogenizirati međusobno ili s ostalim komponentama, a omogućeno je i kvašenje pigmenata i punila u proizvodnji pigmentiranih proizvoda. Disperzije veziva u organskim otapalima (npr. nevodene disperzije akrilnih smola za metalizirane automobiličke lakove, disperzije fenolnih smola za temeljne boje za metale) upotrebljavaju se mnogo manje nego otopine. Sadržaj otapala u proizvodima na osnovi fizičko sušivih veziva iznosi obično 50–80%, a na bazi kemijski sušivih 40–60%. U posljednje su vrijeme razvijeni sustavi s povišenim sadržajem suhe tvari (sadrže manje od 30% otapala). Proizvodi koji se ubrajaju u grupu lakova i boja s organskim otapalima primjenjuju se na različite načine, od jednostavnog licenja kistom ili valjkom do elektrostatičkog bezračnog štrcanja. Nakon nanošenja boje na podlogu počinju otapala hlapjeti, što je obično prva faza sušenja (a za fizičko sušivo načelo ujedno i jedina). Upotreba lakova i boja s organskim otapalima ima i nedostatka jer su ti proizvodi svojom zapaljivošću i otrovnosću stalna opasnost za ljude i materijalna dobra. Zbog toga je današnji razvoj industrije lakova i boja usmjeren na smanjenje udjela organskih otapala u recepturi, na njihovu zamjenu vodom i na razvoj proizvoda bez otapala.

Lakovi i boje s vodom kao otapalom ili medijem za dispergiranje veziva sadrže obično 20–50% vode. Osnovna su područja primjene građevinarstvo i zaštita metala, a primjenjuju se sve više i za zaštitu drveta. Proizvodnja i izbor te grupe prekrivnih sredstava stalno raste, ali je za sada upotreba vode kao otapala ograničena, jer postoji malo veziva koja su izravno topljiva ili se mogu prevesti u oblik topljiv u vodi, a da se pri tom ne umanjuje njihova zaštitna svojstva. Ograničen je također i izbor veziva koja se mogu dobro u vodi dispergirati. Od te se grupe danas najviše upotrebljavaju vodene disperzije, osobito vinilnih i akrilnih smola za zidne boje, mase i žbuke. Za visokomolekularnu veziva vodene disperzije imaju prednost pred vodenim otopinama jer mogu sadržavati i 50–60% suhe tvari, a otopine ih sadrže najviše do 35%. Osim mogućnosti nanošenja svim metodama koje se primjenjuju i za lakove i boje s organskim otapalima, vodene otopine omogućuju i posebnu metodu nanošenja: elektroforetsko taloženje boje na metalnu podlogu (v. *Elektrokinetičke operacije*, TE 4, str. 400), što se danas primjenjuje u svim većim tvornicama automobila, kućanskih aparata, sitnog pribora i sl. Međutim, loša strana vode kao otapala ili medija za dispergiranje jest u tome što na sobnoj temperaturi sporo hlapa, a za njeno isparivanje na povišenim temperaturama potrebno je relativno mnogo energije.

Tekući lakovi i boje bez otapala sadrže veziva na osnovi biljnih ulja (uljene boje) ili na osnovi niskoviskoznih reaktivnih smola koje otvrđuju nakon dodatka katalizatora ili otvrdiša (tzv. kontakta). Takve su smole npr. epoksidne smole i smole za poliuretanske lakove i boje. Te dvije grupe proizvoda po svom su razvoju i svojstvima sasvim različite. Uljene boje bile su među prvima u širokoj upotrebi, vanjski izgled njihova suhog nalika nije osobito lijep, otpornost im je slaba do osrednja. Epoksidni i poliuretanski lakovi i boje bez otapala proizvodi su vrhunske kvalitete, među najnovijim i još uvijek u razvoju. Upotrebljavaju se pretežno na metalnim i mineralnim podlogama, i to u najtežim uvjetima primjene (kiseline, lužine, kemijske, voda i sl.). Zbog veće viskoznosti i kratkog vremena upotrebljivosti smjese boje s kontaktom, način njihove primjene ograničen je na nanošenje kistom, lopaticom i na bezračno štrcanje. Suhu film znatne je debljine (debljina jednog sloja 0,2–0,5 mm), dobrog razlijevanja, sjaja i tvrdoće, bez pora koje se redovno pojavljuju prilikom upotrebe sustava s otapalima. U tu se grupu mogu svrstati i lakovi i boje na osnovi nezasićenih poliesterskih smola otopljenih u stirenu. Premda služi za pripravu otopine smole s viskoznosću podesnom za proizvodnju i primjenu, stiren nije otapalo u klasičnom smislu. Naziva se reaktivnim otapalom, jer nakon nanošenja boje na podlogu ne hlapa iz filma, već aktivno sudjeluje u reakciji umrežavanja smole i ostaje u strukturi filma kao ravnopravna kom-

ponenta veziva. Ti se proizvodi vrlo mnogo upotrebljavaju kao lakovi za drvo i kitovi za metale.

Pod *bojama u prahu* razumjevaju se ranije jeftine zidne boje na osnovi karboksimetilceluloze s vinilnim smolama ili bez njih, koje su se prije upotrebe otapale u vodi. Danas se taj pojam odnosi na visokokvalitetne proizvode na osnovi vinilnih, epoksidnih, akrilnih ili poliesterskih smola. Prema načinu stvaranja filma razlikuju se boje u prahu koje se rastale na površini predmeta, a nakon ohlađenja ponovno se skrtnutu kao homogeni film (boje na osnovi vinilnih smola), te boje koje otvrđuju u talini kemijskom reakcijom (akrilne, epoksidne, poliesterske smole). Proizvodnja boja u prahu slična je proizvodnji plastičnih masa: krute se smole samelju, primješaju se praškasti pigmenti i punila, za boje koje otvrđuju kemijskom reakcijom doda se i prikladni otvrdišač, a zatim smjesa prolazi kroz ekstruder zagrijan na temperaturu nešto višu od talista smole (oko 100 °C). U talini se pigmenti dispergiraju, masa se ohladi i melje u fini prah. Osnovna je karakteristika boja u prahu velika otpornost prema vanjskim utjecajima, homogenost filma te mogućnost nanošenja debljih slojeva. Ograničavajući faktor njihove veće potrošnje jest način stvaranja suhog filma. Prah se nanese na metalnu podlogu i zajedno s njom zagrije do temperature 150–220 °C. Nakon 5–30 minuta reakcija je završena. Zbog relativno visoke temperature primjena boja u prahu ograničena je na metalne površine. Prilikom primjene tih boja elektrostatičkim raspršivanjem treba biti oprezan jer se u zraku stvara fina disperzija praha, koja u određenim koncentracijama u prisutnosti otvorenog plamena može biti eksplozivna.

M. Tomaš

Veziva

Vezivo je komponenta lakova i boja od najveće važnosti za njihovu kvalitetu i primjenu. Osnovna im je uloga stvaranje prevlake (filma) na nekoj podlozi. Veziva su uglavnom visokomolekulske tvari, tj. tvari sastavljene od vrlo velikih molekula (v. *Polimeri*), ali također i niskomolekulski spojevi, koji tek prilikom otvrđivanja prevlake prelaze u visokomolekulске spojeve. Od prirodnih tvari kao veziva upotrebljavaju se biljna sušiva, polusušiva i nesušiva ulja, celulozni esteri i prirodne smole (v. *Smole, prirodne*). Međutim, mnogo se više upotrebljavaju sintetske smole (v. *Plastične mase i umjetne smole*), a prirodne smole sudjeluju danas samo u malom postotku u suvremenoj proizvodnji lakova i boja, te se upotrebljavaju dobrim dijelom još samo kao dodatna, a ne više kao osnovna veziva. I neke druge velike grupe veziva, koje su se nekada proizvodile isključivo modificiranjem prirodnih smola (npr. klorkaučuk ili ciklički kaučuci), danas se proizvode uglavnom sintetski.

Nakon nanošenja nekog prekrivnog sredstva na podlogu, spojevi koji čine vezivo trebaju prijeći u svoj konačni oblik. Taj se proces nastajanja čvrste i suhe prevlake naziva *sušenjem*. Tom su prilikom mogući sljedeći procesi: 1) hlapljenje otapala (vode ili organskih otapala) iz otopina visokomolekulskih tvari, 2) hlapljenje vode ili organskih otapala iz disperzija visokomolekulskih tvari, 3) hlađenje talina i 4) otvrđivanje prevlake kemijskom reakcijom.

Lakovi i boje koje se suše jednim od prvih triju načina ili njihovom kombinacijom nazivaju se *fizičko sušivim*. Kako se prilikom njihova sušenja ne zbijavaju kemijske reakcije, potrebno je da njihovo vezivo već sadrži visokomolekulске tvari, koje će nakon hlapljenja ili hlađenja tvoriti prevlake željenih kvaliteta. U prekrivnom sredstvu često se nalazi i omekšivač koji u kombinaciji s vezivom daje prevlaci bolja mehanička ili druga svojstva. Ponekad se stvaranje prevlake može ubrzati zagrijavanjem. U fizičko sušiva ubrajaju se prekrivna sredstva koja kao veziva sadrže celulozne derive, klorkaučuk, ciklokaučuk, vinilne polimere i stiren-butadienske kopolimere.

Kemijski sušivi lakovi i boje, tj. oni koji otvrđuju nekom kemijskom promjenom veziva, sadrže niskomolekulске spojeve ili smjese tih spojeva i visokomolekulskih tvari. Katkad su to tvari niske viskoznosti, pa su u usporedbi s fizičko sušivim lakovima i bojama potrebne manje količine otapala, a ponekad otapalo nije uopće potrebno. Sušenje, tj. stvaranje prevlake, po-

sljedica je kemijske reakcije među molekulama veziva kojom iz spojeva manje molekulske težine nastaju umrežene visokomolekulske tvari. Pri tom se radi o mogućim polireakcijama: o polimerizaciji, polikondenzaciji, poliadiciji ili o mješovitim reakcijama (v. *Elektrotehnički materijali*, TE 5, str. 86; v. *Polimerizacija*). Polireakcije među sastojcima veziva mogu se pobuditi oksidacijom kisikom iz zraka, zagrijavanjem, energijom zračenja, ili samo dovođenjem reaktivnih sastojaka u neposredan kontakt, a mogu se ubrzati pogodnim katalizatorom.

Polimerizacijom koja se pobuduje oksidacijom na zraku, otvrđujući biljna sušiva ulja koja služe kao vezivo u firnisu, uljenim bojama i uljenim lakovima. Osim toga, polimerizacijom se umrežavaju i alkidne smole sušive na zraku ili modificirane monomerima (stiren, akrilati, viniltoluen i dr.), epoksidne esteri i epoksidne smole modificirane sušivim uljima, epoksidne smole uz dodatak kiselina ili terciarnih amina itd. Poznati su i mješoviti procesi kao što je adicijska polimerizacija. Kao primjer služi stvaranje filma nezasićenog poliestera adicijom stirena kao aktivnog otapala na polimerizirane molekule nezasićenog poliestera uz inicijatore procesa (organski peroksidi) i eventualni dodatak ubrzivača (kobaltov naftenat, odnosno oktoat).

Prekrivna sredstva kojima vezivo reagira polikondenzacijom, često je nakon nanošenja na podlogu potrebno zagrijavati u posebnim pećima i tako postići otvrđivanje. Osim toga, neka od tih sredstava otvrđuju u prisutnosti katalizatora i bez zagrijavanja. U tu se grupu ubrajaju prekrivna sredstva s vezivima kao što su amino-smole (urea i melaminske), zatim viševezivni naliči na osnovi alkidnih smola nesušivog i polusušivog tipa kombiniranih s hidroksidnim, karboksilnim ili esterskim grupama, epoksidne smole uz amino-smole, zatim fenolne, siliconske, akrilatne smole itd.

Poliadicijom dobivaju se prevlake vrlo trajnih i otpornih lakova i boja univerzalne primjene. U tu se grupu svrstavaju epoksidne smole (ponekad u kombinaciji s katranom), koje otvrđuju u kontaktu s poliamidima, poliaminima ili izocijanatima, te naliči na osnovi poliuretanskih veziva. Neke od kombinacija veziva koje reagiraju poliadicijom otvrđuju vrlo brzo, pa se njihove komponente smiju dovesti u kontakt tek neposredno prije upotrebe. To su dvokomponentna prekrivna sredstva, od kojih se jednokomponentna razlikuju po tome što su stabilna u obliku u kojem se i primjenjuju ako su uskladištena i kroz duže vrijeme.

Prema kemijskom sastavu i prema funkciji koja im je namijenjena u lakovima i lak-bojama, razlikuje se čitav niz veziva.

Biljna ulja jesu prirodne tvari koje se dobivaju iz sjemenaka i plodova biljaka. To su esteri viših masnih kiselina s glicerolom (v. *Masti i ulja*). S obzirom na vrstu i količinu masnih kiselina s većim ili manjim brojem dvostrukih veza, ulja pokazuju veću ili manju sušivost, pa se razlikuju sušiva, polusušiva i nesušiva ulja. Ulja građena od glicerola i linolne ili linolenske kiseline ubrajaju se u sušiva ulja. Njihovo je svojstvo da nanesena u tankom sloju na podlogu i izložena zraku i svjetlu ubrzno očvrstnu i tvore elastičnu, otpornu prevlaku. Naime, kisik iz zraka veže se na nezasićene veze stvarajući perokside i hidroperokside koji se raspadaju, a nastala radikalna mjesta pobuduju zatim polimerizaciju, kojoj pogoduju metalne soli masnih kiselina kao katalizatori (tzv. sikativi). Najvažnija sušiva ulja jesu laneno, orahovo, makovo, konopljino, drvno (tung) ulje itd.

Sušiva ulja upotrebljavaju se kao veziva za pripravu firnisa, uljenih boja i uljenih lakova, te za modificiranje alkidnih smola sušivih na zraku. Prekrivna sredstva na osnovi sušivih ulja neotrovna su i nemaju štetnih posljedica s obzirom na zagađivanje okolice. Usprkos sporom sušenju, sušiva su ulja i danas važna kao veziva za temeljne boje zbog svojih izvanrednih penetrirajućih svojstava. Međutim, za pokrivne boje praktički su potpuno zamijenjena alkidnim modificiranim smolama.

Od **celuloznih derivata** (v. *Celulozni derivati*, TE 2, str. 581) koji se upotrebljavaju kao veziva za lakove i boje, najvažniji su celulozni nitrat i neki celulozni esteri organskih kiselina, u prvom redu celulozni acetat.

Celulozni nitrat (poznat i pod pogrešnim nazivom nitroceluloza) dobiva se nitriranjem celuloze. Nitriira se celuloza dobivena od drveta (drvjenjača) ili pamuka (linter). U proizvodnji

prekrivnih sredstava upotrebljava se celulozni nitrat s 10,6...12,3% dušika. U prekrivnim sredstvima, kombiniranim sa smolama i omekšivačima, primjenjuje se u obliku otopine, pa se ubraja u fizičko sušiva veziva. Kao otapala upotrebljavaju se mnogi esteri i ketoni. Aceton se može smatrati univerzalnim otapalom za različite vrste celuloznih nitrata, koje se međusobno razlikuju uglavnom prema stupnju viskoznosti. Celulozni nitrat služi kao vezivo za mnoge lakove i boje koje se primjenjuju za zaštitu drva, osobito namještaja, metala, papira, kože, tekstila, zatim u parfimeriji (lak za nokte) itd.

Celulozni acetat (acetilceluloza) dobiva se djelovanjem anhidrida octene kiseline na celulozu. Može se upotrijebiti i smjesa anhidrida nekoliko kiselina (octena, propionska, maslačna), pa se dobivaju mješoviti celulozni esteri. I ta se veziva suši fizičko, tj. hlapljenjem otapala. Prevlake takvih veziva odlikuju se bezbojnošću, dobrim izolacijskim svojstvima i postojanošću prema svjetlu, vodi, uljima i mastima. Celulozni acetati i slični mješoviti esteri upotrebljavaju se kao veziva u prekrivnim sredstvima za drvo, za neke metale i legure (bronca), u izolacijskim lakovima za elektrotehniku i sl.

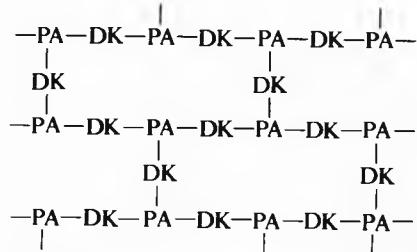
Prirodne smole bile su ranije vrlo važne smolne komponente za proizvodnju lakova. Tako se, npr., mnogo upotrebljavao šelak, koji se dobiva iz izlučina ličinki nekih vrsta biljnih uši iz tropskih predjela, zatim kolofonij, kao smola crnogoričnih stabala (v. *Drvo, kemijska prerada*, TE 3, str. 452), pa jantar, kopali i indeni (v. *Smole, prirodne*). Međutim, danas prirodne smole nisu toliko važne i manje se upotrebljavaju kao samostalna veziva, pa služe uglavnom kao dodaci prekrivnim sredstvima na osnovi alkidnih smola i celuloznih nitrata koji se suše na zraku.

Sintetske smole svakako su najvažnije među vezivima suvremenih lakova i boja. To su većinom umjetni organski polimeri, tj. visokomolekulske tvari nastale iz niskomolekulske kemijske sintezom (v. *Plastične mase i umjetne smole*). U upotrebi se nalazi čitavo mnoštvo umjetnih smola koje služe kao vezivo. Ta se veziva međusobno razlikuju prema strukturi i mnogim svojstvima, pa je i područje njihove primjene u obliku gotovih proizvoda, lakova i boja, vrlo veliko i različito.

Poliesteri se općenito dobivaju polikondenzacijom viševalentnog alkohola i višebazne kiseline. Već prema vrsti polaznih spojeva i načina vođenja reakcije, nastaju i proizvodi vrlo različitih svojstava. Pod trgovaćkim nazivom poliesterske smole danas se podrazumijevaju isključivo nezasićene poliesterske smole, dok se ostali tipovi zasićenih i modificiranih poliesterskih smola svrstavaju u alkidne smole.

Nezasićene poliesterske smole nastaju sintezom nezasićenih dikarboksilnih kiselina s dvovalentnim alkoholima. Kao kiseline primjenjuju se maleinska i fumarna, alkohol je etilenglikol ili propilenglikol, a kao sredstvo za umrežavanje (ujedno i reaktivno otapalo) najčešće služi stiren bez i malo polimera. Nezasićene poliesterske smole upotrebljavaju se kao veziva za prevlake na drvu (namještaj), metalu (automobili), na mineralnim podlogama te kao armirane plastične mase za izradbu manjih plovila i sličnih drugih proizvoda.

Alkidne smole danas su neosporno najvažnija grupa sintetskih veziva, pa su i prema obujmu proizvodnje na prvom mjestu među sintetskim smolama. To su poliesteri koji nastaju polikondenzacijom nekog polialkohola (glicerola, pentaeritritola i dr.) i neke polikarboksilne kiseline, najčešće ftalne ili izoftalne kiseline u obliku anhidrida (sl. 1). Alkidne smole većinom se



Sl. 1. Shematski prikaz strukture nemodificiranih alkidnih smola. PA polialkohol, DK dikarboksilna kiselina

naknadno modificiraju, tj. na preostale slobodne hidroksidne grupe polialkohola vežu se masne kiseline (tzv. modificirajuća komponenta). Uz tu se komponentu mogu vezati i druge molekule, npr. stirenski adukti, akrilati, epokside i slično, pa se tako proizvodi niz vrsta modifciranih alkidnih smola različitih svojstava.

Nemodificirane alkidne smole (bezuljne smole, tzv. čisti alkidi) nisu modificirane uljima. Jedno im je od važnih svojstava što ne požute pri visokim temperaturama pečenja (200°C). Otporne su na kemijske i atmosferske utjecaje, pa mogu ponekad zamjeniti i akrilne smole. Neki tipovi služe i kao omekšivači. Nemodificirane alkidne smole na osnovi tereftalne kiseline služe, uz upotrebu sredstva za umrežavanje, pri proizvodnji prekrivnih sredstava u obliku praha.

Alkidne smole sušive na zraku modificirane su sušivim i polusušivim biljnim uljima (laneno, sojino, suncokretovo, sulfatno ili tal ulje, dehidratirano ricingusovo, drvno i dr.) ili masnim kiselinama. Količina ulja ili masnih kiselina u polumasnim alkidnim smolama iznosi obično 45–60%, a u masnim alkidnim smolama više od 60%. Obje se grupe ubrajaju u smole sušive na zraku. Takve smole, kao i obična veziva sa sušivim uljima, suše se djelovanjem kisika iz zraka uz prisutnost sikativu kao katalizatora. Kao sikativi služe otopine metalnih sapuna (nafrenati, oktoati) kobalta, olova, mangana, cinka, cirkonija, kalcija itd. Njihovim djelovanjem ubrzava se oksidacija ulja, odnosno uljne komponente alkidnih smola. Veći postotak ulja (60–70%) omogućuje bolje razlikovanje, osobito pri nanošenju kistom, trajnu elastičnost i odličnu otpornost prema atmosferskim utjecajima, što lakovima i lak-bojama daje veliku trajnost. Sušenje je poslagano i ono se povlačenjem temperature ne može znatnije ubrzati. Međutim, sušenje nekih polumasnih tipova alkidnih smola (40–50% ulja) može se malim povlačenjem temperature znatno ubrzati, pa se oni danas mnogo upotrebljavaju kao veziva za reparaturno lakiranje osobnih vozila, autobusa, tramvaja i sl. Ti se tipovi smola zbog dobre podnošljivosti s pigmentima mnogo primjenjuju i za izradbu različitih industrijskih lakova i boja, osobito za izradbu antikoroziskih temeljnih boja. Upotrebljavaju se i u kombinaciji s drugim vrstama veziva, npr. s klorkaučukom.

Alkidne smole nesušive na zraku (nesušive alkidne smole) obuhvaćaju uglavnom kratkouljnja veziva s količinom ulja, odnosno masnih kiselina do 45%. Upotrebljavaju se za kombinaciju s celuloznim nitratom, a modificirane su ricinusovim i arăidovim uljem te nekim masnim kiselinama koje bitno mijenjaju svojstva celuloznog filma (npr. daju mu trajnu elastičnost).

Alkidne smole sušive u peći također su kratkouljne alkidne smole koje sadrže do 45% ulja, odnosno masnih kiselina. Većinom su to alkidne smole modificirane dehidratiranim ricinusovim uljem, kokosovim uljem ili različitim sintetskim masnim kiselinsama. Upotrebljavaju se u kombinaciji s amino-smolama, najviše za lakove i boje sušive u peći, te za lakove i boje koje otvrđuju dodatkom tvari kiselog karaktera. O reaktivnosti alkidne, ali još više amino-smole, ovisit će uvjeti sušenja lakova i boja izrađenih na osnovi tih smola.

Alkidne smole modificirane stirenom, viniltoluenom, akrilnim monomerima i sl. odlikuju se nekim posebnim svojstvima. Prve faze sušenja lakova i boja na osnovi alkidnih smola modificiranih stirenom (10-60% s obzirom na količinu masne kiseline) veoma su brze, a s porastom postotka vezanog stirena raste brzina sušenja, ali i osjetljivost na otapala. Filmovi lakova i boja ne odlikuju se osobito visokim sjajem, niti mogućnošću kombiniranja s drugim vezivima, osobito alkidnim. Mogućnost razrđivanja alifatskim ugljikovodicima veća je pri modifikaciji vinil-toluenom.

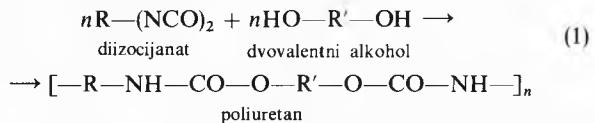
Alkidne smole modificirane akrilatnim monomerima dobivaju se modifikacijom lanenih, ricinenskih i sojinih alkida različitim esterima akrilne i metakrilne kiseline. Prednost je takvih alkidnih veziva u velikoj brzini sušenja, u odličnom prijanjanju, svjetlostalnosti i elastičnosti. Mnogo se lakše pripravljaju kombinacije s drugim vezivima i s pigmentima, što omogućuje izradbu kvalitetnih brzošušivih antikorozivnih temeljnih boja. U tu grupu ubrajuju se i alkidne smole modificirane izocijanatima ili izocijanatima i akrilatima. Sušenje tih alkidnih smola veoma

je brzo, a povećava se i otpornost prevlakama prema vodi, alkalijskim i razrijeđenim kiselinama, te prema požaćenju.

Alkidne smole modificirane silikonskim smolama (tzv. silikonizirane alkidne smole) s najmanje 30% silikonske komponente pokazuju dobru temperaturnu otpornost, trajnost i zadržavanje sjaja gotovih proizvoda.

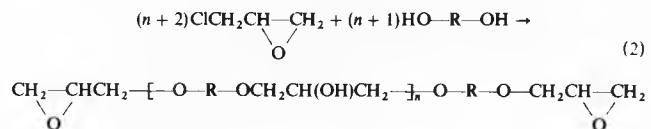
Vodorazredljive alkidne smole čine danas neobično zanimljivu grupu proizvoda. Molekule tih smola hidrofilne su u području pH = 7...9, pa se mogu razrjeđivati vodom uz održavanje potrebnog pH minimalnim dodacima različitih alifatskih amina. Njihovom se upotrebotom smanjuje požarna opasnost i potrebne sigurnosne mjere zbog zagadživanja okolice. Vodorazredljive alkidne smole izrađuju se u kvalitetama alkidnih smola sušivih u peći, a kombiniraju se s vodorazredljivim aminosmolama za sušenje na nižim temperaturama, te za sušenje na zraku. Veoma im je važno područje primjene elektroforetsko lakiranje kao najsvetobuhvatniji način nanošenja lak-boja na metalnu podlogu. Tim se načinom dobivaju najjednoličnije prevlake, pa je to vrlo rašireno u industriji automobilja i kućanskih aparata.

Poliuretani nastaju poliadijcijom polizocjanata na polihidroksi-spojeve. Tako npr. poliadijcijom dizocjanata na dvovalentne alkohole nastaje najjednostavniji oblik poliuretana:



Ako se na poliizocijanate adiraju spojevi s više od dva aktivna vodikova atoma, mogu se dobiti umreženi uretanski poliplasti. Tako se, npr., poliizocijanati često umrežuju s alkidnim smolama s više aktivnih hidroksidnih grupa. Poliuretanski lakovi najčešće su dvokomponentni. U najvažnija svojstva poliuretana ubraja se njihova izvanredna postojanost na utjecaj alifatskim i aromatskim ugljikovodika i estera, na atmosferilije, industrijsku atmosferu i primorske uvjete, zatim otpornost prema kiselinama i alkalijama nižih koncentracija, prema uljima i mastima, te otpornost na habanje i povišene temperature (do 170 °C). Na kvalitetu poliuretana utječe se izborom sirovina. Polihidroksi-komponente s manje slobodnih hidroksidnih skupina daju visokoelastične prevlake, a one s više hidroksidnih skupina tvrde i kemijski otpornije prevlake. Izborom aromatskih poliizocijanata dobiju se kemijski otporni, ali na ultraljubičasto zračenje osjetljivi filmovi, dok upotrebom alifatskih izocijanata nastaju filmovi veoma otporni na kemijske i atmosferske utjecaje, te na ultraljubičasto zračenje. Zbog svojih izvanrednih svojstava poliuretani služe kao veziva za prekrivna sredstva koja se vrlo rašireno i raznoliko primjenjuju u mnogim industrijskim proizvodnim granama.

Epoksidne smole proizvode se polikondenzacijom epiklorhidrina i nekog višeivalentnog alkohola ili fenola, najčešće 2,2-bis(*p*-hidroksifenil)-propana.

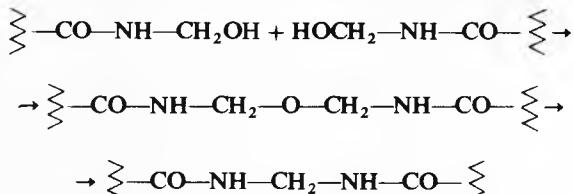


Već prema uvjetima reakcije, dobivaju se veoma stabilni proizvodi koji se razlikuju prema dužini lanca, prema epoksi-ekvivalentu (450...3400), relativnoj molekulskoj težini (900...3750), topljivosti i broju slobodnih hidroksidnih grupa i oksiranskih prstena. Epoksidne smole mogu se dobiti i epoksidiranjem cikloalifatskih spojeva. Njihove reaktivne hidroksidne grupe i oksiranski prsteni (epoksidne grupe) umrežuju se primarnim i sekundarnim aminima, amidima ili izocijanatima. Tek tim umrežavanjem postižu se visokokvalitetna svojstva epoksidnih smola. Prekrivna sredstva s vezivima na osnovi epoksidnih smola odlikuju se vrlo dobrim prijanjanjem uz podlogu, tvrdćom, otpornošću na habanje i postojanošću prema kemikalijama, što je pridonijelo njihovoj širokoj upotrebi, osobito u prehrambenoj i kemijskoj industriji.

Epoksidne smole mogu se umrežavati i esterifikacijom. **Epoksidni esteri sušivih masnih kiselina** otvrđuju na zraku, a sušenje se ubrzava dodatkom sikativa. Djelomično esterificirani proizvodi raspolažu slobodnim hidroksidnim grupama i mogu vezati amino-smole (najčešće melaminske). Prekrivna sredstva s takvim vezivima služe za izradbu temeljnih, ali i pokrivenih lakova veoma punog filma s odličnim mehaničkim i kemijskim svojstvima i odličnim prianjanjem uz podlogu, posebno uz aluminjski lim.

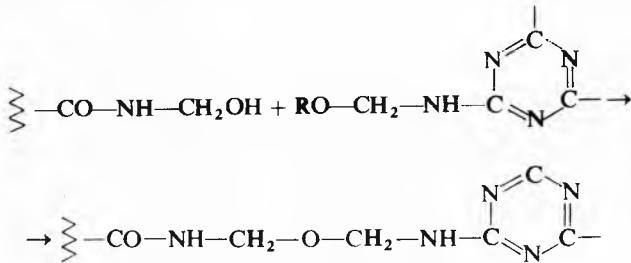
U upotrebi su i tekuće epoksidne smole koje imaju mnogih prednosti, osobito zato što za njihovu primjenu nije potrebno otapalo. Vrlo su pogodna prekrivna sredstva na osnovi epoksidnih smola koja se prije upotrebe razrjeđuju vodom.

Akrilne smole dobivaju se polimerizacijom derivata akrilne i metakrilne (α -metilakrilne) kiseline. Među tim su derivatima, svakako, najvažniji akrilni esteri i akrilni amidi. Homopolimeri tih kiselina po svojim se svojstvima bitno razlikuju, što je važno u pripremi i vođenju procesa za proizvodnju akrilne smole željenih svojstava. Za izradbu termoplastičnih akrilnih smola primjenjuje se kopolimerizacija estera akrilne i metakrilne kiseline, a njihov omjer bitno utječe natopljivost proizvoda u alifatskim otapalima. Akrilni amidi najpogodniji su monomeri za termoreaktivne akrilne smole koje se pod utjecajem topline umrežuju same (sl. 2) ili im njihove slobodne



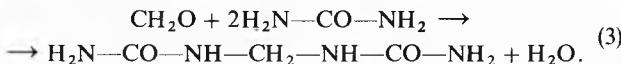
Sl. 2. Samoumrežavanje akrilnih smola

hidroksidne grupe omogućuju umrežavanje uz pomoć izocijanata ili melaminskih smola (sl. 3). Samoumrežavajuće termoreaktivne akrilne smole zbog izvanredne otpornosti prema kiselinama i alkalijama osobito su pogodne kao veziva za prekrivna sredstva za kućanske aparate, dok termoreaktivne akrilne smole umrežene uz pomoć melaminskih smola i izocijanata pokazuju osobito izraženu otpornost na atmosferilje, što se primjenjuje u automobilskoj industriji. Vodene disperzije akrilnih smola imaju veliku tehničku i privrednu važnost. To su idealna veziva disperzijskih boja za porozne podlove kao što su fasade građevina i zidovi prostorija.

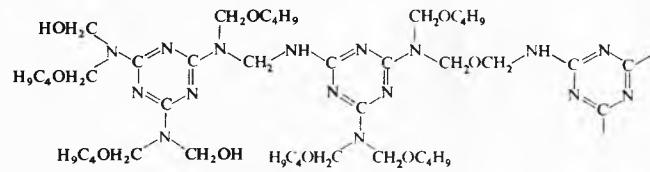


Sl. 3. Umrežavanje akrilnih smola pomoću melaminskih smola

Amino-smole (aminoplasti) nastaju polireakcijom formaldehida s nekim aminom, najčešće melaminom (melaminske smole), sl. 4, ili ureom (karbamidne ili ureaformaldehidne smole):



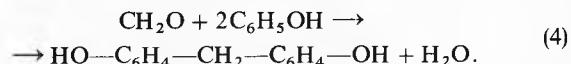
Nastali ureaformaldehidni spoj može daljom reakcijom s molekulama formaldehida i uree tvoriti ravnonančane, razgranate i umrežene makromolekule. Za pripravu veziva za lakove i boje te se smole kombiniraju s drugim smolama, npr. s alkidnim, akrilnim i epoksidnim, a otvrđuju termički ili pomoću kiselog katalizatora. Zbog slabije otpornosti prema kemikalijama i at-



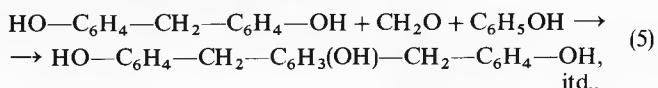
Sl. 4. Primjer strukture melaminske smole

mosferskim utjecajima karbamidne smole služe naviše kao vezivo za temeljna, u peći sušiva prekrivna sredstva za metal, te za prekrivna sredstva za drvo. Melaminske su smole atmosferski otpornije, pa se upotrebljavaju kao veziva prekrivnih sredstava za automobilsku i druge industrijske grane. U upotrebi su i vodorazredljive amino-smole.

Fenolne smole (fenoplasti) dobivaju se polikondenzacijom fenola (ili krezola) s formaldehidom:

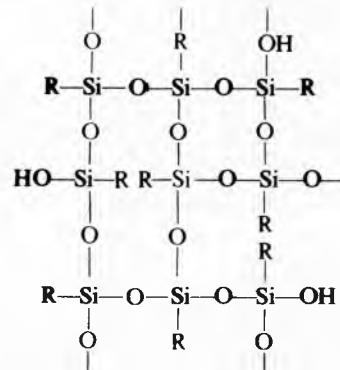


Ako se ta reakcija nastavi samo na krajnjim fenolnim grupama, nastaju linearne makromolekule:



a vezivanjem molekula formaldehida i fenola i na ostale benzenske jezgre unutar lanca stvaraju se razgranate makromolekule. Ako je prisutan u suvišku, formaldehid tvori mostove među makromolekulama, pa nastaje umrežena struktura. Već prema omjeru reaktanata, temperaturi i vrsti katalizatora, dobivaju se proizvodi različitih svojstava. Fenolne smole bile su među prvim umjetnim smolama koje su upotrijebljene kao vezivo za lakove i boje. Nekad veoma važne, danas su ograničene na područje elektroizolacijskih sredstava kao veziva kombinirana s epoksidnim smolama, te za elektroforetske vodorazredljive temelje. Čvrste fenolne smole služe kao nisko procentni dodaci za postizanje tvrdih, na zraku sušivih prekrivnih sredstava na osnovi alkidnih smola.

Silikonske smole su polimeri organosilicijskih spojeva (polisiloksi), kojima svojstva, pa prema tome i primjena, ovise o organskoj grupi vezanoj na silicijev atom (sl. 5). Polisiloksi

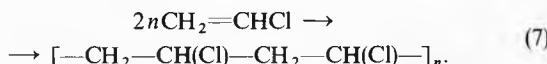


Sl. 5. Primjer strukturne formule polisiloksi.

R = metilna ili fenilna grupa

s fenilnim grupama odlikuju se većom temperaturnom postojanju i boljom kemijskom otpornošću od polisiloksi s metilnim grupama. Visoka temperaturna otpornost tih veziva (400–600 °C trajnog temperaturnog opterećenja) uz pigmentaciju s aluminijskim, cinkovim i drugim specijalnim pigmentima omogućuje njihovu primjenu za elektroizolacijske lakove, te prekrivna sredstva za zaštitu dimnjaka, ispušnih cijevi, žarnih ploča i slično.

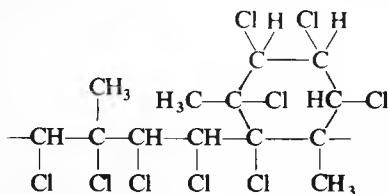
Vinilne smole obuhvaćaju proizvode nastale polimerizacijom monomera s vinilnom grupom, npr. vinilklorida:



Kako vodikovi atomi vinilne grupe mogu biti supstituirani, a pripravljuju se i različiti kopolimeri, to različitim vinilnim smolama vrlo mnogo. Njihova svojstva ovise u prvom redu o broju i vrsti supstituenata, pa o tome ovise svojstva gotovih naliča, npr. savitljivost i tvrdoća prevlake,topljivost, mogućnost kombinacije s drugim vezivima, kemijska svojstva i otpornost, itd. Najpozнатије vinilne smole koje služe kao veziva jesu polivinilklorid i njegovi kopolimeri s vinilacetatom i vinilzobutileterom, polivinilklorid naknadno kloriran, zatim polivinilalkohol, polivinileter, polivinilesteri (u prvom redu acetat i njegovi kopolimeri), polivinilacetali (polivinilbutiral) itd.

Vinilne smole uglavnom su veziva koja se suše fizičalno. Neka od tih veziva proizvode se u praškastom obliku (npr. polivinilklorid), a mnoga se upotrebljavaju kao vodene disperzije (npr. polivinilacetat). Područje njihove primjene vrlo je široko i raznoliko. To su uglavnom veziva koja se primjenjuju u načinima od kojih se traže dobra mehanička svojstva i kemijska otpornost. Tako npr. polivinilbutirat služi kao vezivo za izradbu poznatih jednokomponentnih i dvokomponentnih reaktivnih temelja (Washprimer), koji sadrže fosfornu kiselinu i antikorozivne pigmente i izvrsno prianjanju uz željezo i lake metale. Nekе vinilne disperzije razrjeđuju se vodom i služe kao veziva zidnih i fasadnih boja.

Klorkaučuk dobivao se ranije modifikacijom i obradom prirodnog kaučuka (v. *Kaučuk i guma*, TE 6, str. 742) pomoću klora. Danas se klorkaučuk dobiva kloriranjem sintetskih polimera, npr. sintetskog poliizoprena (sl. 6), polietilena, polipropilena, a djelomično i drugih poliolefina. Ti klorirani proizvodi sa $> 64\%$ klora i s relativnom molekulskom težinom 50000–200000 pokazuju karakteristična svojstva slična onima u kloriranog prirodnog kaučuka: postojanost prema oksidansima,



Sl. 6. Primjer strukture klorkaučuka dobivenog kloriranjem poliizoprena

dobrutopljivost (ali ne u vodi), otpornost prema djelovanju vode, soli, kiselina i baza, mogućnost miješanja s drugim smolama i s pigmentima, itd. Loša im je strana slaba temperaturna postojanost (do 80 °C). Ta se veziva suže fizikalno, a upotrebljavaju se sama ili u kombinaciji s drugim smolama, npr. s alkidnim ili akrilnim. Zbog izrazite otpornosti prema djelovanju vode upotrebljavaju se u prekrivnim sredstvima namijenjenim za podloge u trajnom kontaktu s vodom, npr. rezervoara za vodu, bazena, dijelova brodova i lučkih uredaja, kanalizacijskih cijevi itd. Osim toga, klorkaučuk služi i u sistemima za zaštitu metala od korozije, za spremnike i dijelove postrojenja kemijske industrije i sl.

Asfalt, bitumen i katran sadrže bituminozne tvari, koje čine jednu od najstarijih grupa veziva za prekrivna sredstva. Među prirodnim asfaltima (v. *Asfalt*, TE 1, str. 425) samo je gilsonit važniji kao vezivo. Od bitumena, koji se dobivaju preradom nafte, kao veziva se mogu upotrijebiti samo bitumeni naknadno obrađeni oksidacijom ili vakuumskom destilacijom (v. *Bitumen*, TE 2, str. 40). Kao vezivo služe i smole zaostale nakon destilacije katrana kamenog ugljena (v. *Katran*, TE 6, str. 733). U posljednje vrijeme veoma su važne i kombinacije kemijski sušivih veziva, npr. epoksidnih smola i poliuretana sa vrstama katrana s umanjenim udjelom ili bez fenolnih grupa. U tim kombinacijama katrani služe i kao omekšivači.

Naliči s vezivima na osnovi asfalta, bitumena i katrana odlikuju se velikom otpornošću prema vodi, lužinama i neoksidirajućim kiselinama. Nisu, međutim, otporni na nagle tempera-

turne promjene. Na povišenim temperaturama omekšaju dok na veoma niskim temperaturama postaju krhki. Osim toga, loša im je strana i vrlo slaba otpornost prema organskim otapalima.

L. Favale-Gregurić

Pigmenti

Jednu od osnovnih komponenata prekrivnog sredstva čine pigmenti, netopljive anorganske ili organske čvrste tvari koje selektivno apsorbiraju i reflektiraju svjetlost, a suspendirane u vezivima daju prevlakama obojenje. Detaljno o vrstama, svojstvima i proizvodnji pigmenata v. *Pigmenti*.

Pigmenti za prekrivna sredstva karakterizira čitavi niz kemijskih i fizikalnih svojstava: boja, moć bojenja, moć pokrivanja, veličina i oblik čestica, kvašenje, apsorpcija ulja, sposobnost sprečavanja korozije, te otpornost prema svjetlu, toplini vodi i kemikalijama itd. Izborom pigmentata i njihovom količinom može se znatno utjecati na osnovna svojstva svakog prekrivnog sredstva, bilo u tekućem stanju, tj. prije nanošenja na podlogu (boja, sušenje, viskoznost, sjedanje), bilo nakon nanošenja (boja, neprozirnost, sjaj, tvrdoća, elastičnost, prianjanje, trajnost, kemijska otpornost, otpornost prema različitim utjecajima, te anti-korozivna svojstva).

Uobičajena podjela pigmenata na anorganske i organske temelji se na različitim svojstvima uvjetovanim kemijskim sastavom. Anorganski pigmenti, velikih primarnih čestica s obzirom na organske, imaju visoko talište, velike gustoće (2,7–6,0), vrlo dobru moć pokrivanja, slabu moć bojenja, a odlikuju se često neograničenom svjetlostalnošću u punom i u razrijeđenom tonu. Organski pigmenti, malih primarnih čestica, imaju nisko talište, male gustoće (1,2–1,8), slabu moć pokrivanja, veliku moć bojenja, čistoću tona, te ograničenu svjetlostalnost u punom tonu, koja često razrijeđenjem još i opada. Osim toga pigmenti se mogu razlikovati i prema glavnim područjima primjene: pigmenti za postizanje optičkih efekata (bijeli, crni i ostali obojeni pigmenti, metalni pigmenti), antikorozivni pigmenti, specijalni pigmenti (fluorescentni, električki vodljivi, indikatorski), itd. Među njima su najvažniji i najviše upotrebljavani pigmenti koji služe da bi se površina predmeta ili objekata zaštitala ili joj se dalo neko obojenje.

Glavni anorganski bijeli pigmenti jesu titan-dioksid (TiO_2), litopon ($ZnS + BaSO_4$ ili $CaSO_4$), cinkovo bjelilo (ZnO), olovno bjelilo ($PbCO_3$, $Pb(OH)_2$), antimон(III)-oksid (Sb_2O_3) itd. Od te je grupe najvažniji titan-dioksid, kojega je primjena univerzalna zahvaljujući njegovoj bjelini, velikoj moći pokrivanja, temperaturnoj stabilnosti, te inertnosti prema vezivima, otapalima i različitim kemijskim agensima. Litopon se danas uglavnom upotrebljava za disperzijske unutrašnje prevlake i za temeljne boje, cink-oksidi u manjim količinama kao fungicidno sredstvo, dok se olovni bijeli pigmenti gotovo više ne upotrebljavaju. Antimon(III)-oksid upotrebljava se najviše u proizvodnji nezapaljivih boja na osnovi klorkaučuka.

S obzirom na kemijski sastav razlikuje se nekoliko grupa anorganskih obojenih pigmenata.

Oksidi mogu biti jednostavni, npr. željezni oksidi i hidroksidi (žuti, crveni, smeđi i crni), kromovi oksidi (zeleni), olovni minij (Pb_2PbO_4) kao antikoroziski pigment, te miješani (supstituirani) rutili i spineli. Ta se grupa pigmenata odlikuje osobitom svjetlostalnošću, vrlo visokom temperaturnom otpornošću do 500°C i više (osim žutih, smeđih i crnih željeznih oksida), vrlo dobrom otpornošću prema kemikalijama, te velikom moći pokrivanja.

Sulfidni i selenidni pigmenti jesu kadmijevi žuti, narančasti i crveni, te plavi ultramarin. I ti pigmenti pokazuju odličnu svjetlostalnost, visoku temperaturnu otpornost (500°C), vrlo dobru otpornost prema alkalijama, ali slabu prema kiselinama i atmosferilijama.

Kromatni pigmenti jesu kromovi žuti i narančasti, $Pb(Cr,S)O_4$ i molibdatni crveni, $Pb(Cr,Mo,S)O_4$, te miješani pigmenti: kromov zeleni i cinkov zeleni pigment. Od antikorozijskih pigmenta iz te su grupe najvažniji cink-kromat (cinkov žuti), cink-tetraoksikromat, barij-kromat i stroncij-kromat. Svojstva te grupe pigmenta jesu osrednja svjetlostalnost i postojanost na atmosferilje i kemikalije te temperaturna otpornost do 160 °C.

Posebnom obradom pigmenata te grupe (osim antikorozijskih) mogu se dobiti pigmenti vrlo dobre svjetlostalnosti, otpornosti prema atmosferiljama, a donekle i kemijske otpornosti (npr. prema štetnom djelovanju sumpor-dioksida).

Od *cijanidnih pigmenata* najvažniji su kompleksni spojevi željeza poznati pod nazivima: berlinsko modrilo, milori plava, pariško plava ili prusko plava. Odlikuju se odličnom svjetlostalnošću i otpornošću na atmosferilje koja razrjeđenjem opada, velikom moći bojenja, dobrom otpornošću na organska otapala i slabe kiseline, slabom otpornošću na alkalije, te temperaturnom stabilnošću do 150 °C.

Metalni pigmenti mogu biti antikorozijski i dekorativni. Od antikorozijskih metalnih pigmenata vrlo je važan cinkov prah, a donekle i olovni prah. Oba su izrazito antikorozijskog djelovanja, a upotrebljavaju se u proizvodnji temeljnih boja za željezo (v. *Cink*, TE 2, str. 662). Od dekorativnih metalnih pigmenata danas je najviše u upotrebi fino mljeveni aluminij u obliku praha ili paste. Prilikom nanošenja i sušenja prevlake mogu se čestice aluminijskog praha različito ponašati, pa se s obzirom na to razlikuju dvije vrste pigmenata. U prvoj vrsti pigmenata poznatih pod nazivom isplivavajući (engl. naziv leafing) većina čestica aluminijskog praha ispliva na površinu prije završenog sušenja, pa suhi film ima izgled čistog, sjajnog metala. Osim svoje dekorativne funkcije, takve prevlake imaju i druga poželjna svojstva, kao što su refleksija toplinskih zraka, otpornost na atmosferilje i kemijske agense, nepropusnost za vodu i vlagu, veliku moć pokrivanja i veću trajnost, a upotrebljavaju se za zaštitu mostova, dalekovoda, rezervoara i sl. U drugoj vrsti metalnih pigmenata (neisplivavajući, engl. naziv non-leaving) čestice aluminijskog praha ravnomjerno se raspoređuju u cijelom filmu, pa on ima izgled i boju metala, ali ne i refleksiju i sjaj. Aluminijski prah takvih svojstava upotrebljava se sam ili u kombinaciji s obojenim pigmentima u proizvodnji metaliziranih lakova za automobile.

Čada je fino dispergirani ugljik (90–99% C) koji nastaje raspadom, najčešće nepotpunim izgaranjem, organskih tvari. Čada se razlikuju prema vrsti sirovine za njihovu proizvodnju i prema proizvodnom procesu (v. *Čada*, TE 3, str. 1). Time su određena i njihova svojstva, od čada veoma sitnih čestica, duboko crnih tonova, veoma velike moći pokrivanja i moći bojenja, do čada većih primarnih čestica, tamnosivih tonova, slabije moći bojenja i moći pokrivanja. Sve se čade odlikuju izvanrednom svjetlostalnošću, otpornošću na atmosferilje i kemijske agense te temperaturnom stabilnošću do 250 °C. Upotrebljavaju se za proizvodnju svih vrsta crnih i sivih boja i lakova, od najjednostavnijih uljenih boja do visokokvalitetnih automobilskih lakova.

Kao *organski pigmenti* (pigmentna bojila) upotrebljavaju se neki organski čvrsti spojevi, koji zbog svoje obojenosti daju prevlakama željeni dekorativni izgled, a netoplivi su u mediju u kojem se primjenjuju.

Prema kemijskom sastavu razlikuje se nekoliko grupa organskih pigmenta.

U grupu azo-pigmenata ubrajaju se monoazo-pigmenti (žuti, narančasti i crveni), diazo-pigmenti (žuti i narančasti), azo-kondenzacijski pigmenti (od žutih preko crvenih do smeđih) i teško topljive soli anionskih azo-boja (uglavnom crveni pigmenti). Monoazo-pigmenti odlikuju se vrlo dobrom svjetlostalnošću u punom tonu, koja najčešće razrjeđenjem opada, te vrlo dobrom kemijskom otpornošću. Međutim, njihova otpornost prema organskim otapalima, a time i prema mogućnosti prelakiranja, vrlo je slaba. To isto vrijedi i za temperaturnu stabilnost koja ne prelazi 80 °C. Zbog navedenih svojstava upotreba im je ograničena na industrijske lakove sušive na zraku, unutrašnje i vanjske boje za zidove (fasadne boje) i sl. Njihova je prednost u tome što im je cijena s obzirom na ostale pigmente niska. Svojstva diazo-pigmenata jesu vrlo dobra kemijska otpornost, dobra otpornost prema organskim otapalima te temperaturna stabilnost do 200 °C uz osrednju svjetlostalnost. Njihova je najvažnija primjena u tiskarstvu (za tiskarske boje). Svojstva azo-kondenzacijskih pigmenata znatno se razlikuju od svojstava ostalih azo-pigmenata, pa su više nalik svojstvima karbonilnih pigmenata. Teško topljive soli anionskih azo-boja

vrlo su otporne prema organskim otapalima, a postojane su do 160 °C. Slabo su otporne prema kemijskim agensima i nisu osobito svjetlostalne. Upotrebljavaju se u proizvodnji industrijskih lakova sušivih na zraku i u peći. Više se primjenjuju kao tiskarske boje.

Pigmenti grupe stalocijanina i ostalih organometalnih kompleksa (od kojih su najvažniji stalocijaninski plavi i zeleni pigmenti), zatim grupe karbonilnih (ili policikličkih) pigmenata i grupe azinskih i dioksazinskih pigmenata, odlikuju se vrlo dobrom svjetlostalnošću, dobrom ili vrlo dobrom otpornošću prema organskim otapalima, vrlo dobrom kemijskom otpornošću i vrlo dobrom temperaturnom postojanošću. Pigmenti tih grupa po svojim svojstvima odgovaraju najvišim zahtjevima i mogu se upotrijebiti u svim vrstama prevlaka plavih nijansi, ali se zbog visoke cijene primjenjuju samo kada ostali pigmenti ne zadovoljavaju, npr. za automobilske lakove, za lakoviranje limenih traka (coil-coating) i sl. Od tih grupa mogu se izdvajati stalocijaninski pigmenti kojih je upotreba zbog izvrsnih svojstava i relativno niske cijene veoma raširena.

Punila

Punila su čvrste, najčešće anorganske tvari prirodnog ili sintetskog porijekla i vrlo različitog kemijskog sastava. Za razliku od pigmenata njihov je indeks loma < 1,7, a moć pokrivanja im je slabija. Punila nisu samo nadomjestak za skupe pigmente, već se prekrivnim sredstvima dodaju radi postizavanja nekih željenih optičkih ili mehaničkih svojstava, npr. sjaj, reološka svojstva, čvrstoća prijanjanja i trajnost filma, otpornost na abraziju, vlagu, atmosferilje i sl. Najčešća su punila prirodni barij-sulfat (barit) i sintetski barij-sulfat (trgovački naziv: permanentno bjelilo), karbonati kalcija (kalcit, kreda, mramor, dolomit), zatim prirodni silikati kao što su milovka (talk), kaolin, pirofilit, azbest te različiti oksidi silicija.

A. Malčić

Otapala za boje i lakove

U industriji boja i lakova najčešće se radi o otopinama veziva u otapalu, rjeđe obojenih tvari u otapalu. Otapalo je uvijek tekuća komponenta, dok vezivo može biti čvrsto ili tekuće. Veživo se pomoću otapala prevodi u otopinu da bi se priredilo prekrivno sredstvo prikladne gustoće koje omogućuje lako rukovanje i nanošenje na podlogu. Otapala su hlapljiva, pa nakon nanošenja prekrivnog sredstva na podlogu ishlapljuju, a naneseni se sloj na podlozi skrućuje i stvara se čvrsta prevlaka.

Otapala za lakove karakterizirana su fizikalnim i kemijskim svojstvima i svojstvima važnim za njihovu primjenu. U najvažnija fizikalna svojstva ubrajaju se gustoća, indeks loma, boja, vrelište, destilacijski interval, viskoznost, površinska napetost i dr. Svojstva otapala važna za praktičnu primjenu umnogome utječu na izbor otapala. To su, npr., sposobnost otapanja veziva, brzina isparivanja, mogućnost dodavanja razdjeljivača (punila za otapala), svojstva važna s obzirom na zaštitu od požara kao što su plamište, točka zapaljenja, eksplozije granice te moguće fiziološki štetno djelovanje.

Kao otapala za lakove i boje uglavnom se upotrebljavaju alifatski ugljikovodici (različiti benzini), aromatski ugljikovodici (toluen, ksilen), alkoholi (metanol, etanol, propanol, butanol), esteri (metilacetat, etilacetat, butilacetat, amilacetat, etilenglikoacetat) i ketoni (aceton, metiletileketon), a u relativno manjim količinama i klorirani ugljikovodici (diklorometan, trikloreten), eteri (dietylter, glikoleteri), terpensi ugljikovodici (terpentinski ulje), hidrogenirani ugljikovodici (tetralin, dekalin), glikoli i diglikoli. Umjesto pojedinačnih otapala mogu se primjenjivati i njihove smjese, ponekad neodređena kemijskog sastava. Tada je poželjno upotrebljavati azeotropske smjese jer hlape ravnojnije, što povoljno utječe na kvalitetu stvorenog zaštitnog sloja.

Lakovi i boje isporučuju se korisnicima najčešće s višom viskoznosću od one prikladne za nanošenje na podlogu. Za podešavanje željene viskoznosti neposredno pred primjenu upotrebljavaju se *razdjeljivači*. To su smjese otapala i razdjeljivača (nazivanih i punilima za otapala). Razdjeljivači su jeftiniji od

otapala, ali ih ne mogu potpuno zamijeniti jer nemaju moć otapanja određenog veziva, pa se mogu upotrijebiti samo u smjesama s otapalima. Najvažniji razdjeljivači su neki ugljikovodici (toluen, ksilén, benzini) i jeftiniji alkoholi.

Radi što manjeg onečišćavanja čovjekova okoliša nastoji se količinska zastupljenost organskih otapala u lakovima i bojama što više smanjiti. Zbog toga se sve više upotrebljavaju prekrivna sredstva s vodom kao otapalom, zatim sredstva s mnogo suhe tvari, tekuća sredstva bez otapala i prekrivna sredstva u prahu.

M. Ortner

Dodaci lakovima i bojama. Uz osnovne komponente (veziva, pigmente, punila, otapala) prekrivna sredstva sadrže i niz različitih dodataka. Omekšivači povećavaju elastičnost, prijanjanje i razlijevanje nekih vrsta veziva. Oni treba da posjeduju sljedeća svojstva: podnosivost s vezivom, nehlapljivost iz filma, otpornost prema toplini, malu promjenu viskoznosti s temperaturom, kemijsku otpornost, netopljivost u vodi, stalnu i svjetlu boju. Najčešće se za postizanje željenih učinaka kombinira nekoliko vrsta omekšivača. Tokom sušenja filma omekšivači se tako izmiješaju s vezivom da u filmu čine homogenu cjelinu. Ako se omekšivači ekstrakcijom ili hlapljenjem odstrane iz stvorenog filma, gubi nalič mnoga potrebna svojstva i propada. Prema svom sastavu omekšivači su monomerni spojevi visokog vrelista (esteri ftalne, sebacinske, fosforne kiseline), polimeri kratkih lanaca (alkidne smole) ili biljna ulja (npr. ricinusovo ulje).

Sikativi ubrzavaju sušenje veziva koja se suše oksidativnom polimerizacijom (ulja, alkidne smole, epoksiesteri), a u poliester-skim smolama služe kao inicijatori raspada peroksidnih katalizatora na radikale. Po sastavu su to soli teških metala s organskim kiselinama. Djelovanje sikativa osniva se na sposobnosti metalnih iona da mijenjaju valentno stanje i prenose kisik na molekule veziva. Za jednolikou sušenje potreban je smišljeni izbor i doziranje sikativa, jer među njima često postoje bitne razlike. Tako, npr., kobaltni sikativi djeluju samo na površini filma, olovni od dna prema površini itd.

Sredstva protiv stvaranja kožice u ambalaži sprečavaju stvaranje tanke pokožice na površini boje. U ambalaži se, naime, iznad površine boje nalazi zrak, pa se gornji sloj boje suši. Osim toga, ako ambalaža nije dobro zatvorena i stalno nailazi svježi zrak, boja može prijeći u strukturu gela. Zbog toga se bojama dodaju antioksidansi (neki oksimi i derivati fenola) koji vežu kisik iz zraka. Nakon nanošenja boje u tankom sloju na podlogu antioksidans se utroši vezanjem određene količine kisika iz zraka, a zatim počinju djelovati sikativi i boja se suši.

Tokom skladištenja pigmentiranih proizvoda sedimentiraju u boji pigmenti i punila pod djelovanjem sile teže. Sedimentacija je sporija u bojama veće viskoznosti ili u bojama sa strukturom gela. *Dodaci za sprečavanje sedimentiranja* omogućuju tiksotropiju i stvaranje labilne gelne strukture kada masa boje miruje. Miješanjem boje prije i za vrijeme nanošenja ta se struktura razgradi i boja se može bez poteškoća upotrijebiti. U tu svrhu najviše služe kemijski obrađeni bentonit, amorfni silicij-dioksid, dehidratirano ricinusovo ulje i lecitini.

Za poboljšanje razlijevanja boje služe niskoviskozna silikonska ulja ili visokohlapljiva otapala, a za brže dispergiranje pigmenta i punila upotrebljavaju se sredstva za kvašenje (površinski aktivna sredstva, po sastavu slična detergentima). Za sprečavanje razdvajanja pigmenta, koje nastupa u tekućem filmu nakon nanošenja zbog razlike u njihovoj gustoći i veličini čestica, dodaju se bojama silikonska ulja i neke površinski aktivne tvari. Postoji i niz aditiva za specijalne efekte. Tako se, npr., efekt kovanog metala postiže dodatkom silikonskih ulja u kombinaciji s aluminijskim prahom; za efekt narančine kore služe sredstva za postizanje tiksotropije (poput onih protiv sedimentacije pigmenta), itd.

Pomoći materijali. Osim opisanih lakova i boja prilikom obrade površina upotrebljavaju se i pomoći materijali.

Kitovi, mase i žbuke služe u prvom redu kao zaštita od korozije, i to samostalno (žbuke za mineralne podloge, mase koje se nanose izravno na metale) ili kao dio sustava zaštite (kitovi za popunjavanje neravnina na površini, mase preko

sustava lakova i boja za postizanje posebnih svojstava, npr. mase za prigušivanje zvuka nastalog vibracijom limova, zatim protuudarne mase za zaštitu karoserija vozila od oštećenja udarom kameničića s ceste). Iako ti materijali sadrže uglavnom i sve glavne sirovine koje se nalaze i u lakovima i bojama, razlika prema njima je u omjeru sirovina, nekim svojstvima i načinu nanošenja na podlogu. Sadržaj veziva je relativno malen, oko 10...20% (lak-boje sadrže 60...90% veziva), sadrže malo pigmenata, dok glavninu čine punila. Takvim sastavom određena je viskoznost u stanju isporuke: sve su to visoko-viskozne ili tiksotropne mase slabo izraženog svojstva tečenja, pa je i način njihove primjene drugačiji. Ručno se nanose lopaticama, a neke žbuke i kitovi mogu se nanositi i valjcima ili štrcanjem uz primjenu visokog tlaka (bezračno štrcanje).

Kitovi služe za popunjavanje neravnina metalnih, drvenih i mineralnih površina. Razlikuju se dvije grupe kitova: kitovi za nanošenje lopaticom, koji se najčešće nanose u debljem sloju, mjestimično i samo preko većih neravnina podloge, i kitovi za fino izravnavanje površine, koji se nanose štrcanjem ili valjcima preko cijele površine objekta. Nakon sušenja njihova se površina izravna brušenjem brusnim papirima. Zbog malog sadržaja veziva kitovi su male elastičnosti i nisu otporni prema djelovanju različitih medija, pa se prekrivaju bar jednim slojem pokrivne boje. Kao veziva za kitove najčešće se upotrebljavaju nezasićene poliesterske, alkidne, epoksidne i poliuretanske smole, zatim ulja, celulozni nitrati i vinilni kopolimeri.

Žbuke, koje se ubrajaju u grupu pomoćnih materijala u primjeni lakova i boja (tzv. plastične žbuke), jesu proizvodi na osnovi organskih veziva, najčešće vinilnih i akrilnih smola dispergiranih u vodi ili njihovih kopolimera otopljenih u organskim otapalima. Zbog malog sadržaja veziva žbuke su propusne za vodenu paru iz zida, a organsko vezivo daje im dovoljnu otpornost prema vodi i ostalim vanjskim utjecajima. Primjenom različitih pigmenata postiže se cijela paleta nijansi, a posebnim tehnikama nanošenja i niz vizualnih učinaka.

Mase se vrlo mnogo upotrebljavaju u industriji vozila za prigušivanje zvuka, zaštitu od udara abrazivnih čestica, brtljenje spojeva dvaju materijala itd. Veziva za mase su vinilne, alkidne i akrilne smole, bitumeni i sl. u obliku otopina, disperzija ili plastizola. Mase sadrže i mnogo vlaknastih punila (azbest, sintetska vlakna) koja se dodaju da bi mase trajno zadržale svoju elastičnost.

Kontakti su reaktivna komponenta za umrežavanje smola koje se suše poliadicijom. To su otopine poliizocianata, poliamina, poliamida i sl. Dodaju se laku ili lak-boji s osnovnom vezivnom komponentom neposredno prije upotrebe, jer vrijeme od njihova dodavanja do otvrđnjivanja iznosi svega nekoliko sati.

Sredstva za pranje i odmašćivanje jesu smjese otapala koje služe za odstranjivanje konzervansa, ulja i masti te ostalih organskih nečistoća s metalnih površina prije nanošenja prekrivnog sredstva.

Sredstva za skidanje starih naličja jesu agresivnih otapala (metilenklorid, neki ketoni, aromatski ugljikovodici i sl.) koja otapaju ili razaraju suhi nalič nanesen ranije na podlogu. Dodatak celuloznih estera služi za zgušnjavanje, a parafin se dodaje da bi isplivalo na površinu nanesenog sredstva i spriječio hlapljenje otapala za vrijeme agresivnog djelovanja takvih sredstava na obojene površine.

M. Tomaš

PROIZVODNJA LAKOVA I BOJA

Proizvodni proces nije u svim tvornicama lakova i boja jednak, jer umnogome ovisi o veličini i karakteru tvornice i o proizvodnom programu i asortimanu. I početni stadij proizvodnje često je različit. Manje tvornice uglavnom kupuju sastojke budućih lakova i boja (veziva, dodatke itd.) u nekom prikladnom obliku, npr. kao otopine, te iz njih pripravljaju gotove proizvode, a veliki proizvođači često i sami pripravljaju osnovne sirovine potrebne u kasnijoj proizvodnji. Specijalizirani proizvođači, kojima je asortiman relativno malen, ali vrlo specifičan s obzirom na primjenu ili svojstva prekrivnih sredstava,

kao polazne komponente upotrebljavaju poluproizvode ostalih proizvođača s već priličnim stupnjem dorađenosti.

Konačni proizvodi, lakovi i boje, proizvode se, dakle, iz sirovina ili poluproizvoda na temelju točno utvrđenih propisa (receptura) o potrebnim količinama i postupcima. Pri tom se primjenjuju prikladni strojevi i uredaji za mljevenje, miješanje, homogeniziranje, otapanje, taljenje, zagrijavanje polimeriziranje, dispergiranje, filtriranje, prosijavanje, centrifugiranje itd.

Proizvodnja neprovidnih (pigmentiranih) boja. Pigmentirana prekrivna sredstva proizvode se u dva stupnja: prvo se pigmenti s punilom ili bez njih homogeniziraju s otopinom veziva u pastu, a ta se zatim dorađuje s otopinom veziva, otapalom i pomoćnim sredstvima u konačni proizvod. Pri tom je najvažniji postupak dispergiranje pigmenata u otopini veziva. Svrha je dispergiranja uklapanje čestica pigmenata u otopinu veziva i stvaranje fine disperzije koja je preduvjet za postizanje kvalitete konačnog proizvoda. O finoći i stabilnosti disperzije ovise, naime, mnoga svojstva naliča kao što su sjaj, otpornost prema atmosferilijama i kemikalijama i sl. Loše dispergirani sustavi flokulirat će i taložiti se (sjedati) uzrokujući gubitak sjaja, slabiji ton boje, slabija svojstva suhe prevlake, te poteškoće prilikom nanošenja boje. Fina disperzija pigmenata u otopini veziva ne može se postići samo njihovim dovođenjem u kontakt i jednostavnim miješanjem, jer pigmenti, kao i sve praškaste tvari, stvaraju nakupine (aglomerate) primarnih pigmentnih čestica, tj. onih do kojih su pigmenti bili usitnjeni prilikom proizvodnje. Takvi aglomerati nastaju kao rezultat privlačnih sila zbog velike površine primarnih čestica i moraju se tokom dispergiranja razbiti i usitniti do određene veličine, po mogućnosti i u primarne čestice.

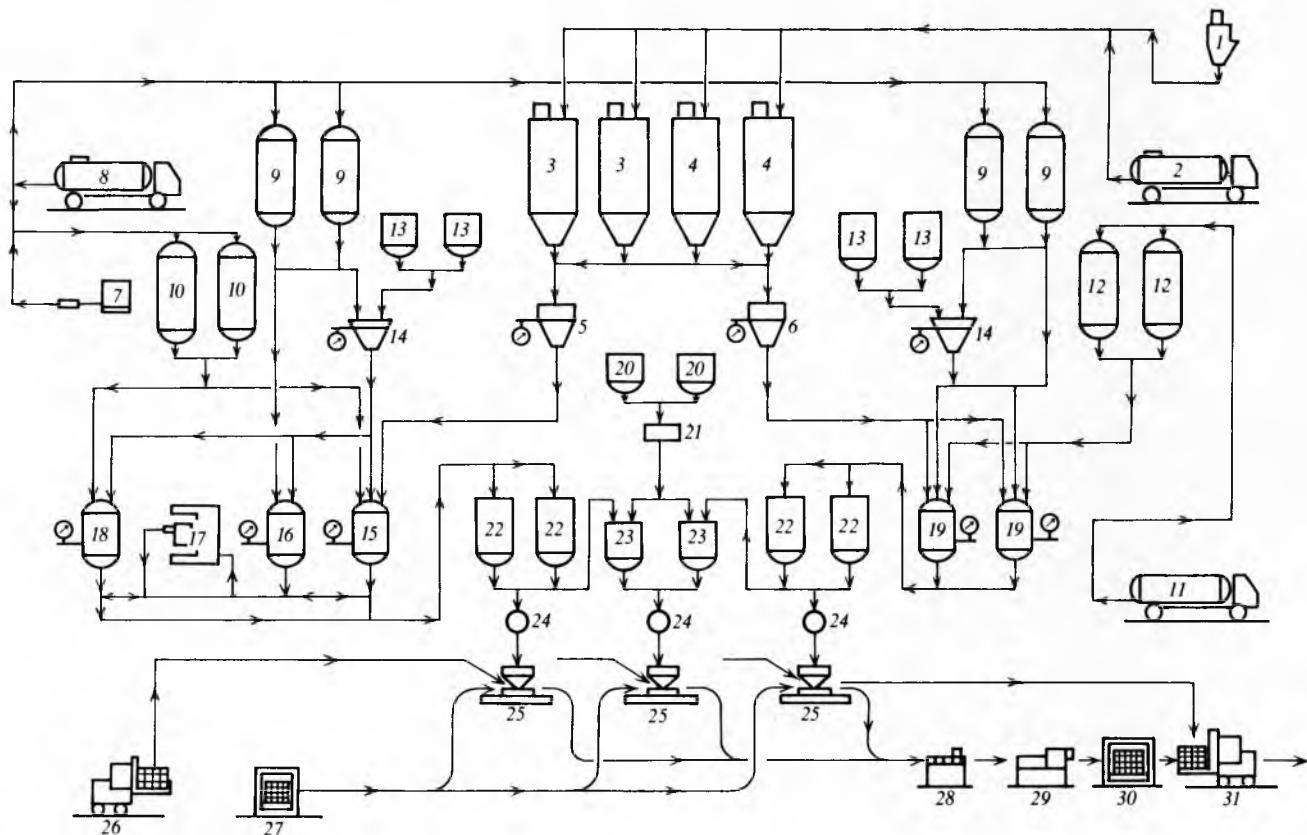
Proces dispergiranja provodi se u nekoliko faza koje se međusobno djelomično preklapaju. Kvašenjem se odstranjuju zrak i vлага s površine pigmenata i povezuje otopina veziva

s tako pripremljenim površinama. Kvašenje je olakšano visokom površinskom napetošću, a malom viskoznošću otopine veziva, malim kutom kvašenja i slabijom povezanošću primarnih čestica pigmenata. Površinski aktivne tvari ubrzavaju kvašenje jer smanjuju kut kvašenja.

Razbijanjem aglomerata (uobičajeni termin je i ribanje) djelomično okvašeni aglomerati pigmenata razbijaju se i usitnjuju do dimenzija prikladnih za stvaranje fine disperzije pigmenata u vezivu.

Nakon ribanja, tj. razbijanja aglomerata u izolirane čestice, potrebno je postići stalnu odvojenost čestica kako se one djelovanjem privlačnih sila ne bi ponovo udruživale i stvarale nakupine već okvašenih čestica. Disperzija će biti stabilna samo ako se te sile nadvladaju, što se postiže na dva načina: elektrostatičkim odbijanjem nabijenih pigmentnih čestica ili njihovim prostornim odvajanjem pomoću adsorbiranih slojeva veziva na površini pigmentnih čestica. Od toga je za stabilnost disperzije važnija adsorpcija veziva. Što je adsorbirani sloj veziva deblji, to će disperzija biti stabilnija.

Dorada je upravo takav proizvodni postupak kojim se homogenizacijom dispergirane paste s ostalim komponentama (otopina veziva, otapalo, aditivi) stvara stabilna disperzija. Pri tom treba paziti da ne nastane tzv. pigmentni šok. Naime, zbog velike razlike u koncentracijama veziva u pasti i u otopini za dovršavanje, otapalo može difundirati u koncentriraniju otopinu veziva, što dovodi do reaglomeracije pigmentnih čestica i onečišćenja proizvoda. Zbog toga razlike u koncentracijama ne smiju biti suviše velike i komponente se dodaju pri intenzivnom miješanju. Pod doradom se smatra i nijansiranje pigmentiranih boja, što je jedan od najvažnijih problema u industriji lakova i boja. Posebno je to važno za industrijska prekrivna sredstva koja služe za lakiranje automobila, kućanskih strojeva, namještaja i sl. Pri tom su osnovni problemi vezani



Sl. 7. Shematski prikaz postrojenja za proizvodnju lakova i boja. 1 stroj za pražnjenje vreća, 2 vozilo sa silosom za praškaste tvari, 3 silos za pigmente, 4 silos za punila, 5, 6 vaga za pigmente i punila, 7 spremnik za tekućine, 8 vozilo sa spremnikom za tekućine (otapalo), 9 spremnik za otapalo, 10 spremnik za veziva u proizvodnji lakova, 11 vozilo sa spremnikom za tekućine, 12 spremnik za vezivo u proizvodnji disperzijskih boja, 13 spremnik za aditive, 14 vaga za aditive i tekućine, 15 glavna miješalica u proizvodnji lakova, 16 medumiješalica u proizvodnji lakova, 17 perl-mlin u proizvodnji lakova, 18 krajnja miješalica u proizvodnji lakova, 19 miješalica u proizvodnji disperzijskih boja, 20 spremnici za obojene paste, 21 pumpa za doziranje obojene paste, 22 spremnik za gotove proizvode (bijeli lakovi i disperzijske boje), 23 stanica za nijansiranje lakova i disperzijskih boja, 24 stroj za filtriranje, 25 stroj za punjenje, 26 doprema ambalaže, 27 stroj za depaletiziranje, 28 stroj za oblaganje folijom, 29 stroj za paletiziranje, 30 stroj za paletiziranje, 31 otprema gotove robe

na jednoljčnost tona isporučenih pigmenata, finoču dispergiranja, isplivavanje pigmenata i na točnost odmjeravanja komponenata. Nijansiranje se tehnološki izvodi, bilo da se pripravlja prekrivno sredstvo po boji veoma blizu željenom, te traži nezнатно donijansiranje, bilo da se radi osnovno prekrivno sredstvo koje se nijansira određenim pastama ili gotovim bojama. Donedavno je brzina i točnost nijansiranja ovisila isključivo o umještosti nijansera, dok se danas sve više nijansira uz pomoć optičkih instrumenata, a podaci se obrađuju elektroničkim računima.

Proizvodnja providnih prekrivnih sredstava (lakova). Providna prekrivna sredstva jesu otopine veziva i aditiva. Dobivaju se otapanjem smola i ostalih veziva u otapalima na normalnim ili povиšenim temperaturama, zagrijavanjem (kuhanjem) ulja i prokuhavanjem ulja s krutim smolama.

Mnogi se lakovi dobivaju jednostavnim miješanjem veziva, otapala i aditiva u pokretnim ili stabilnim homogenizerima (do 20 m^3) pomoću propellerskih, turbinskih, lopatastih i sličnih mješala. *Firnisi* se proizvode zagrijavanjem tehničkoga lanenog ulja u otvorenim kotlovima volumena do 10 m^3 na temperaturi $110\cdots150^\circ\text{C}$ (radi koagulacije sluzi), a nakon hlađenja dodaju se uz miješanje sikativi. *Zračena ulja* proizvode se puhanjem zraka kroz tehničko laneno ulje iz perforiranih cijevi smještenih na dnu otvorenih kotlova, volumena do 10 m^3 , pri temperaturi 150°C . Kako je oksidacija ulja egzoterman proces, potrebna temperatura održava se uključivanjem i isključivanjem kompresora sve dok se ne dobije željena viskoznost. *Zgusnuta ulja* (tzv. *ugušćena*) pripravljaju se u zatvorenim kotlovima (volumen do 20 m^3) zagrijavanjem lanenoga bijelog ulja u atmosferi inertnog plina (CO_2) na temperaturi od 290°C . Postrojenje se sastoji od glavnoga reakcijskog kotla, pretočnog kotla, kondenzatora i uređaja za upuštanje inertnog plina. Ulijeni lakovi proizvode se u pokretnim ili nepokretnim kotlovima volumena $0,2\cdots0,5\text{ m}^3$. Kotlovi se pune uljem i krutom smolom te se na otvorenim ložištima zagrijavaju na $260\cdots280^\circ\text{C}$ uz miješanje dok se ne postigne željena viskoznost i bistrina. Kotlovi se zatim hlađe, a na dovoljno niskoj temperaturi razrjeđuju se otapalima i dodaju sikativi. Iz tih se kotlova lakovi pumpaju u veće homogenizere, a nakon cijenja i filtriranja u rezervoare za odležavanje.

Termoreaktivna praškasta prekrivna sredstva proizvode se tehnikom kontinuiranog miješanja (ekstruzije). Prva faza u procesu proizvodnje jest suho miješanje (predmiješanje) komponenata (veziva, pigmenata, punila, dodataka i otvrdioca) u bubenjevima, kontejnerima ili turbomešalima. Ta se smjesa odvodi u ekstruder grijan uljem ili vodom, u kojem se organski polimer (vezivo, npr. epoksidna, poliesterska, alkidna smola) rastali, te se pužnim transportom homogenizira s čvrstim sastojcima. Dobivena homogena talina hlađi se na izlazu iz ekstrudera prolaskom između vodom hlađenih valjaka ili trake. Pošto se ohladi, proizvod se drobi na komadiće veličine $5\cdots10\text{ mm}$, a zatim melje i prosijava u posebnim mlinovima s ugrađenim vibracijskim sitom.

Proizvodne linije u nekoj tvornici lakova i boja sastoje se od strojeva i uređaja povezanih međusobno u proizvodnu cjelinu na temelju redoslijeda operacija i postupaka, od dopreme sirovina do odvoza gotovih proizvoda (sl. 7). Te linije mogu biti prostorno smještene vodoravno, okomito ili kombinirano (kombinacijama vodoravnih i okomitih linija), a proces je kontinuiran ili diskontinuiran. Starije tvornice ili one s jednostavnjom proizvodnjom imaju vodoravni ili kombinirani tip procesa, dok je za složenije linije proces okomit. Tipična tvornica boja ima skladišta za otapala, veziva, praškaste sirovine, ambalažu i gotove proizvode, proizvodne objekte, laboratoriјe, pranionicu ambalaže, protupožarnu stanicu, te ostale pomoćne objekte. U posljednje se vrijeme grade automatizirani pogoni s kompjutorskim vođenjem tehnološkog procesa. Procesom se upravlja iz središnje komandne sobe u kojoj se nalazi kompjutor s podacima o toku procesa i recepturama. Proces se može voditi potpuno automatizirano, ali je moguće u svakom momentu proces zaustaviti i dalje ga voditi ručno. Prednosti su takvih pogona u prvom redu manji troškovi i gubici u materijalu te konstantnost kvalitete proizvoda.

Strojevi i uređaji

U postrojenjima za izradbu lakova i boja upotrebljava se niz uređaja i strojeva uobičajenih u provedbi nekih od operacija kemijske tehnike. To su uglavnom mješalice, gnjetalice, mlinovi, sita, filtri i sl., od kojih su neki prilagođeni specifičnim zahtjevima, obavljaju više operacija itd. Detaljnije o teoretskom aspektu i konstrukciji uređaja i strojeva vidi članke o pripadnim operacijama kemijske tehnike (*Filtracija*, TE 5, str. 398; v. *Klasiranje*; v. *Miješanje i gnjetenje*; v. *Mljevenje*; v. *Sitnjenje* itd.).

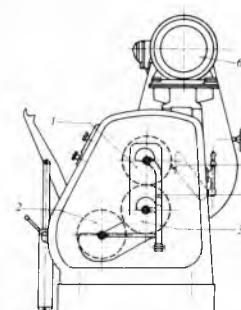
Strojevi za miješanje i gnjetenje. U industriji lakova i boja upotrebljava se nekoliko vrsta strojeva za miješanje i gnjetenje: za miješanje ili gnjetenje pigmenata i veziva u pastu, za istodobno miješanje i ribanje, te za doradu.

Planetarna mješalica sastoji se od posude u kojoj pri malom broju okretaja rotira osovina s krakovima (v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 317). Za dobar rad potrebno je da pasta sadrži što više pigmenata i da bude ljepljiva, kako bi se mogle razviti posmične sile. Te su mješalice pogodne za proizvodnju vrlo viskoznih pasta, kitova i masa. Gnjetalice se sastoje od korita, u kome se u obrnutim smjerovima i različitim brzinama okreću dvije lopatice u obliku slova Z, a međuprostor između korita i lopatice vrlo je malen. Da bi se postigao visok stupanj posmicanja, pasta mora biti viskozna i ljepljiva. Stroj može raditi u vakuumu, a preko dvostrukog pлаšta masa se može grijati ili hladiti. Ti se strojevi sve manje upotrebljavaju u industriji lakova i boja. *Mješalice za doradu* služe da bi se izribana pasta homogenizirala s otopinom veziva i aditiva te s otapalom. Razlikuju se nepokretni i pokretni mješalice za doradu. Nepokretnе ugrađene mješalice (homogenizeri) sastoje se obično od cilindričnog kotla u kojem rotira osovina s mješalom. S obzirom na veličinu šarže i viskoznost medija koji se miješa, mješalo može biti propellersko, turbinsko, lopatasto, sidrasto ili kombinirano, a veličina posude $0,5\cdots25\text{ m}^3$. Pokretnе mješalice mogu se razlikovati prema tipu mješala, brzini rotacija osovine i mogućnosti njene regulacije. Izrađuju se za različite veličine šarži, a kao mješalo obično se upotrebljava nazubljeni disk, propeler ili za specijalne svrhe kombinacija propelera i statora s prorezima.

Mlinovi u proizvodnji lakova i boja služe za razbijanje (ribanje) djelomično okvašenih aglomerata pigmenata ili punila u čestice koje su okvašene i odvojene vezivom. Osim uobičajenih mlinova za mljevenje (mlin s valjcima, kuglični mlin, pješčani mlin), upotrebljavaju se i suvremeni uređaji koji su konstrukcijski prilagođeni posebnim zahtjevima proizvodnje uz mogućnost istodobnog provođenja više različitih operacija.

Mlin s valjcima. Mlin s jednim valjkom (jednovaljak) ima vodom hlađeni čelični valjak koji se okreće i pomiče u horizontalnom smjeru. Iznad valjka je koš s gredom (tzv. barom) koja pritišće valjak mehanički ili hidraulički. Zbog rotacije valjka pasta iz koša uvlači se u prostor između bare i valjka, gdje nastaje posmik, odnosno ribanje. Bara može biti užljebljena, kako bi se postiglo bolje dispergiranje. Jednovaljak se pretežno upotrebljava kao mlin za rafinaciju radi poboljšanja stupnja dispergiranja i sjaja boje. Nije pogodan za rad s grubim i abrazivnim pigmentima i punilima.

Trovaljak se sastoji od tri vodom hlađena čelična valjka (sl. 8) koji se okreću u suprotnim smjerovima različitim brzinama, a odnosi su brzina od $1:2:3$ do $1:3:9$. Središnji je

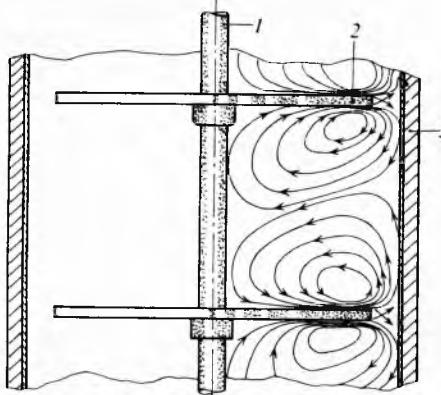


Sl. 8. Trovaljak za dispergiranje paste.
1 prednji valjak, 2 stražnji valjak, 3 središnji valjak, 4 dovod vode za hlađenje, 5 nož za skidanje paste, 6 elektromotor s remenskim prijenosom

valjak obično fiksiran, a prednji i stražnji mogu se mehanički ili hidraulički na njega pritiskati. Predmiješana pasta puni se u koš između stražnjeg i središnjeg valjka, odakle se zbog obrnutog kretanja valjaka uvlači u zazor među valjcima. Budući da je zazor uzak, veći je dio paste prisiljen da cirkulira unutar koša, što dovodi do miješanja i posmika. Međutim, prolaskom paste kroz stražnji i prednji zazor, pasta je izvrgnuta mnogo većim posmičnim silama, pa tu zapravo nastaje pravo dispergiranje. Razvojem opreme za dispergiranje te upotrebo lako disperzljivih pigmenata umanjila se važnost valjaka u industriji lakova i boja, ali se oni još uvek upotrebljavaju, osobito kada su paste tiksotropne, te se ne mogu obradivati na drugoj vrsti opreme. Važnost tih strojeva vjerojatno će porasti uvođenjem prekrivnih sredstava bez otapala, a u industriji grafičkih boja još su uvek nezamjenljivi. Nedostaci su im relativno nizak kapacitet, hlapljenje otapala i potreba pažljivog nadzora nad strojem.

Kuglični mlin odavno se upotrebljava u proizvodnji prekrivnih sredstava, a donedavno je bio najvažniji stroj za dispergiranje pigmenata. Danas se, međutim, sve više zamjenjuje bržim i prikladnijim strojevima. Sastoji se od horizontalno položenog bubenja koji je napola ispunjen keramičkim ili čeličnim kuglama, a ponekad i šljunkom. Obloga i kugle od istog su materijala, pa se razlikuju keramički i čelični kuglični mlinovi. Mlin se okreće oko svoje osi i kugle kaskadno padaju, pa dispergiranje nastaje posmicanjem, kotrljanjem i udaranjem kugli. Kuglični mlinovi upotrebljavaju se za šaržno ribanje boja istih ili srodnih po nijansi i sastavu kako bi se izbjeglo prekomjerno čišćenje mline. Njihove su prednosti: mogućnost rada s različitim sustavima pigment-vezivo, nije potrebno predmiješanje, ribaju teško disperzljive pigmente, nije potreban poseban nadzor, gubici na hlapljivim otapalima su maleni, troškovi rada i održavanja su niski. Oni, međutim, zauzimaju puno prostora, teško se čiste, nisu fleksibilni s obzirom na veličinu šarže, pražnjenje viskoznih i tiksotropnih pasta je teško, a čelični mlinovi nisu prikladni za rad s bijelim i svjetlim bojama zbog promjene tona proizvoda.

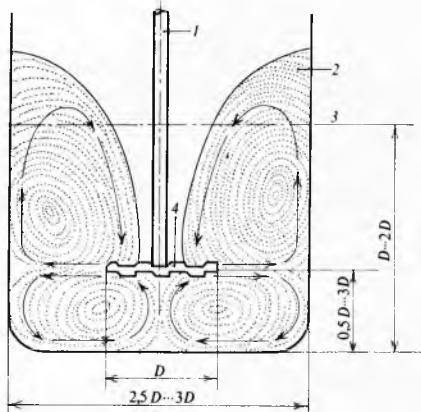
Pješčani mlin i mlin s kuglicama (*perl-mlin*) razvio se iz kugličnog mlina, ali su u njegovu radu uklonjeni mnogi nedostaci koji smanjuju djelotvornost kugličnih mlinova. Stroj se sastoji od vodom hlađenog cilindra u kojem rotira osovina s pločama ili prstenima. U pješčanim se mlinovima upotrebljava kao punjenje pjesak veličine čestica $0,5\text{--}1\text{ mm}$, a u perl-mlinovima upotrebljavaju se uglavnom staklene kuglice (perle) promjera $1\text{--}3\text{ mm}$. Osim toga, kao punjenje služe i keramičke i čelične kuglice, te zrnca cirkonij-oksida. Pjesak se primjenjuje u prvom redu zbog ekonomičnosti, dok su sintetske kuglice skuplje, ali omogućuju dispergiranje većih pigmentnih aglomerata i rad s pastama veće viskoznosti. Predmiješana pasta pumpa se kontinuirano na dno cilindra, a zatim prolazi kroz zone ribanja i izlazi kroz sito na vrhu mline, koje odvaja pastu od kuglica. Kuglice (pjesak) poprimaju kretanje diskova, a zatim se odbacuju prema stijenci mline. Slojevi paste i kuglice bliži ploči gibaju se brže od udaljenih, pa zbog razlike u brzinama slojeva djeluju posmične sile (sl. 9). Posebna su



Sl. 9. Strujanje smjese paste i pijeska u pješčanom mlinu. 1 osovina, 2 disk, 3 stijenka cilindra

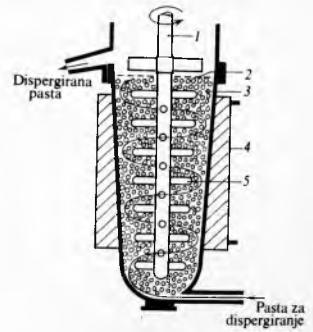
vrsta zatvorenih mlinova, koji rade pod nešto većim tlakom postignutim ulaznom pumpom. Zbog povećanog tlaka pasta izlazi mnogo brže kroz sito, a mlin može raditi s pastama znatno viših viskoznosti i visokih pigmentnih sadržaja. Prednosti su pješčanih mlinova brz i ekonomičan rad, kontinuirana priroda procesa, lako rukovanje i održavanje, malo zagađivanje prostorija i produkta. Nepovoljno je što je potrebno predmiješanje, razvijaju se relativno visoke temperature i nepodesni su za rad s pastama koje sadržavaju teško disperzljive pigmente.

Disperzjeri (disolveri). Uvođenje lako disperzljivih pigmenata vrlo sitnih čestica u industriju lakova i boja dovelo je do razvoja veoma djelotvornih brzohodnih mješalica koje mogu predmiješati, ribati i dovršavati prekrivna sredstva u istoj posudi. Sastoje se od osovine s nazubljenim diskom koji rotira velikim obodnim brzinama u cilindričnoj posudi. Pokazalo se da je za djelotvorno dispergiranje najpogodnija obodna brzina diska $1050\text{--}1350\text{ m/min}$. Rotacijom diska nastaje u neposrednoj blizini njegovih zubaca intenzivno turbulentno strujanje, a nešto dalje od njih laminarno strujanje. Zbog velike brzine rotacije diska odstranjuje se zrak s površine pigmentnih čestica, koje se kvase, sudaraju i taru. Za djelotvoran rad disperzera važno je uspostaviti zadovoljavajući odnos mnogih varijabli, od kojih su najvažnije sastav i volumen paste, dimenzije diska i posude, pozicija diska u posudi te njegova brzina. Da bi se postiglo zadovoljavajuće dispergiranje, bitna je velika viskoznost paste, no osim toga pasta mora imati pogodna reološka svojstva, tj. treba da bude ljepljiva i da lako teče. Poželjna viskoznost paste jest ona pri kojoj se u najvećoj brzini diska osovina i dio diska mogu vidjeti (sl. 10). Vrijeme dispergiranja iznosi oko 15 minuta, a duže dispergiranje nije djelotvorno jer se temperatura podiže, a viskoznost opada, pa laminarno strujanje prelazi u turbulentno.



Sl. 10. Način strujanja paste u disperzjeru u najpovoljnijim uvjetima dispergiranja. 1 osovina, 2 pasta, 3 razina paste u mirovanju, 4 disk

Atritor sadrže vodom hlađeni čelični bubanj u kojem je smještena osovina s paocima ili ekscentrično postavljenim prstensima (sl. 11). Kao punjenje upotrebljavaju se keramičke (promjera $6\text{--}13\text{ mm}$) ili čelične kugle, a dispergiranje nastaje udarom ili kotrljanjem kugala. Prednosti atritora jesu brzo dispergiranje teško disperzljivih pigmenata i viskoznih pasti,

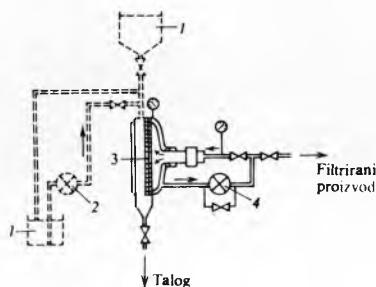


Sl. 11. Atritor. 1 osovina, 2 sito, 3 smjesa paste i kuglica, 4 plasti za hlađenje, 5 paoci

relativno malen potrošak energije, potrebna je mala površina za njihov smještaj, lako čišćenje i održavanje. Nedostatak im je razvijanje topline, što i uz hlađenje može štetno djelovati na temperaturno osjetljiva veziva.

Osim opisanih najvažnijih mlinova, upotrebljavaju se i mnogi drugi, npr. koloidni mlin (v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 317), zatim kombinirani mlin koji sjediniče karakteristike perl-mlinova i disperzera, itd.

Filtri. Prije pakiranja prekrivna sredstva se filtriraju kako bi se uklonila različita onečišćenja kao što su strane tvari, čestice gela i kožice. Najjednostavnija metoda jest cijedjenje kroz sito razapeto na okviru. Međutim, otvor se ubrzo zapune, a struganjem se čestice kroz njih potiskuju. Stoga se upotrebljavaju vibracijska sita u kojima vibracija uzrokuje turbulenciju u suspenziji, pa otvor ostaju slobodni. Sita se izraduju od najlonskog ili žičanog pletiva, a veličine otvora ovise o vrsti i kvaliteti proizvoda. Za cijedjenje se često upotrebljavaju rotacijski samočisteći filtri u kojima pumpa tjera boju kroz sito smješteno između dviju perforiranih ploča (sl. 12). Kako nisu pogodni za filtriranje čestica $< 15 \mu\text{m}$, upotrebljavaju se u kombinaciji s uređajima za finu filtraciju. Za finu filtraciju visoko-kvalitetnih industrijskih prekrivnih sredstava kao što su auto-lakovi upotrebljavaju se filtri s patronama ili filterske vreće (v. *Filtracija*, TE 5, str. 414).



Sl. 12. Rotacijski filter. 1 proizvod za filtraciju, 2 ulazna pumpa, 3 filterske ploče, 4 izlazna pumpa

Pakovanje. Prekrivna sredstva većinom se pakaju u metalne posude (limenke ili bačve), a ponekad i u plastične posude, staklene boce i tube. Pakovati se može s obzirom na volumen ili težinu. Manje se količine pakaju ručno, no većinom se upotrebljavaju poluautomatski i automatski uređaji. Te su punilice vezane uz strojeve za zatvaranje poklopaca. U velikim industrijskim postrojenjima punilica je dio linije koju sačinjavaju i strojevi za depaletizaciju, zatvaranje i etiketiranje ambalažnih jedinica, stroj za formiranje, punjenje i zatvaranje kartonskih kutija te stroj za paletizaciju.

M. Šikić

PRIMJENA LAKOVA I BOJA

Postupak primjene lakova i boja sastoji se od izbora vrste prekrivnog sredstva, odnosno sustava zaštite, pripreme površine, nanošenja prekrivnog sredstva (primjene u užem smislu) i sušenja.

Primjena lakova i boja na metalnim površinama

Izbor vrste prekrivnog sredstva. Pri izboru prikladnog prekrivnog sredstva treba voditi računa o nizu tehničkih i ekonomskih činilaca. Od tehničkih parametara najvažniji su uvjeti kojima će objekt koji se zaštićuje biti izložen tijekom upotrebe (temperatura, agresivna atmosfera, koncentracija i vrsta kemijskih agensa, vibracije, abrazija i dr.), te potrebna dekorativna svojstva, mogućnost izbora različitih načina pripreme površine i načina nanosnja, mogućnost kasnijeg održavanja, tražena garancija i sl. Sustav zaštite ne valja izabirati prema cijeni težinske jedinice prekrivnog sredstva, već je potrebno izračunati ukupne troškove sustava zaštite (cijena prekrivnog sredstva, troškovi pripreme površine, nanošenja i sušenja) po kvadratnom metru površine i po godini adekvatne zaštite.

Prema svom djelovanju antikorozijska zaštita metala pomoću prekrivnih sredstava može biti zaštita aktivnim (antikorozijski sustavi) i zaštita pasivnim sustavima (izolirajući sustavi). Aktivni sustavi osim izolacijskog djelovanja usporavaju proces korozije pasiviranjem podloge. Sastoje se obično od dva sloja temeljne boje pigmentirane antikorozivnim pigmentima i dva sloja pokrivne boje s većim udjelom veziva. Pasivni sustavi sastoje se obično od jednog do tri istovrsna sloja prekrivnog sredstva, a djeluju kao izolacijski sloj odvajanjem korozivnog medija od metalne podloge.

Priprema metalne površine. Priprema podloge najvažniji je preduvjet za dobro prijanje i potpuno zaštitno djelovanje naličja. S površine, koja će se zaštititi, moraju se ukloniti sve nečistoće ili strane tvari (voda, prašina, ulja i masti, stari slojevi naličja, rđa, okujina). Pri izboru načina pripreme razmatraju se sljedeći činioci: vrsta prekrivnog sredstva kojim će se površina zaštititi, stanje podloge, uvjeti kojima će objekt biti izložen tijekom eksplotacije, veličina, oblik i broj jedinica objekta (predmeta), troškovi postupka, raspoloživi prostor, oprema i radna snaga.

Postupci pripreme podloge mogu biti mehanički, termički i kemijski. **Mehaničko čišćenje** može se provesti ručno ili strojno, te mlazom abraziva. Ručno se čisti žičanim četkama, brusnim papirom, lopaticama i sl., što je sporo i ne daje zadovoljavajući stupanj čistoće površine, a ekonomično je tek na malim površinama. Strojno čišćenje izvodi se pomoću rotirajućih čeličnih četaka, pneumatskih čekića, brusilica itd. Daje znatno bolje pripremljenu površinu i omogućuje veću brzinu rada od ručnog čišćenja. Nedostupna mjesta čiste se ručno. Čišćenje mlazom abraziva najdjelotvorniji je način mehaničke pripreme površine. Najčešće primjenjivani abrazivi jesu čelična zrnca (sačmarenje), aluminij-oksid (korund), kvarcni pjesak (pijeskarenje), silicij-karbidi. Najjeftiniji je kvarcni pjesak, koji se, međutim, sve više eliminira mjerama zakonske prisile zbog opasnosti od silikoze.

Termičko čišćenje (čišćenje plamenom) provodi se zagrijavanjem površine plamenom, pri čemu se rđa i okujina odvoje od podloge. Pošto se ohladi, mehanički se uklone ostaci proizvoda korozije.

Kemijsko čišćenje provodi se pomoću različitih kiselina (solna, sumporna i dr.), rjeđe pomoću lužina (za aluminij). Posebno treba spomenuti fosfatiranje. Osim čišćenja, tim se postupkom na površini podloge stvara fosfatski sloj koji poboljšava prijanje naličja i produžuje trajanje zaštite. Površina aluminijska priprema se najčešće kromatiranjem pomoću spojeva šesterovalentnog kroma uz stvaranje slojeva $\text{Cr}(\text{OH})_3$ i $\text{Al}(\text{OH})_3$, odnosno CrPO_4 i AlPO_4 (ovisno o postupku, tj. da li se primjenjuje žuto ili zeleno kromatiranje).

Odmašćivanjem se uklanjuju slojevi biljnih, životinjskih i mineralnih ulja i masti s metalne površine. Odmašćuje se pomoću organskih otapala (npr. benzina, toluena, kiselina, trikloretilena ili perkloretilena), zatim pomoću alkalija (otopine NaOH , Na_2CO_3) ili detergenata. Odmašćivati se može i uranjanjem u sredstvo za odmašćivanje, ručno (krpama natopljenim u sredstvo za odmašćivanje), izlaganjem parama (npr. trikloretilena) ili prskanjem (npr. 3–5%-nom otopinom detergenata).

Stari naliči uklanjuju se mehaničkim (mlazom abraziva, brusnim papirom, pomoću lopatica), termičkim (spaljivanjem) ili kemijskim postupkom. Najviše se primjenjuje kemijski postupak uranjanja u tekuća sredstva ili nanošenje pastoznih sredstava za skidanje starih naličja. Kao otapalo u takvim sredstvima najčešće služi metilenklorid, etilenklorid i acetон, te fenol, ali taj samo u specijalnim slučajevima zbog otrovnosti. Kao sredstvo za usporavanje hlapljenja služi parafin, a za ugušenje metilceluloza. Kemijsko čišćenje vrućim postupkom provodi se uranjanjem u kade s vrućim sredstvom za skidanje naličja (obično jake lužine).

Rjeđe primjenjivane metode za pripremu podloge jesu čišćenje pomoću ultrazvuka, elektrokemijsko čišćenje i čišćenje mlazom vode pod visokim tlakom.

Nanošenje prekrivnih sredstava. Prekrivna sredstva mogu se nanositi na podlogu na više načina: kistom, valjkom, štrcanjem (pod tlakom zraka — pneumatski, bezračno, elektrostatski, plamenom), uranjanjem, polijevanjem te posebnim postupcima

(vrtložnom kupkom, pomoću valjaka, pomoću lopatica). Izbor adekvatnog nanošenja važan je za postizanje dugotrajne zaštite jer osigurava dobro prijanjanje naliča uz podlogu, prijanjanje slojeva naliča međusobno, dovoljnu debljinu filma, najmanju poroznost filma, a, osim toga, i estetske kvalitete, brzinu i ekonomičnosti rada i dr. Debljina suhog filma kao parametra koji određuje trajnost zaštite može biti čak i važniji činilac od kvalitete primijenjenog prekrivnog sredstva. Tako će manje kvalitetno prekrivno sredstvo naneseno u dovoljno debelom sloju često pružiti dugotrajniju zaštitu od kvalitetnijeg, ako je ono naneseno u pretankom sloju. Potrebna debljina suhog filma ovisi o različitim činiocima, no općenito se smatra da za zaštitu objekata od atmosferskih utjecaja ne bi smjela biti manja od $125 \mu\text{m}$. Tek za deblje slojeve trajnost zaštite postaje ovisna o svojstvima primijenjenog sustava zaštite, načinu nanošenja i utjecaju agresivnog medija. Načelno je dugotrajniji sustav nanesen u debljem sloju. Prostor za nanošenje prekrivnog sredstva treba po mogućnosti biti čist. Općenito se ne preporučuje rad pri temperaturi okoliša nižoj od 5°C ili višoj od 40°C , te relativnoj vlazi zraka većoj od 75%. Najpovoljnijim se smatraju temperature $15\text{--}25^\circ\text{C}$ i relativna vлага do 65%. Temperatura podloge mora biti najmanje 4°C viša od točke roštenja, a ne smije biti niža od $+3^\circ\text{C}$ ili viša od 50°C .

Nanošenje kistom (četkom) jedan je od najstarijih načina nanošenja prekrivnog sredstva na podlogu. Prednost mu je mogućnost dobrog utrljavanja, a time i dobrog prijanjanja temeljnih boja u neravnу podlogu, niski troškovi investiranja, nepotrebna je kvalificirana radna snaga itd. *Nanošenje valjkom* samo se iznimno primjenjuje za temeljne slojeve zbog lošeg utrljavanja prekrivnog sredstva u podlogu. Taj se način rada može primijeniti za nanošenje završnih prekrivnih sredstava, posebice onih koji su pigmentirani aluminijskim pigmentima ili željeznim tinjcem radi postizanja ljepešeg izgleda i veće brzine rada s obzirom na nanošenje kistom. Opisani postupci nanošenja (kistom, valjkom) primjenjuju se najviše za zaštitu različitih metalnih konstrukcija (industrijskih postrojenja, mostova i sl.) zračnosušivim prekrivnim sredstvima.

Nanošenje štrcanjem omogućuje mnogo veću brzinu rada i prikladno je za seriju proizvodnju, no gubici materijala su znatni. U automobilsku industriju uvedeno je 1912. godine. Osim ručnog štrcanja, primjenjuju se i automatski uređaji, osobito za elektrostatsko štrcanje. Najvažniji dio uređaja za štrcanje jest pogodno konstruirani pištolj, a kroz njegovu se sapnicu potiskuje prekrivno sredstvo pomoću komprimiranog zraka. To se sredstvo usisava iz posude na vrhu ili dnu pištolja (ili iz odvojenog spremnika) pomoću stvorenog podtlaka, a zatim ga komprimirani zrak raspršuje po objektu.

Prilikom bezračnog štrcanja prekrivno se sredstvo ne mijesha s komprimiranim zrakom, već tlak stvara crpka uronjena u to sredstvo. Raspršivanje počinje već u glavi pištolja. Prednost tog postupka jest veliki kapacitet i brzina rada uz mogućnost nanošenja debljih slojeva u jednom štrcanju.

Posebni uređaji konstruirani za štrcanje dvokomponentnih prekrivnih sredstava omogućuju miješanje komponenata tek u glavi, odnosno na izlazu iz pištolja. Time je moguć rad s prekrivnim sredstvima s vrlo kratkim radnim vremenom (vrijeme od miješanja dviju komponenata do otvrđnjivanja), ekonomičnije se troši materijal i olakšano je čišćenje uređaja.

U opisanim postupcima viskoznost prekrivnih sredstava pogodna za njihovo nanošenje postiže se razrjeđivanjem prikladnim razrjeđivačima. Međutim, za toplo ($35\text{--}40^\circ\text{C}$) i vruće ($70\text{--}90^\circ\text{C}$) štrcanje potrebno je dodati manje razrjeđivača (viskoznost prekrivnih sredstava pri $70\text{--}90^\circ\text{C}$ iznosi svega oko jedne trećine do jedne četvrtine viskoznosti pri 20°C). Prekrivna sredstva koja se tako nanose posebno su formirana (sadrže više sporo hlapljivih otapala).

Prilikom elektrostatičkog štrcanja (v. *Elektrostatičke operacije*, TE 5, str. 46) čestice prekrivnog sredstva elektrostatički se nabijaju u pištolju ili neposredno nakon izlaska iz njegove sapnice, te bivaju privučene na uzemljeni objekt. Prednosti tog postupka jesu: znatno veće iskorištenje prekrivnog sredstva (s obzirom na pneumatsko štrcanje), posebice pri štrcanju na manje predmete, ušeda na radnoj snazi i mogućnost automa-

tizacije. S obzirom na transport čestica od pištolja do objekta razlikuju se tzv. čisti elektrostatički uređaji i kombinirani (pneumatsko-elektrostatički i bezračno-elektrostatički) uređaji. Posebnu primjenu našli su ti uređaji za nanošenje praškastih prekrivnih sredstava.

Praškasta prekrivna sredstva mogu se nanositi elektrostatički, pomoću plamenog pištolja ili vrtložne kupke. Pri elektrostatičkom nanošenju mnoge prednosti praškastih prekrivnih sredstava (gotovo potpuno iskorištenje materijala, nema onečišćavanja okoliša, smanjena opasnost od požara i eksplozija, ušeda na radnoj snazi i energiji, mogućnost automatizacije) najviše se ističu. Postrojenje se sastoji - od elektrostatičkog uređaja konstruiranog analogno uređajima za elektrostatičko nanošenje tekućih prekrivnih sredstava, zatim od kabine za nanošenje, peći za otvrđnjivanje (pečenje) naliča, te uređaja za povrat praha što se prilikom nanošenja nije zadržao na objektu koji se zaštićuje.

Prilikom *štrcanja pomoću plamena* praškasto se prekrivno sredstvo štrca kroz plamen, pri čemu se najprije rastali, a zatim skruti i otvrde na površini objekta koji se zaštićuje. Tim se postupkom mogu dobiti prevlake debljine do 1 mm u jednom nanošenju, no primjena je postupka ograničena. Pomoću *vrtložne kupke* nanose se praškasti termoreaktivni i termoplastični materijali. Predmet predgrijan na temperaturu višu od tališta praha uroni se u kupku s užvitlanim (fluidiziranim) prahom, pri čemu prah prianja na vruću podlogu i istodobno se tali stvarajući film.

Postupak nanošenja *uranjanjem* uveden je u industriju 1910. godine. Predmet koji se zaštićuje uranja se u spremnik s prekrivnim sredstvom, a zatim ravnomjerno izvlači da bi se dobio jednoličan film. Sličnosti s postupkom uranjanja ima *elektrotalogenje*, koje se osniva na pojavi elektroforeze. Objekt koji se zaštićuje uranja se u spremnik s vodenom otopinom prekrivnog sredstva. Predmet je nabijen nabojem suprotnim od spremnika (ili od posebnih unutrašnjih elektroda), tako da se pod utjecajem električnog polja koloidne čestice gibaju i talože na predmetu (v. *Elektrokinetičke operacije*, TE 4, str. 400). Prednosti su tog postupka visoka automatizacija i dobra kontrola debljine sloja, iskorištenje prekrivnog sredstva bez gubitaka, dobro prekrivanje rubova i uglova, nezapaljivost i neznatno onečišćavanje okoliša. Posebnu primjenu našao je i taj postupak u automobilskoj industriji i industriji strojeva za kućanstvo. Mali metalni predmeti koji se proizvode masovno (dugmad, kopče i sl.) ekonomično se zaštićuju u bubreževima iz kojih se nakon kratkotrajne vrtnje ispušta višak prekrivnog sredstva.

Nanošenje provlačenjem predmeta kroz prekrivno sredstvo posebno služi za izolaciju bakrenih žica. Žice se provlače kroz prekrivno sredstvo, višak sredstva se ukloni, a zatim se žica peče na visokoj temperaturi i namata na kalem. Žica se provlači obično višekratno (do šest puta) da bi se postigla dovoljna debljina, a time i željena elektroizolacijska svojstva.

Uređaj za nanošenje prekrivnih sredstava *polijevanjem* sastoji se od komore u koju se sredstvo dovodi kroz otvore razmještene prema obliku objekta. Višak prekrivnog sredstva ocijedi se i vraća u proces. Postupak je pogodan za predmete nepravilnih oblika.

Zaštitu limenih traka *pomoću valjaka* (engl. coil coating) suvremen je i visokoautomatizirani postupak, koji daje jednolične filmove visoke kvalitete i trajnosti. Pri prolasku trake između dvaju metalnih valjaka prekrivno sredstvo nanosi se s jedne ili s obje strane trake istodobno, nakon čega slijedi kratkotrajno pečenje pri visokoj temperaturi.

Pomoću *lopatica* nanose se pomoćni materijali (npr. kitovi), dok se izuzetno pomoću nazubljenih lopatica nanose neka viskozna prekrivna sredstva (npr. na osnovi epoksidnih smola bez otapala).

Sušenje. Stvoren film naliča na podlozi suši se na zraku na temperaturi okoliša ili na povišenoj temperaturi. Prednost je sušenja na zraku u tome što nije potrebno ulaganje u opremu, ali zbog sporosti nije pogodno za industrijsku primjenu. Sušenje na temperaturama $60\text{--}80^\circ\text{C}$ naziva se prisilnim ili ubrzanim sušenjem, jer se na tim temperaturama ubrzava

proces hlapljenja otapala i sušenje veziva koje se suši na zraku. Tvorba filma na temperaturama višim od 80°C naziva se pečenjem.

Prilikom sušenja na zraku potrebni su isti uvjeti kao pri nanošenju prekrivnog sredstva na podlogu, tj. temperature oko 20°C i relativna vлага do 65%. Neka su prekrivna sredstva (npr. s vezivima na osnovi epoksidnih smola) posebno osjetljiva na niže temperature, a druga (npr. materijali koji se razrjeđuju vodom) na visoku relativnu vlagu. U zatvorenim prostorijama potrebno je osigurati dovodenje dovoljne količine svježeg zraka kako bi se otapala iz filma odvela s površine objekta.

Sušenje na povišenoj temperaturi provodi se u dva tipa peći: komornim i tunelskim (protočnim) pećima grijanim električki, plinom, loživim uljem itd. Tunelske peći imaju pred komornima niz prednosti: veći kapacitet, manji gubici energije, bolja kontrola sušenja i dr. Prijenos topline na objekt odvija se vođenjem (konvekcijom) ili zračenjem (radijacijom). Prilikom prijenosa topline vođenjem zagrijava se zrak u peći, pa se tako predmet i sloj naliča zagrije na temperaturu potrebnu za otvrđivanje (pečenje) naliča. Prilikom prijenosa topline zračenjem usmjerava se infracrveno zračenje nekog izvora prema predmetu pomoću reflektora. Kako se ne zagrijava cijela masa predmeta, nego samo njegova površina, taj je postupak brži i ekonomičniji, ali je prikladan za primjenu samo u protočnim pećima.

Noviji je postupak elektroničko sušenje, u kojem se objekt bombardira elektronima, a otvrđivanje filma zbiva se u dječiju sekunde. Naime, prolaskom elektrona kroz sloj naliča stvaraju se u njemu slobodni radikali koji pobuduju reakciju umrežavanja među molekulama veziva. Otvrđivanje elektronskom emisijom odvija se na normalnoj temperaturi, što je posebno pogodno za predmete koji bi se izlaganjem visokoj temperaturi mogli oštetiti. Zbog velike brzine sušenja znatno se povećava kapacitet i smanjuje potrebna veličina peći. Nedostatak je tog načina sušenja u tome što se ne može primijeniti na predmete složenijih oblika zbog pravolinijskog putovanja elektrona. Umrežavanje se može pobuditi i pomoću ultraljubičastih zraka. U tu svrhu postoje različiti uređaji, radi se s niskotlačnim ili visokotlačnim svjetilkama, a otvrđivanje filma također je relativno brzo. Potrebna su, međutim, prekrivna sredstva posebnog sastava, a potpuno otvrđivanje moguće je samo za slojeve naliča tanje od $25\text{ }\mu\text{m}$.

V. Dobrić

Primjena lakova i boja na drvenim površinama

Drvene podloge razlikuju se prema vrstama drva, tj. prema svojoj strukturi (v. Drvo, TE 3, str. 419). Drvne stanicice sadrže veće ili manje šupljine, deblje ili tanje stijenke, što se na površini drva očituje u porama različitih veličina, u gustoći drveta itd. Drvene podloge razlikuju se i prema drugim karakteristikama važnim za kvalitetnu obradu površine, kao što su npr. boja, tekstura, tvrdoća, sadržaj smole i prirodnih ulja. Važan je faktor u drvu i voda u slobodnom i vezanom obliku, te u vezi s tim sposobnost drva da primanjem i otpuštanjem vode, tj. bubrengjem i utezanjem, mijenja dimenzije.

Drvo kojem se površina liči upotrebljava se za građevnu stolariju i izradbu namještaja, a može biti puno, masivno drvo ili mehanički preradeno drvo u obliku furnira i ploča. Građevna stolarija liči se u prvom redu radi zaštite od atmosferskih utjecaja, djelovanja mikroorganizama i insekata, a namještaj se liči radi estetskog dojma i lakoće održavanja. Na pojedinim vrstama drvenih površina lakovi i boje različito se ponašaju, pa se prema tome razlikuju i postupci pripreme i obrade površine prije ličenja.

Priprema podloge. Za površinsku obradu lakovima i bojama drvo treba sušiti u sušarama na povišenoj temperaturi kroz nekoliko dana. Za izradbu namještaja i građevne stolarije drvo mora biti osušeno na sadržaj vlage $10\cdots 12\%$.

Drvene površine bruse se i čiste brusnim sredstvima (brusni papir i brusno platno) radi odstranjivanja hraptavosti, neravnina i nečistoća s površine. Prvo se brusi grubim, a zatim sve finijim granulacijama brusnih sredstava na strojnim brusilicama s ugrađenim čistačima za prašinu.

Površina drva izbjeljuje se radi ujednačenja i posvjetljenja većinom svijetlih vrsta drva (javor, jasen, hrast i sl.). U tu se svrhu najčešće primjenjuju vodik-peroksid (H_2O_2), oksalna kiselina, kalij-oksamat i natrij-hidrogensulfit.

Nanošenje prekrivnih sredstava na drvene površine. Za kvalitetno lakiranje moraju biti ispunjeni sljedeći uvjeti: temperatura zraka, laka i boje $18\cdots 22^{\circ}\text{C}$, a relativna vлага zraka $65\cdots 70\%$. Propuh i prašina negativno utječu na lakiranu površinu. U radnim prostorijama treba omogućiti odsisavanje para otapala i zagrijavanje bez otvorenog plamena i iskrena.

Lakovi i boje nanose se na drvene površine i suše uglavnom istim postupcima koji su opisani za nanošenje i sušenje prekrivnih sredstava na metalnim površinama. U industrijskoj proizvodnji drvene površine liče se strojno, i to štrcanjem (hladno, vruće, bezračno, dvokomponentno, elektrostatski), zatim pomoću valjaka, polijevanjem, uranjanjem, pomoću rotirajućih bubnjeva itd. Ručno se liči kistom, polirnom loptom, jastukom, valjkom i lopaticom.

Načini sušenja lakova i lak-boja. Drveni olijeni predmeti mogu se sušiti na nekoliko načina: stajanjem na zraku, izlaganjem strujanju zraka na povišenoj temperaturi ili primjenom suvremenih, instrumentalnih metoda sušenja (djelovanjem infracrvenog ili ultraljubičastog zračenja, te izlaganjem snopu elektrona).

Sušenje u normalnim radnim uvjetima jest sušenje na zraku. Pri tom se podrazumijeva da je temperatura zraka $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, a relativna vлага zraka $70\pm 5\%$. Uz te uvjete trajanje sušenja za pojedine vrste lakova i lak-boja iznosi: lakovi i lak-boje na osnovi celuloznih estera $1\cdots 2$ sata, poliuretanski lakovi i lak-boje $2\cdots 3$ sata (brzosušive vrste) i $12\cdots 24$ sata (sporošušive vrste), kiselootvrđnjavajući lakovi i lak-boje na osnovi amino-smola $1\cdots 3$ sata (brzosušive vrste) i $5\cdots 6$ sati (sporošušive vrste), poliesterski lakovi i lak-boje $10\cdots 12$ sati, uljeni i alkidni lakovi i lak-boje $12\cdots 24$ sata.

Na povišenim temperaturama drveni olijeni predmeti suše se u tunelskim i komornim sušarama. Sušare se sastoje od više zона, npr. zona otparivanja, sušenja i hlađenja, a za svaku je zonu propisan režim sušenja, tj. određena temperatura, brzina strujanja zraka, količina vlage i para otapala. Režim sušenja ovisi o vrsti podloge, vrsti i viskoznosti laka, količini nanosa, te o tome da li je prevlaka temeljna ili završna.

Sušenje pomoću infracrvenih zraka (v. Elektrotermija, TE 5, str. 187, v. Infracrveno zračenje, TE 6, str. 478) provodi se tako da se izgaranjem ulja ili plina, ili pomoću električne energije zrak zagrije na temperaturu $350\cdots 450^{\circ}\text{C}$. Taj se zrak provodi uz stijenkju za isijavanje, koja pomoću reflektora šalje infracrvene zrake na lakiranu površinu. Energija zračenja pretvara se na površini u toplinu, pa se površina zagrije na $100\cdots 110^{\circ}\text{C}$ i lak se suši. Sušenje tim načinom traje $0,5\cdots 1$ minute.

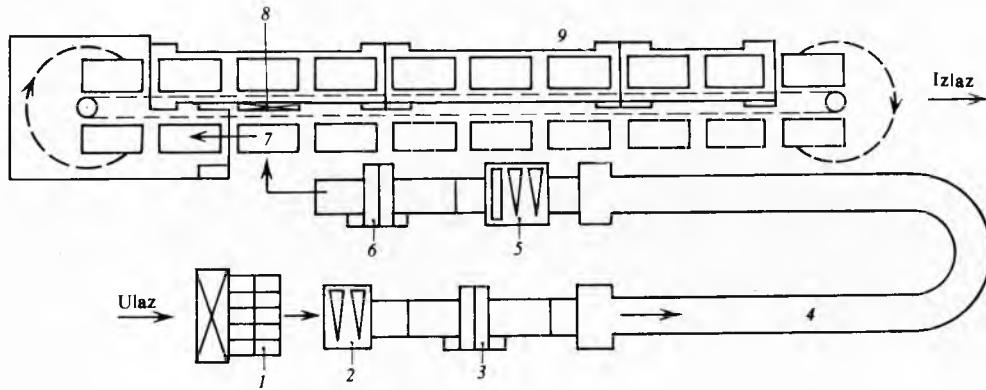
Pomoću ultraljubičastog zračenja može se također postići otvrđivanje prevlake. Reakcija započinje stvaranjem slobodnih radikalima (v. Fotokemija, TE 5, str. 602) u ranije dodanom stabilizatoru, a to uzrokuje polimerizaciju i umrežavanje veziva, tj. stvaranje čvrste prevlake. Takvo se sušenje primjenjuje za poliesterske lakove i temeljne boje. Trajanje otvrđivanja prevlake ovisi o vrsti primijenjenih ultraljubičastih sijalica (v. Fotokemijska tehnologija, TE 5, str. 606); uz niskotlačne to je oko 90 sekundi, uz visokotlačne 30 sekundi, a otvrđivanje impulsnozračnim sušenjem traje i manje od 30 sekundi.

Prema svom mehanizmu slično je i **otvrđivanje pomoću snopa elektrona**. Prolaskom kroz prevlaku elektroni također uzrokuju nastajanje slobodnih radikalima, što zatim pobuduje polimerizaciju i umrežavanje monomera u vezivu. Pri dovoljnom izlaganju snopu elektrona sloj potpuno otvrđene u vrlo kratkom vremenu ($0,1\cdots 1$ sekunda). Kako se podloga pri ispravno oda-branoj energiji elektrona ne zagrijava, radi se o hladnom procesu sušenja.

Ličenje namještaja. Za ličenje namještaja upotrebljavaju se lakovi i boje na osnovi celuloznih estera, zatim poliuretanski, poliesterski, kiselootvrđujući i vodorazredljivi lakovi i boje, te lakovi i boje na osnovi vodenih disperzija. Primjenjuje se više postupaka za njihovo nanošenje na drvene površine gotovog namještaja ili na drvene dijelove namijenjene izradbi namještaja.

Izbor postupaka ovisi o traženom izgledu obrađene površine, potreboj debljini sloja naliča, te o vrsti namještaja i tipu podloge.

Predmet namijenjen ličenju prolazi određenim redoslijedom, već prema odabranom postupku, kroz sve ili neke od uobičajenih radnih faza. Te su faze štrcanje rubova, brušenje i ujednačavanje debljine, predgrijavanje, kitanje, nanošenje temeljne boje ili močila, nanošenje ostalih slojeva naliča, uključujući i završni, sušenje, hlađenje i međubrušenje temeljnog naliča. Pri tom se predmet kroz postrojenje za ličenje prenosi transportnim trakama, etažnim kolicima i drugim transporterima (sl. 13).



Sl. 13. Postrojenje za ličenje ravnih furniranih ploča lak-bojama. 1 štrcanje rubova, 2 brušenje površine prije lakiranja, 3 nalijevanje temeljnog laka, 4 sušenje, 5 brušenje, 6 nalijevanje završnog laka, 7 etažna kolica, 8 stijenka za odsisavanje para otapala, 9 sušenje završnog laka u kanalnoj sušari

Lakovi i boje s celuloznim esterima kao vezivima mnogo se primjenjuju zbog jednostavnog rukovanja i nanošenja te zbog brzog sušenja. Tako se, npr., bezbojnim lakovima, a također i lak-bojama liče ravne furnirane plohe, vlaknaste (lesonit) ploče, stolice, tokareni i galanterijski predmeti itd.

Poliiuretanski lakovi i boje zbog svojih odličnih karakteristika služe za ličenje vrednijeg i kvalitetnijeg sobnog, ugostiteljskog i kuhinjskog namještaja, te parketa. To su uglavnom dvokomponentna prekrivna sredstva, a nanose se polijevanjem, štrcanjem ili ručno na površine koje postaju tvrde, elastične, glatke, otporne na vlagu i kemikalije s blažim djelovanjem. Na poliuretanski temelj može se nanositi i neki drugi završni lak i boja.

Poliesterski lakovi ili boje primjenjuju se kada je potrebno da pore na površini drvenog predmeta budu potpuno zatvorene. Nanose se štrcanjem i polijevanjem, a već prema tipu prekrivnog sredstva sušenje se provodi na zraku, pod djelovanjem ultraljubičastog zračenja ili bombardiranja elektronima.

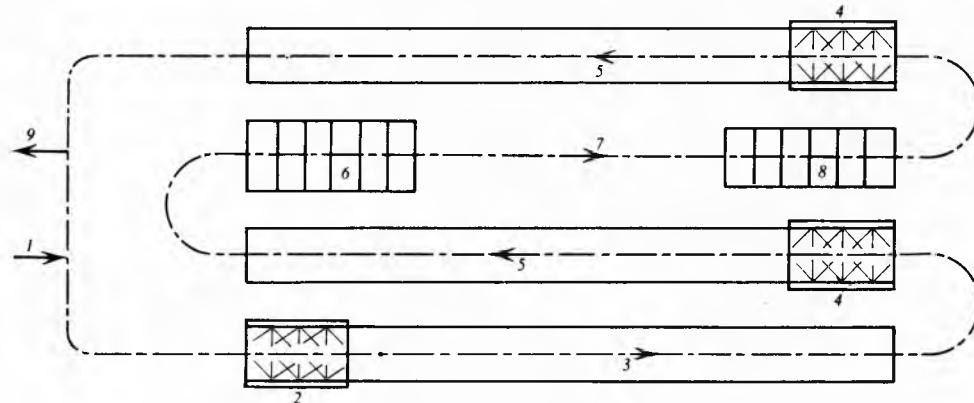
za sobni, ugostiteljski i kuhinjski namještaj. Vodorazrjeđljivi lakovi i lak-boje koloidne su otopine smola (alkidnih, melamin-skih, fenolnih i epoksidnih). Primjenjuju se za sobni i kuhinjski namještaj. Prekrivna sredstva na osnovi dispergiranih smola (polimeri akrilata, metakrilata i izocijanata) tek se odnedavno upotrebljavaju za namještaj. Razrjeđuju se vodom i nanose štrcanjem ili kistom.

Ličenje građevne stolarije. Za površinsku obradu i ličenje građevne stolarije upotrebljavaju se uljene, alkidne, vodorazrjeđljive i disperzijske boje, lazure, bezbojni lakovi, te vatrazoštitni lakovi i boje.

Uljene boje primjenjuju se u sljedećem redoslijedu: prozračna impregnacija (bezbojna ili obojena), temeljna uljena boja, kitanje pukotina, temeljna uljena boja, brušenje, završna uljena boja. Sušenje pojedinih slojeva relativno je dugo i provodi se na normalnoj temperaturi.

Alkidnim bojama liči se i unutrašnja i vanjska građevna stolarija. Okviri, prozori i doprozornici liče se, npr., ovim postupkom: fungicidna, po mogućnosti i insekticidna impregnacija u jednom sloju, nanošenje uranjanjem, polijevanjem ili kistom, sušenje; temeljna boja u dva sloja, nanošenje uranjanjem, polijevanjem, štrcanjem ili kistom, sušenje; kitanje raspuklina i sastavnih mesta na prvom osušenom sloju temeljne boje; završna lak-boja u jednom sloju, nanošenje štrcanjem i kistom, sušenje. Završna lak-boja može se nanositi i tek nakon ugradnje elemenata u zgradu (sl. 14).

Vodorazrjeđljive boje primjenjuju se za ličenje vanjske i unutrašnje građevne stolarije. Prije upotrebe razrjeđuju se čistom



Sl. 14. Ličenje prozorskih okvira postupkom polijevanja. 1 vješanje okvira na viseci transporter, 2 polijevanje impregnacijom, 3 sušenje, 4 polijevanje temeljnom bojom, 5 sušenje, 6 ručno kitanje, 7 sušenje, 8 brušenje kita i temeljne boje, 9 skidanje okvira s transportera

Kiselootvrđujući lakovi i lak-boje mogu biti jednokomponentni ili dvokomponentni, a izrađeni su na osnovi kombinacije aminosmola i alkidnih smola kao veziva. Primjenjuju

vodom do viskoznosti pogodne za nanošenje. Postupak primjene jednak je postupku opisanom za alkidne boje. U primjeni vodorazrjeđljivih boja ne postoji opasnost od požara.

Disperzijske boje za unutrašnju i vanjsku građevnu stolariju razrjeđuju se vodom i nanose se u dva sloja na impregniranu površinu. Suše se na normalnoj ili ubrzano na povišeno temperaturi.

Površinska obrada lazurama primjenjuje se za fungicidno-insekticidnu i vodooodbojnu zaštitu drva. Lazure daju drvu transparentno obojenje i ističu njegovu strukturu. Nanose se kistom i uranjanjem, za unutrašnje površine u dva, za vanjske u tri sloja. Unutrašnje površine lazurom mogu se završno lakirati bezbojnim lakom, dok se to za vanjske površine ne preporučuje.

Bezbojnim lakovima zaštićuju se unutrašnje i one vanjske površine drva koje nisu izložene utjecaju Sunčevih zraka. Naime, djelovanjem tih zraka bezbojni lak s vremenom puca i ljušti se s površine. Bezbojni lakovi nanose se kistom ili štrcanjem u 2 do 3 sloja, a izgledom mogu biti zagasiti (mat), poluzagasiti (polumat) ili sjajni.

Vatrozaštitni lakovi i boje primjenjuju se samo za unutrašnje površine. Naneseni u dovoljnim količinama štite drvo od vatre i sprečavaju da drvo gori. Proizvode se bezbojni i obojeni, razrjeđuju se vodom, a nanose se kistom ili štrcanjem.

B. Križanić

Primjena lakova i boja u građevinarstvu

Zaštita fasadnih zidova. Fasadni zaštitni sustavi izloženi su različitim utjecajima, koji se mogu svrstati na utjecaje okoliša i utjecaje podlage. Najvažniji utjecaji okoliša jesu djelovanje vode (u svim agregatnim stanjima), promjena temperature, zagrijavanje Sunčevim zračenjem, hlađenje zbog vjetra itd., prljanje taloženjem prašine i čade, zvučni efekti, vibracije što ih uzrokuju prometna vozila, te djelovanje agresivnih tvari iz zraka (CO_2 , SO_2 , SO_3). Najvažniji utjecaji podlage jesu difuzija vlage iz podlage, prisutnost soli i alkalnost podlage, naprezanje podlage zbog djelovanja topline i vode, naprezanja uzrokovanu kristalizacijom soli te prašina na podlozi. Osim toga, treba imati na umu i biološke procese uzrokowane razvojem mikroorganizama.

Navedeni utjecaji uzrokom su trošenja, tj. fizikalnih i kemijskih promjena zaštitnih sustava. Među svim utjecajima djelovanje vode svakako je najvažnije, pa je zaštita građevina od utjecaja vode primarna zaštita u građevinarstvu.

Da bi mogli odoljeti kompleksnom djelovanju različitih utjecaja, zaštitni sustavi moraju posjedovati određena svojstva. To su vodooodbojnost, dobro prianjanje, otpornost prema alkalijama, otpornost prema udaru kiše, malo bubreњe u vodi, elastičnost, propusnost za vodenu paru i otpornost prema dimnim i industrijskim plinovima.

U suvremenom građevinarstvu upotrebljavaju se uglavnom tri tipa fasadnih sustava. To su hidrofobne impregnacije, fasadni naliči i fasadne umjetne žbuke (plastične žbuke).

Hidrofobne impregnacije sadrže izrazite hidrofobne (vodo-odbojne) tvari. U tu se svrhu najviše upotrebljavaju silikoni, a i silani. Nanesena impregnacija ne tvori na površini zida film u klasičnom smislu, već hidrofobna tvar samo oblaže stijenke pukotina i pora čineći ih nepropusnim za vodu. Dobra i dugotrajna odbojnost prema vodi postiže se samo na površinama u koje je impregnacija dovoljno duboko prodrala (2–5 mm). Površine obrađene hidrofobnim impregnacijama otporne su prema djelovanju atmosferilija i mikroorganizama, a gotovo u potpunosti zadržavaju propusnost za vodenu paru. Hidrofobne impregnacije nanose se kistovima (četkama) ili štrcanjem. Uglavnom je dovoljno nanijeti dva sloja. Primjenjuju se u prvom redu na izrazito poroznim podlogama kao što su kamen, opeka, betoni i druge, i to samo kad se želi očuvati prirodni izgled i struktura podlage.

Fasadni naliči. Zaštitna funkcija fasadnih prekrivnih sredstava zasniva se na stvaranju površinskog filma relativno male debljine (prosječno 100 µm). Prianjanje naliča na poroznu podlogu uglavnom je mehaničke prirode. On prodire u pore podlage, suši se i fizikalno se s njima veže. Sposobnost prodiranja u podlogu u prvom je redu ovisna o veličini čestica veziva.

Osim sprečavanja ulaska vode u zid izvana, fasadni nalič mora, s druge strane, propuštati difuzijom vlagu u atmosferu.

Zaštitni filmovi navedenih svojstava postižu se primjenom naliča na osnovi otopina akrilatnih kopolimera u organskim otapalima. Zadovoljavajući rezultati mogu se postići i naličima na osnovi vodenih disperzija akrilatnih kopolimera.

Primjena fasadnih naliča vrlo je jednostavna. Na suhe i pripremljene podlove (očišćene od masnih mrlja i prašine) sredstvo se nanosi pomoću krznenih valjaka, četaka ili bezračnih pištolja. Obično se nanose dva sloja. Prethodno impregniranje valja izvesti samo na izrazito trošnim i poroznim podlogama ili prije nanošenja naliča izrađenih na osnovi smola disperziranih u vodi. Prije nanošenja često je potrebno izravnati podlogu. Za to se primjenjuju specijalne mase za izravnavanje (kitovi), koji se nanose pomoću glaćilica. Tada se podlove moraju prije impregnirati podesnom impregnacijom. Fasadni naliči mogu se primijeniti na svim građevnim podlogama.

Fasadne umjetne žbuke. Zaštitna funkcija umjetnih žbuka zasniva se na stvaranju površinskog, relativno debelog (prosječno 2–3 mm) zaštitnog sloja. Naneseni sloj žbuke mora biti homogen i ne smije biti sklon pucanju. To se postiže izborom pogodnog veziva i primjereno granulometrijskog sastava kamennog aggregata koji mora dobro popunjavati sloj. Zbog velike debljine filma vrlo je važno postići što bolje prianjanje uz podlogu, te dovoljnu propusnost za vodenu paru kako se sloj ne bi ljuštilo. Zaštitni filmovi dobrih svojstava postižu se primjenom umjetnih žbuka na osnovi sitnozrnatih veziva kao što su, npr., otopine akrilatnih kopolimera u organskim otapalima ili disperzije nekih tipova akrilatnih kopolimera u vodi.

Proizvode se uglavnom dvije vrste umjetnih žbuka. Jedna od njih ima izgled prskane žbuke, a nanosi se pomoću specijalnih zračnih pištolja s velikim sapnicama ili specijalnim gumenim valjcima. Druga vrsta umjetne žbuke, zaglađena žbuka, nanosi se glaćilicama. Fasadne umjetne žbuke primjenjuju se kada se želi postići rustikalni izgled fasadnih zidova. Prije njihova nanošenja podlove se moraju impregnirati.

Ličenje unutrašnjih zidova. Za ličenje unutrašnjih zidova primjenjuju se različite vrste boja i lakova, kojima izbor ovisi o uvjetima što vladaju u zatvorenom prostoru i kemijskim agensima koji u njemu djeluju. Od prekrivnih sredstava za unutrašnje zidove stambenih prostorija traže se u prvom redu optički efekti, tj. određeni ton boje, lako održavanje (čišćenje i pranje) i jednostavna primjena, dok su zaštitna svojstva manje važna. U te se svrhe uglavnom upotrebljavaju boje na osnovi vodenih disperzija polivinilacetata, ali i vrlo kvalitetne vodene disperzije akrilatnih kopolimera. Te se boje nanose na podlogu krznenim valjcima ili štrcanjem, obično u dva sloja. Trošne i svježe podlove treba prije ličenja impregnirati. Za zaštitu unutrašnjih zidova industrijskih objekata valja primijeniti prekrivna sredstva na osnovi veziva otpornih na agense koji u zatvorenim industrijskim prostorima djeluju. Tako se, npr., za zaštitu od utjecaja lužina primjenjuju boje na osnovi klorokaučuka, za zaštitu od kiselina boje na osnovi ciklokaučuka itd.

Zbog vrlo povoljnih uvjeta (relativne vlage zraka i temperature) u proizvodnim prostorima prehrambene industrije raširen je rast pljesni na površinama zidova i stropova. Pojava pljesni djeluje neestetski, a spore pljesni stalni su izvor zaraze za namirnice koje se u pogonu prerađuju. Pljesni mogu izravno razarati nalič na zidovima jer im služi kao hrana posluži tanki sloj nečistoća koje se talože na zidovima i stropovima. Vrsta mikroorganizama koja će se razviti u pogonu ovisi o vrsti sirovina što se u pogonu prerađuju, relativnoj vlazi zraka, temperaturi, položaju i geografskom smještaju zgrade. Pojavu pljesni na zidovima i stropovima moguće je spriječiti primjenom fungicidnih naliča koji onemogućuju ili znatno usporavaju rast i razvitak pljesni. Dobro fungicidno djelovanje tih naliča ne ovisi samo o fungicidnim i antimikrobnim dodacima, već i o vrsti veziva i ostalih osnovnih sirovina te o njihovu međusobnom omjeru. Osim fungicidnog ili fungistatičkog djelovanja, ti naliči moraju biti otporni prema utjecaju vode koja je u prehrambenoj industriji prisutna u velikim količinama. Fungicidne boje

proizvode se na osnovi vodenih disperzija akrilatnih kopolimera ili na osnovi otopine akrilatnih kopolimera u organskim otopinama, s kojima se postižu bolji rezultati u primjeni. Na nove zidove te se boje nanose krznenim valjcima, obično u dva sloja. Zidove koji su već zarašteni pljesnima treba najprije očistiti od pljesni, impregnirati fungicidnom impregnacijom, a zatim ličiti fungicidnom bojom.

N. Janečović

Primjena lakova i boja na ostalim podlogama

Proizvodi od plastičnih masa, kojima se površina liči bojama i lakovima, jesu dijelovi vozila, električnih i akustičkih aparata, namještaja, igračke, ukrasni predmeti, industrijske posude i rezervoari, i sl. Za zaštitu od agresivnih medija prekrivna sredstva nanose se u 3–4 sloja. Ako se nanošenjem želi postići samo lješpi izgled površine, primjenjuje se samo jedan sloj. Suši se redovito na nižim temperaturama (< 90 °C) zbog osjetljivosti plastičnih masa na toplinu. Pri izboru otapala treba voditi računa o njihovoj agresivnosti prema podlozi. Od veziva se najviše upotrebljavaju akrilati, poliuretani, epoksidne i alkidne smole. Najčešće su metode nanošenja pneumatsko raspršivanje i ručno nanošenje kistom ili valjkom.

Za razliku od tiskarskih boja, *lakovi i boje za papir* imaju uglavnom dekorativnu ulogu. Upotrebljavaju se za lakiranje luksuznih omotnih stranica, prospekata, ambalaže i sl. Veliku grupu čne boje za tapete. Veziva su im vodene disperzije vinilnih i akrilnih smola, a nanose se sustavom gumiranih valjaka na papirnu traku i suše na sobnoj temperaturi ili u komorama i tunelnim sušarama na 60–70 °C.

Koža se boji najčešće izravno bojilima. Lakovi i boje upotrebljavaju se samo za galerijske proizvode, katkada za cipele, remenje, torbice i slično.

Od lakova koji se upotrebljavaju u *kozmetici* najpoznatiji su lakovi za kosu i za nokte. Lakovi za kosu sadrže vrlo malo suhe tvari, uglavnom celulozni derivata ili akrilnih smola, a primjenjuju se u obliku aerosola. Za lakove za nokte kao vezivo služi celulozni nitrat u kombinaciji s alkidnim i akrilnim smolama.

Specijalna primjena lakova i boja

Zaštita od djelovanja topline provodi se lakovima i bojama na metalnim površinama koje se stalno ili povremeno zagrijavaju. S obzirom na temperaturnu granicu djelotvornosti, proizvode se dvije grupe lakova i boja. Prva, na osnovi kombinacija alkidnih, kumaronskih i fenolnih smola, pruža zaštitu objektima do temperature 150–200 °C. Pigmenti su najčešće aluminijev prah, čađa i sl. Druga grupa lakova i boja temelji se uglavnom na silikonskim smolama s dodatkom ugljikovodeničnih smola ili bez njih, a kao pigment služi aluminijski prah, katkada uz dodatak cinkova praha. Zaštita može biti djelotvorna i do 600 °C. Ta sredstva djeluju tako da na visokoj temperaturi organska komponenta izgori, a aluminijski prah se sinterira i stvara tanki kompaktni sloj koji čvrsto prianja uz podlogu. Ostatak silikatne komponente veziva donekle zaštićuje aluminij. Te se boje nanose kistom ili štrcanjem, najčešće samo u jednom tankom sloju izravno na metalnu podlogu, jer bi u debljem sloju djelovanjem topline mogla nastati veća mehanička naprezanja, pucanje sloja i raslojavanje od podloge.

Vatrootporni lakovi i boje sve se više upotrebljavaju za zaštitu drvenih i metalnih konstrukcija, zidnih obloga i drvenih vrata u školama, dvoranama i drugim javnim zgradama. Osnovne komponente koje osiguravaju otpornost prema djelovanju vatre jesu tzv. razvijači i učvršćivači pjene. To su neki od spojeva fosfora, melamin i drugi spojevi, koji pod djelovanjem vatre naglo razvijaju pjenu po cijeloj podlozi u debljini i do 10 cm. Učvršćivači pjene drže pjenu kompaktnom da je struja zraka pri požaru ne odnese s podloge. Vezivo za vatrootporne boje uglavnom su vinilne i akrilne smole. Primjenjuju se u debljim slojevima (i do 1 mm).

Fluorescentne (signalne) boje sadrže fluorescirajuće, uglavnom fosforne pigmente. Upotrebljavaju se za ličenje manjih površina objekata ili postrojenja koje moraju biti posebno

uočljive, npr. opasni dijelovi postrojenja, uređaji za gašenje požara, vatrogasna vozila i aparati i slično.

Brodske boje zajednički je naziv za lakove i boje koje se primjenjuju za zaštitu plovnih i obalnih objekata od djelovanja vlage, vode i organizama koji žive u vodi. Prema namjeni ti se proizvodi svrstavaju u grupu lakova i boja za zaštitu površina objekata iznad vode i za zaštitu površina objekata upravljenih u vodu. U prvoj se grupi nalaze standardni proizvodi, koji se upotrebljavaju i u ostale svrhe, ali uz primjenu dviju specijalnih temeljnih boja za metale. Jedna od njih sadrži malo veziva (do 10% epoksidnih ili vinilnih smola), a kao antikorozivni pigment ponajviše cinkov prah, dok druga boja sadrži vrlo mnogo željezne oksida i nešto više veziva.

Za zaštitu površina stalno upravljenih u morsku ili slatkou vodu proizvode se posebni tipovi lakova i boja. Veziva su im bitumen, epoksidne, vinilne i poliuretanske smole ili klorkaučuk. Uz antikorozivne pigmente sadrže i velike količine supstancija otrovnih za vodenu floru i faunu, koja se kao obraštaj hvata na površinu objekata. Tako su supstancije npr. bakar(I)-oksid, živini spojevi i kostrovi organski spojevi. Od brodskih se boja traži da otrovne supstancije ispuštaju polagano i stalno u neposredan okoliš površine koja se zaštićuje.

M. Tomaš

PROIZVODNJA I POTROŠNJA LAKOVA I BOJA

Svjetska proizvodnja i potrošnja. Proizvodnja lakova i boja zauzima važno mjesto u ukupnoj proizvodnji kemijske industrije. Računa se da udjel proizvodnje lakova i boja u ukupnoj vrijednosti proizvodnje kemijske industrije u svijetu iznosi oko 5%. Proizvodnja lakova i boja veoma je važna i u ukupnom razvoju kemijske industrije, posebno petrokemijske, jer njen razvoj omogućuje razvoj i onih područja kemijske industrije kojih proizvodi služe kao sirovina za lakove i boje (otapala, razrjeđivači, sintetske smole, pigmenti i dr.).

Ukupna svjetska proizvodnja lakova i boja iznosila je u 1973. godini oko 16 milijuna tona. U zavisnosti od općeg razvoja privrede u svijetu proizvodnja lakova i boja stalno se povećavala. U toku posljednjih 10 godina proizvodnja je u svijetu udvostručena, a prosječna godišnja stopa porasta između 1965. i 1972. godine iznosila je 6–7%.

Prema podacima o proizvodnji lakova i boja u 1976. godini (tabl. 1) najveći proizvođač lakova i boja u svijetu jesu SAD s približno 5 milijuna tona, a slijedi ih Sovjetski Savez, SR Njemačka i Japan.

Specifične karakteristike potrošnje lakova i boja uzrokuju da je potrošnja u pojedinim zemljama u razmjeru s njihovom industrijskom i privrednom razvijenošću. Potrošnja je, npr., po stanovniku u 1973. godini iznosila u SAD 23 kg, u SR Njemačkoj 21 kg, u Švedskoj 19 kg, u Švicarskoj 17 kg, u Francuskoj 16 kg, a u manje razvijenim zemljama bila je mnogo manja, u Španjolskoj 8 kg, Grčkoj 6 kg i Portugalu 5 kg. Prema podacima o broju stanovnika na svijetu u 1971. godini (3,7 milijardi) i podacima o proizvodnji (14,3 milijuna tona) proizlazi da je prosječna godišnja potrošnja po stanovniku Zemlje iznosi 3,86 kg.

Struktura potrošnje po tržišnim segmentima specifična je i različita za svaku zemlju. Globalna struktura potrošnje u zemljama zapadne Evrope bila je u 1975. godini sljedeća: građevinarstvo 50%, automobilska industrija 20%, drvna industrija 10%, brodogradnja i brodarstvo 10%, ostala industrija 5% i ostala potrošnja 5%.

Proizvodnja i potrošnja u Jugoslaviji. Industrijska proizvodnja lakova i boja započela je u Jugoslaviji poslije prvoga svjetskog rata. U razdoblju između dva rata najvažniji po izvođač bila je tvrtka Moster u Zagrebu (današnji Chromos), koja je tada bila pod kontrolom njemačkog koncerna IG Farbenindustrie. U 1939. godini ukupna proizvodnja u Jugoslaviji iznosila je 3400 tona, dok je potrošnja iste godine po stanovniku iznosila svega 0,22 kg.

U poslijeratnom razdoblju proizvodnja lakova i boja stalno je i ubrzano rasla. Još u razdoblju obnove zemlje, od Oslobođenja do 1950. godine, proizvodnja je povećana za 3 puta, i

to od 3000 na 9000 tona. Poslije 1950. godine, kao posljedica ubrzanog industrijskog i privrednog razvoja cijele zemlje, još se brže razvija proizvodnja i stalno proširuje njen program. Paralelno s povećanjem obujma proizvodnje na tržište su se uvodili novi visokokvalitetni proizvodi, unapređivala tehnologija i povećavali kapaciteti. Danas je tehnologija proizvodnje lakova i boja u Jugoslaviji gotovo ravnna tehnologiji proizvodnje u najrazvijenijim zapadnim zemljama. Nakon privredne reforme 1965. godine i liberalizacije režima uvoza nastaju kvalitetne promjene u proizvodnji lakova i boja. Otvorenost jugoslavenskog tržišta za renomirane svjetske proizvođače lakova i boja prisiljavala je domaću industriju da stalno prati razvoj proizvodnje i tehnologije u svijetu i prilagođava se potrebama domaćeg tržišta. Počele su se i mogućnosti nabavke kvalitetnih sirovina uvozne provenijencije iz zapadnih zemalja, što je omogućilo brži razvoj visokokvalitetnih lakova i boja.

Tablica 1
SVJETSKA PROIZVODNJA LAKOVA I BOJA U 1976. GODINI
(u tisućama tona)

Zemlja	Lakovi i boje na osnovi celuloznih derivata	Vodene emulzije i disperzije lakova i boja	Lakovi i boje na osnovi sintetskih smola
SAD			4950,0 ¹
SR Njemačka	89,3	605,1	478,8
Velika Britanija	59,1	251,2	458,5
Francuska	44,6	150,6	468,9
Italija			791,0 ¹
Nizozemska	27,0 ²	40,0	139,0
Danska	2,0	72,0	61,5
Portugal		31,5	4,4
SSSR			2963,5 ³
DR Njemačka			315,9 ⁴
Čehoslovačka			146,3 ³
Rumunjska	145 ⁴		
Mađarska	13,2	0,1	117,3
Bugarska	65,7 ⁴		
Južnoafrička Republika	21,9	25,9	71,6
Alžir			46,9 ⁴
Nigerija	20,8 ⁴		
Obala Bjelokosti			8,0
Kenija	3,1	0,5	
Liberija		1,2	
Madagaskar	2,1 ⁴		
Tanzanija			3,0
Brazil		224,8	111,4
Meksiko		41,1	92,1
Argentina		26,9	84,0 ³
Cile		6,7	
Japan	64,1	171,7	1 062,4
Filipini			50,1
Izrael			27,3 ⁴
Turska	4,5		40,3
Južna Koreja	5,1 ⁵	34,6	16,8
Pakistan			4,0 ⁴
Singapur	10,2	8,2	
Sirija			4,3
Sri Lanka	0,2	0,6	0,4
Australija	4,9	32,1	113,7
Novi Zeland	13,3	1,9	2,6

¹ Procjena ukupne proizvodnje; ² uključujući i razrjedivače; ³ uključujući i celulozne lakove i boje; ⁴ uključujući i ostale vrste lakova i boja; ⁵ bez lakova

Karakteristika je cijelog poslijeratnog razvoja industrije lakova i boja u našoj zemlji velika ovisnost o uvozu osnovnih sirovina, što je bila posljedica nedovoljne razvijenosti domaće bazne kemijske industrije. Ta je ovisnost ujedno bila i ograničavajući faktor razvoja i veće penetracije na tržišta razvijenih zemalja, pa i zemalja u razvoju. Sve veće uključivanje jugoslavenske industrije na međunarodno tržište s proizvodima visoke finalne obrade koji sadrže lakove i boje (namještaj, brodovi, proizvodi strojogradnje, elektroindustrije, automobilske industrije i dr.) traži od domaćih proizvođača visoku kvalitetu i stalno širenje proizvodnog programa. Industrija lakova i boja, osim izravnog izvoza svojih proizvoda, pojavljuje se i kao važan posredni izvoznik preko proizvoda koji se izvoze, a koji upotrebljavaju lakove i boje kao reproduksijski materijal. Dalja je karakteristika naše poslijeratne industrije lakova i boja u činje-

nici da je ta grana kemijske industrije inicirala razvoj proizvodnje osnovnih sirovinskih komponenata kao što su različiti tipovi sintetskih smola, anorganski pigmenti, punila i dr.

Proizvodnjom lakova i boja, kao svojom osnovnom ili komplementarnom djelatnošću, danas se u Jugoslaviji bave sljedeći proizvođači: SR Bosna i Hercegovina: Terpentin (Višegrad), UNIS (Livno); SR Hrvatska: Chromos (Zagreb), Karbon (Zagreb), Svetlost (Lužani), Dubravka (Dubrovnik), Kemijsko-građevinska industrija (Karlovac), Adriacolor (Split), Bifix (Buje), Iskra (Zelina), Samoborka (Samobor), Radonja (Sisak); SR Makedonija: Proleter (Skopje); SR Slovenija: Color (Medvode), Helios (Domžale), Cinkarna (Celje), JUB (Dol pri Ljubljani), TKK (Serpenica); SR Srbija: Duga (Beograd), Zvezda (Gornji Milanovac), Pomoravlje (Niš), Hempro (Šid), Kotroman (Mokra Gora), Zorka (Šabac), Extra (Vučitrn), SUKO (Pirot), Dinara (Zemun).

Najvažniji i najveći proizvođači jesu Chromos (Zagreb), Duga (Beograd), Color (Medvode), Helios (Domžale) i Karbon (Zagreb). Njihov udio u ukupnoj jugoslavenskoj proizvodnji iznosi oko 80%. To su bili i nosioci razvoja assortirana proizvodnje lakova i boja. Taj kvalitativni razvoj ilustriraju podaci o udjelu proizvodnje lakova i boja na osnovi sintetskih smola u ukupnoj proizvodnji, koji je 1955. godine iznosio svega 13%, 1965. god. 50%, a 1975. god. oko 80%. Danas se u Jugoslaviji proizvode sve najvažnije grupe lakova i boja za različita područja potrošnje; izuzetak su jedino neki specifični proizvodi koji se uvoze.

Tablica 2
PROIZVODNJA I POTROŠNJA LAKOVA I BOJA U JUGOSLAVIJI

Godina	Proizvodnja t	Uvoz t	Izvoz t	Izvedena potrošnja t	Potrošnja po stanovniku kg
1955.	10 699	304	329	10 674	0,62
1965.	53 906	3 020	7 369	49 557	2,55
1973.	96 058	19 333	12 044	103 347	4,93
1974.	111 260	21 607	13 598	119 269	5,64
1975.	115 187	18 593	17 488	116 292	5,47
1976.	127 381	16 736	13 334	130 783	6,06
1977.	154 254	17 647	12 085	159 816	7,34
1978.	167 137	16 369	12 296	171 210	7,80

Usprkos dinamičnom razvoju proizvodnje i potrošnje lakova i boja (tabl. 2), Jugoslavija se po potrošnji lakova i boja, uz Grčku i Portugal, nalazi na dnu evropske ljestvice. Potrošnja od 5,5 kg po stanovniku u 1975. godini u Jugoslaviji nalazi se, npr., na razini potrošnje Danske i Belgije u 1955. godini, odnosno Austrije u 1959. godini. Takva potrošnja po stanovniku nalazi se na razini prosječne potrošnje po stanovniku u svijetu. Razlozi relativno niske potrošnje u našoj zemlji nalaze se u još uvijek maloj potrošnji u građevinarstvu, a posebno u održavanju postojećih građevina, te u nerazvijenosti onih industrijskih grana koje su u svijetu najveći potrošači lakova i boja. I ti podaci pokazuju, da s obzirom na univerzalnost primjene lakova i boja, njihova potrošnja može služiti kao indikator razvijenosti neke zemlje.

M. Brizić

LIT.: A. Johanides, Boje i lakovi. Tehnička knjiga, Zagreb 1960. — H. F. Payne, Organic coating technology. John Wiley and Sons, New York 1961—1965. — M. Hess, Paint film defects. Chapman and Hall, London 1964. — T. C. Patton, Paint flow and pigment dispersion. Interscience Publishers, New York 1964. — K. Weigel, Grundlagen zur Lack-Elektrophorese. Holzverlag, Mering 1966. — C. H. Martens, Technology of paints, varnishes and lacquers. Reinhold Book Corp., New York 1968. — H. Kittel, Lehrbuch der Lacke und Beschichtungen, Band I-VII. Verlag W.A. Colom, Berlin-Oberschondorf 1971—1979. — E. W. Flick, Water-based paint formulations. Noyes Data Corp., Park Ridge 1975. — S. T. Harris, The technology of powder coatings. Portcullis Press, London 1976. — W. M. Morgans, Introduction to paint technology. Oil and Colour Chemists' Association, Wembley-Middlesex 1976. — N.I. Gaynes, Testing of organic coatings. Noyes Data Corp., Park Ridge 1977.

M. Brizić, V. Dobrić, L. Favale-Gregurić
N. Janečković, A. Johanides, B. Križanić
A. Malčić, M. Ortner, M. Šikić, M. Tomaš