

Vodeni lakovi

WATER-BASED LACQUERS

Prof.dr.sc. Boris Ljuljka
Mr.sc. Vlatka Jirouš-Rajković
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

UDK 630*829.1

Prispjelo: 05. 05. 1994.

Prihvaćeno: 19. 05. 1994.

Pregledni rad

Sažetak

U svim industrijskim zemljama onečišćenost okoliša dosegla je velike razmjere i već se više godina vodi borba za njegovu zaštitu. Industrija poduzeća za proizvodnju boja i lakova pridružuju se toj borbi razvijajući i usavršavajući premazna sredstva u kojima su neekonomična, zapaljiva i za zdravlje opasna organska otapala zamijenjena jeftinom, nezapaljivom i za zdravlje neopasnom vodom. Tehnologija vodenih lakova za drvo u posljednje se vrijeme naglo razvila. Može se očekivati da će se sve više korisnika odlučiti za tu tehnologiju zbog ekoloških razloga, ali uvođenje vodenih lakova zahtijeva dobro poznavanje njihovih obilježja i problema koji mogu nastati u radu s njima.

U ovom su radu osim sastava vodenih lakova i njihove komparacije s lakovima na bazi organskih otapala obrađeni i specifični problemi primjene vodenih lakova, postupci obrade i recikliranja, što je posebno aktualno u zapadnoeuropskim zemljama.

Glavne riječi: vodeni lak, ekologija, recikliranje, overspray.

Summary

In all industrial countries pollution is very high and environmental protection has been promoted for many years. Paints industry joins in by developing and improving finishes in which non-environmental, and health hazardous organic solvents are replaced with cheap non inflammable and healthfriendly water. Lately, technology of waterborne coating for wood has developed considerably. It could be expected that many manufacturers will choose this technology for ecological reasons, but successful introduction of waterborne products requires familiarity with their properties and problems that could occur when they are used.

Besides the composition of water-based lacquers and this comparison with organic solvent-based Lacquers, this paper discusses specific problems in application and the issue of finishing treatment and that of recycling process, which is very topical in west European countries.

Key words: water-based lacquer, ecology, recycling, overspray.

1. PRIMJENA EKOLOŠKI POVOLJNIH MATERIJALA ZA POVRŠINSKU OBRADU

U projektiranju, rekonstrukcijama i u održavanju pogona za površinsku obradu, uz ostale čimbenike na koje treba pripaziti, posebnu pozornost zaslužuju zakoni i propisi o zaštiti od imisije, održavanju čistoće zraka, maksimalnim dopuštenim koncentracijama tvari u zraku unutar pogona i u prostorima uporabe lakiranih proizvoda, postupci zbrinjavanja odbačenog namještaja (otpada) te mogućnosti recikliranja.

Prvi zakon koji se odnosio na onečišćenost zraka organskim otapalima donesen je u Kaliforniji 1966. godine (Rule 66).

Prvi sličan propis u Njemačkoj izglasan je 1968. godine. Kasnije je donesena poznata uredba TA-Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft.).

Pri primjeni konvencionalnih lakovnih sustava s organskim otapalima uz 20-40% suhe tvari; te od 60 do 80% težinskih udjela otapala deseterostruko se premašuju dopuštene količine para otapala kojima se onečišćuje zrak, a koje su određene propisima nekih europskih zemalja.

Nepostojanje potpune zakonske regulative i propisa u nas ne znači da u dogledno vrijeme i mi nećemo biti suočeni sa svom veličinom tih problema i oštrinom propisa. Stoga je logično traženje izlaza u smanjenoj emisiji otapala, čime se smanjuju i izdaci za materijal, koji nakon što smo ga platili jednostavno odlazi u atmosferu.

Načini smanjenja emisije mogu biti vrlo različiti:

- primjena tehničkih uređaja za smanjenje emisije (apsorpcija, adsorpcija, termičko spaljivanje, katalitičko spaljivanje)

- primjena lakova s minimalnom količinom otapala (lakovi High Solid)

- primjena lakova u kojima je organsko otapalo zamijenjeno ugljik-dioksidom

- primjena lakova u kojima je organsko otapalo više ili manje zamijenjeno vodom - Vodeni lakovi.

Uređaji za spaljivanje lakova su skupi i takvim se spaljivanjem uvelike opterećuje atmosfera ugljik-dioksidom.

Lakovi za drvo High Solid i željene karakteristike postupaka obrade (jednostavan postupak i brzo otvrdnjavanje) u većini slučajeva nisu dovoljno razvijeni.

Lakovi s ugljik-dioksidom počinju se primjenjivati u SAD i Europi.

Vodeni su lakovi svrsishodna alternativa tradicionalnim ili klasičnim lakovnim sustavima (lakovima s organskim otapalima). Naravno, i ti lakovi imaju određene mogućnosti i ograničenja no njihova je primjena sve češća. U početku njihova razvoja govorilo se kako su to jedini lakovi čija je osnovna prednost zadovoljavanje zakonskih propisa, što nikada do tada nije bio osnovni čimbenik razvoja nekog laka. Čini se da će uskoro biti prihvatljivi samo oni sustavi lakova u kojima će udio organskih otapala biti manji od 10%.

U Švicarskoj je sada maksimalna dopuštena količina otapala koja odlazi u zrak 10 kg/sat, a od 1996. godine ta će količina biti 3 kg/sat. U Austriji će se od 1996. godine moći primjenjivati samo lakovi u kojim je udio otapala najviše 10%.

Za lakove s većim udjelom otapala morat će se ugraditi uređaj sa spaljivanjem.

Te zahtjeve (10%) mogu zadovoljiti vodeni lakovi, ali toj cijeloj problematici treba prići vrlo oprezno. Naime, ne bismo smjeli rješavanjem problema onečišćenosti zraka sve probleme prebaciti u vodu. Naime, pri nanošenju vodenih lakova znatan udio završi u otpadnim vodama (čestice koje prođu mimo obratka, voda za ispiranje kabina i uređaja za nanošenje laka i dr.).

Pri primjeni vode kao otapala moramo biti svjesni da će svojstva vode utjecati na svojstva lakova, odnosno da se vodeni lakovi moraju prilagoditi tako da s vodom kao otapalom postignu najviši mogući stupanj kakvoće. Radi usporedbe u tablici 1. navodimo svojstva vode, butanola (polarnog otapala) i ksilena (nepolarnog otapala) (Johanides).

NEKA FIZIKALNA SVOJSTVA VODE,
BUTANOLA I KSIENA
SOME PSYICAL PROPERTIES OF WTER,
BUTANOL AND XYLENE

Tablica 1.
Table I.

Svojstvo	voda	butanol	ksilen
gustoća (g/cm^3)	1,00	0,81	0,87
toplina potrebna da se tekućina temp. 20°C prevede u paru ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)	148	46	31
eterni boj	80	33	13,5
napetost površine pri 20°C (10^{-5}N/cm)	72,5	25,5	29,5

Vidljivo je da je za isparavanje vode nužno više topline nego za organska otapala, a visoka površinska napetost vode može biti uzrokom nepravilnosti na filmu (krateri). Visoka relativna vlažnost okolnog zraka može znatno usporiti sušenje, a kvašenje pigmenata vodom lošije je nego organskim otapalima.

2. OPIS VODENIH LAKOVA

Pod pojmom vodeni lak razumijevamo lakove u kojima je voda otapalo ili medij za dispergiranje veziva. Posebno obilježje vodenih lakova jest da voda zamjen-

juje organske razređivače.

Razlikujemo tri sustava vodenih lakova:

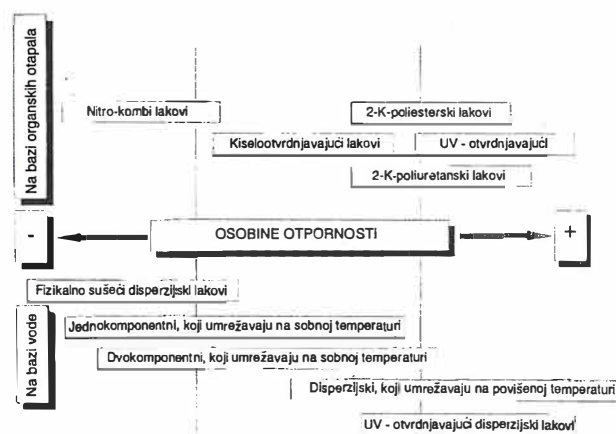
1. vodotopljivi,
2. vodorazrjeđivi za konvencionalno sušenje,
3. vodorazrjeđivi za UV-sušenje,

Vodotopljivost se postiže stvaranjem soli slobodnih karbosičnih skupina s aminima (što se postiže djelovanjem alkalnih spojeva na slobodne karboksilne skupine), kemijskom modifikacijom uvođenjem hidrofilnih funkcionalnih skupina u polimer i uvođenjem posebnih organskih otapala (2). Takvi sustavi osiguravaju ograničenu otpornost filma prema vodi i usprkos vodotopljivosti, uvjetnu ekološku pogodnost.

Vodotopljivi sustavi upotrebljavaju se ponajprije kao temelji na koje se nanose vodootporni završni slojevi. Na drvu se upotrebljavaju prije svega za izolaciju, i to ispod lakova na bazi organskih otapala, te kao kitovi za vlaknate i iverice.

Vodorazrjeđivi lakovi nakon sušenja stvaraju vodootporne filmove i u osnovi se sastoje od emulgiranih ili dispergiranih umjetnih smola. Ti lakovi radi tehničkih obradnih razloga sadrže određen udio organskih otapala (5-15%), ali se razređuju vodom.

Na slici 1. prikazana su na tržištu dostupna veziva koja se primjenjuju za vodene lakove i lakove na bazi organskih otapala (21).



Slika 1. Raspoloživa veziva na tržištu

Fig 1. Binders available on the market

Najdulje poznati sustavi vodenih veziva su oni koji se primjenjuju za lakove što se suše fizikalnim putem (21). Ta su se veziva razvila iz disperzija za fasadne boje. Budući da su u početku imala obilježja fasadnih boja, pri prvim su pokušajima primjene u drvenoj idnustriji pokazala mnoge nedostatke. Upravo zato neki stručjaci vodenim lakovima i danas pripisuju nedostatnu otpornost filma i nepovoljna svojstva pri nanošenju, iako su razvijeni najnoviji jednokomponentni i dvokomponentni sustavi s umrežavanjem pri sobnoj temperaturi i znatno povećanom otpornošću površine. Sustavi koji otvrdnjavaju pri povišenoj temperaturi imaju još bolju otpornost, a iskustva su pokazala da novorazvijeni UV-vodeni lakovi pokazuju najbolja svojstva.

Za lakiranje drva najčešće se upotrebljavaju lakovi

na bazi akrilata ili, bolje, akrilat-kopolimera, i to ponajprije zato što se njihove osobine mogu prilagođavati kopolimerizacijom i zato što su jeftiniji od poliuretanskih disperzija.

Poliuretanske disperzije upotrebljavaju se za lakiranje parketa jer su osobito otporne na habanje. Budući da su poliuretanske disperzije vrlo skupe, većinom se primjenjuju u kombinaciji s akrilat-kopolimerima ili u kopolimeriziranom obliku s akrilatima.

Posebno otpornima pokazali su se UV-vodeni lakovi (21). Kao vezivo u tim se lakovima većinom primjenjuju:

- poliester-akrilat-emulzije
- poliester-emulzije
- akrilat-emulzije-disperzije
- celuloza-nitrat-emulzije.

Primjena odgovarajućeg veziva odnosno kombinacija veziva određuje osobine otvrdnutog filma laka.

Specifična obilježja vodenih UV-lakova za drvo prema Wenzelu (28) jesu:

- reaktivni se razređivač, za razliku od konvencionalnih UV-lakova, ne primjenjuje,
- fotoinicijatori potiču polimerizaciju pod utjecajem UV-zraka određenih valnih duljina
- sinergisti se u UV-vodenim lakovima ne primjenjuju
- inhibitori-stabilizatori nisu potrebni
- emulgatori se primjenjuju za stabiliziranje vodenih UV-sustava
- specijalni aditivi poboljšavaju brisavost, glatkoću površine itd.
- sredstva za matiranje rabe se za postizanje željenog stupnja sjaja
- sadrže male količine kosolventnih otapala (manje od 5%).

Često pri obradi profiliranih elemenata i trodimenzionalnih dijelova namještaja nije dovoljno čisto UV-otvrdnjavanje, poznato kao Mono-Cure sustav, nego je osim UV-otvrdnjavanja nužna i druga vrsta otvrdnjavanja. Kada govorimo o dva sustava otvrdnjavanja, govorimo o Double-Cure sustavu otvrdnjavanja.

Drugi mehanizam otvrdnjavanja mora osigurati otvrdnjavanje onih dijelova koji su pri UV-otvrdnjavanju u sjeni, te otvrdnjavanje debljih slojeva i problematičnih zona. Za postizanje toga teorijski su moguće četiri Double-Cure varijante:

1. UV-otvrdnjavanje kombinirano s oksidacijskim otvrdnjavanjem,
2. UV-otvrdnjavanje kombinirano s otvrdnjavanjem pomoću kiselina,
3. UV-otvrdnjavanje kombinirano s izocijanatnim otvrdnjavanjem,
4. UV-otvrdnjavanje kombinirano s fizikalno sušećim vezivima,

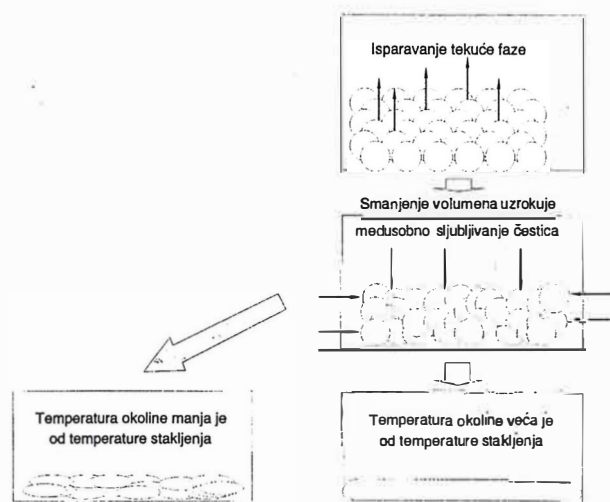
Budući da je oksidacijsko otvrdnjavanje previše sporo, a često je neslaganje s UV-smolom, a kiselo otvrdnjavanje nepovoljno zbog izdvajanja formaldehida, ostaje kombinacija s izocijanatnim otvrdnjavanjem i fizikalno sušećim vezivima (2).

3. USPOREDBA VODENIH I KLASIČNIH LAKOVA

Lakovi na bazi organskih otapala imaju velik postotni udio nepolarnih otapala, a vodeni lakovi imaju isključivo polarno otapalo jer je voda kao glavno otapalo polarno. Što je otapalo polarnije, to je veći učinak bubrenja i hrapavljenja površine. Između vode i drva javlja se uzajamno djelovanje, jer drvo sadrži brojne kemijske skupine koje reagiraju s vodom. Posljedica toga je bubrenje odnosno dizanje vlaknaca.

Otapala konvencionalnih lakova mnogo su nepolarnija od vode i zato slabije reagiraju s drvom i manje hrapave površinu. Upravo zbog jačeg dizanja vlaknaca pri radu s vodenim lakovima veću pozornost treba pridati brušenju. Preporučuje se brušenje granulacijama 150,180,240, zatim nanošenje tankog temeljnog sloja (60-80 g) i konačno dobro brušenje tog temelja, nakon čega slijedi nanošenje završnih slojeva (1).

Zbog različitosti u stvaranju filma nakon nanosa vodenih lakova u usporedbi s lakovima na bazi organskih otapala mogu nastati problemi poput smanjene penetracije vodenog laka u podlogu, nastajanja različitih učinaka na površini (živost teksture) i problemi u postizanju visokog sjaja vodenih lakova. Proces sušenja disperzija mnogo je složeniji od procesa fizikalnog sušenja sustava na bazi organskih otapala. Na slici 2. prikazano je stvaranje filma u disperziji pri određenoj temperaturi sušenja (prema 21).



Slika 2. Stvaranje filma kod disperzija

fig 2. Film forming by dispersion

Isparavanjem vode smanjuje se volumen, što uzrokuje međusobno sljubljivanje čestica polimera. Ako je okolna temperatura mnogo viša od temperature stakljenja polimera, stvaranje filma je optimalno. Ako je, pak, okolna temperatura niža od temperature stakljenja polimera, nema sljubljivanja pojedinih čestica disperzije te u ekstremnom slučaju nakon sušenja na površini ostaje bijeli prah. Kada su temperatura stakljenja i okolna temperatura približno jednake, tog ek-

stremnog slučaja nema i osušeni film, gledajući golim okom, može izgledati dobro iako zapravo ima veliku poroznost koja se može primijetiti samo mikroskopom. Zato je vrlo važno da pri sušenju običih disperzija temperatura sušenja znatno premašuje temperaturu stakljenja polimera. Budući da je drvo osjetljivo na povišenu temperaturu, s običnim disperzijama nije bilo moguće nanositi polimere visoke tvrdoće. Lakirani su proizvodi bili skloni sljepljivanju u složaju ili se morala odabrati kompromisna temperatura sušenja, što je rezultiralo manjkavim stvaranjem filma, a posljedica toga bila je smanjena otpornost na kemikalije i vodu. Mogućnost kontroliranja morfologije disperzije za vrijeme procesa polimerizacije znatno je pridonijela rješavanju tih problema (21). Disperzijski su lakovima za razliku od tradicionalnih, praktično uvijek pseudoplastični, što znači da se s povećanjem brzine smicanja njihova viskoznost smanjuje. Posljedica toga je činjenica da je viskoznost pri maloj smicajnoj sili, npr. pri jednostavnom miješanju ili mjerenju brzine istjecanja, sasvim drukčija od viskoznosti pri silama smicanja stroja za nanošenje laka (pištolja za štrcanje ili naljevačice). I u tom je području zabilježen znatan napredak jer pomoću novih sredstava za modifikaciju reologije disperzijski lakovi postižu osobine newtonskih tekućina.

Otpornost vodenih lakova, u usporedbi s otpornošću lakova na bazi organskih otapala, ovisi o tome o kojoj je vrsti vodenog laka riječ. UV-vodeni lakovi ispunjavaju sve tražene zahtjeve, kao i lakovi na bazi organskih otapala. Inače se vodenim lakovima najčešće pripisuje otpornost NC-lakova, s većom otpornošću na ogrebotine.

4. SPECIFIČNI PROBLEMI PRIMJENE VODENIH LAKOVA

Osim jačeg podizanja drvnih vlakana, potrebno je imati na umu i ostala obilježja vodenih lakova koja mogu uzrokovati specifične probleme.

Dok lakovi na bazi organskih otapala mogu fizikalno otvrdnjavati brže ili sporije pri gotovo svim temperaturama uobičajenim u praksi, za vodene lakove postoji minimalna temperatura stvaranja filma (MFT) ispod koje disperzijske čestice više ne stvaraju film. Dodatkom određenih organskih otapala MFT se može smanjiti, ali reguliranje MFT na taj način ima slijedeći nedostatak: kada se radi s tvrdim polimerima, potreban je veći udio organskih otapala, što nije poželjno zbog ekoloških razloga. Da bi se to izbjeglo, danas je moguće mijenjati morfologiju polimera (21), no kako su za lakiranje namještaja nužni filmovi visoke tvrdoće, primjenom tih novih polimera ne mogu se potpuno izbjeći pomoćna organska otapala iako je njihov udio u sastavu laka danas mnogo niži.

Za postizanje optimalnog filma vodenih lakova nije dostatno da samo lak bude određene temperature (najčešće između 14 i 15 °C a prema nekim autorima i 15-18 °C) nego i obradak treba biti te temperature.

Za optimalno raspršivanje vodenih lakova potrebno

je više energije nego za konvencionalne sustave. Općenito se pokazalo da je nalaženje i odabir najpovoljnijih parametara obrade vodenim lakovima važniji nego kad je riječ o konvencionalnim sustavima. Zbog veće toplinske energije za isparavanje vode iz vodenih lakova treba računati s većim vremenom otparavanja. Da bi se to vrijeme smanjilo, potrebno je povećati brzinu zraka i temperaturu (30-40 °C) ili je nužno primijeniti odgovarajuće zagrijavanje mokrog filma npr. infracrvenim zračenjem.

Pri radu s vodenim lakovima može nastati obojenje zbog ekstraktivnih tvari u drvu. To se može dogoditi i pri radu s konvencionalnim lakovima, no kad je riječ o vodenim lakovima, to obojenje može biti pojačano jer su neki sastojci drva u alkalnoj vodi bolje topljivi nego u organskim otapalima i mogu reagirati s česticama laka (najpoznatije je zeleno obojenje hrastovine).

Zato je neobično važno da kod vrsta drva s visokim sadržajem ekstraktivnih tvari pH vrijednost laka bude između 7 i 8 da sušenje bude što brže.

Poznato je da se prirodna boja drva osvježi nakon nanošenja prozirnih lakova. I najmanji ostaci zraka u pojedinim porama ispod temeljnog laka rezultiraju mutnom slikom površine. Zbog visoke površinske napetosti vode taj problem je mnogo izrazitiji pri uporabi vodenih lakova. Znatno utjecaj na to ima sastav i morfologija polimera koji se primjenjuje u temeljnom sloju.

Duboki, tamni tonovi ispod vodenog laka izgledaju drukčije nego npr. ispod NC laka ili PU-laka, ali mogućnošću toniranja vodenog laka taj se problem smanjuje. Za svijetle i srednje tonove tih poteškoća nema. Filmovi vodenih lakova na bazi akrilata, koji se primjenjuju za obradu prozora, skloni su blokiranju (međusobnom sljepljivanju). Ta je činjenica prisilila proizvođače prozora na promjene u ručkovanju lakiranim prozorima. Treba naglasiti da vodeni lakovi koji se rabe za lakiranje prozora nemaju nikakvo biocidno djelovanje i prije njihova nanošenja drvo je potrebno obraditi sredstvom za zaštitu od biorazgradnje.

Ispod vodenih lakova ne mogu se primjenjivati uobičajena vodena moćila, ali se ona specijalnim dodacima mogu podesiti i primijeniti ispod vodenih lakova.

5. POSTUPCI OBRADE VODENIM LAKOVIMA

U postupcima obrade vodenim lakovima možemo analizirati:

- postupke nanošenja
- sušenje-otvrdnjavanje
- postupke vezane za specifično područje uporabe.

Postupci nanošenja

Općenito se može reći da se pri uporabi vodenih lakova primjenjuje zračno i bezračno štrcanje, airmix-štrcanje, elektrostatsko štrcanje, valjanje, nalijevanje, uranjanje i oblijevanje.

Za sve postupke potrebna je određena prilagodba laka opreme i obratka, a oprema mora biti antikorozijska

jer je riječ o vodi. Specifičnost vodenih lakova jest sklonost pjenjenju pa se oprema mora i tome prilagoditi. Električna oprema može biti obične izvedbe jer se ne radi s eksplozivnim materijalom. Navlaživanje površine vodom uvijek izaziva podizanje vlaknaca pa će ta pojava biti zamjetna i nakon lakiranja vodenim lakom (tu pojavu uzrokuju i tradicionalni lakovi, ali u manjem opsegu). Za nanošenje vodenih lakova na profilirane elemente dobrima su se pokazali strojevi s vakuumskim provlačenjem (vacumat).

Pri štrcanju lakova s konvencionalnim otvrdnjavanjem na vertikalne plohe bolji se rezultati postižu tehnikama toplog štrcanja (temperatura ne smije biti viša od 45°C). Uporabom vrućeg zraka za štrcanje Hot-air system se pokazao, uz zagrijavanje laka, vrlo povoljnim. U tom se slučaju sprečava hlađenje čestica zbog isparavanja otapala. Zrak zagrijan na 50 do 60°C omogućuje da lak unatoč ekspanziji i isparavanju dospjeva na podlogu zagrijanu na 20-30°C, a pri toj se temperaturi dobro razlijeva i penetrira u podlogu.

Određena ograničenja postoje pri močenju u tamne tonove uz oživiljenu teksturu. S UV-vodenim lakovima tih problema nema. Vrlo je važna i točna temperatura laka, obratka i uvjeta u kabini.

Osim zagrijavanja, zrak je potrebno i navlažiti do 60-70%-tne vlažnosti (zrak mora sadržavati određenu količinu para otapala odnosno vode), da čestice na putu do obratka ne bi previše isušivale i da bi se lak bolje razlio.

Promjeri sapnica malo su manji, a tlakovi nešto veći nego za konvencionalne lakove, ali u tome ne valja pretjerati jer se može postići veći overspray (više čestica prolazi mimo obratka). U skladu s navedenim, pri raspršivanju laka rotacijskim tijelima brzina rotacije mora biti povećana.

Pri nanošenju bezračnim štrcanjem osjetljivost vodenih lakova osobito je velika. To se može lako objasniti krupnijim česticama pri bezračnom štrcanju u usporedbi sa zračim te težim raspršivanjem vodenih lakova nego tradicionalnih. Promjer sapnice pritom nema većeg utjecaja na raspršivanje, a odlučujući utjecaj imaju protok i tlak laka. Kut sapnice utječe na veličinu čestica, pa sapnica s većim kutom daje sitnije čestice i bolju kakvoću površine.

Viskoznost u granicama 30 - 100 s prema DIN-u ima jedva zamjetan utjecaj na veličinu čestica.

Pri nanošenju temeljnog sloja (grundiranju) na građevnu stolariju vodeni se lakovi sve češće primjenjuju u postupcima oblijevanja (fluten). Tako je uranjanje u golemim bazenima i velikim količinama materijala zamijenjeno uređajima za oblijevanje, pri čemu je radna količina materijala 50 l.

Sušenje - otvrdnjavanje

Budući da je hlapljivost vode i organskih otapala visokog vrelišta manja od hlapljivosti tradicionalnih organskih otapala, a nakon nestanka vode čestice laka, moraju se sljubiti i međusobno povezati, sušenje tih lakova ne može se provesti na temperaturama nižim od 18°C, a vrijeme otparavanja mora biti dovoljno dugo.

To sve otežava primjenu vodenih lakova pomoću postojećih uređaja. Temeljni se sloj mora posušiti da bi se mogao nanijeti pokrivni lak. Zagrijavanje infracrvenim zrakama pridonosi bržem otvrdnjavanju, no važno je provesti i sušenje toplim zrakom. Pritom brzina strujanja zraka nema bitnu zadaću, pa je za proces sušenja, čini se, važnija difuzija otapala u laku do površine nego brzo uklanjanje para s površine.

Mikrovalno bi otvrdnjavanje moglo biti rješenje za vodene lakove jer bi se relativno selektivno zagrijavao samo lak.

VF-zagrijavanje zanimljivo je za sušenje vodenih lakova. Provedena su ispitivanja (10) u pokusnom kanalu s VF-generatorom od 16 kW, 27,12 MHz, radnom širinom kanala 1,2 m, pomakom 5 m/min, vodenim lakom nanesenim u količini 80 g/m². Površina drva zagrijavana je do 30°C, utrošena je energija bila 18,57 kWh, a troškovi sušenja uz 80%-tno iskorištenje površine trake transportera iznosila su 2 pfeniga/m² (0,051 kWh/m²).

Dobri rezultati postignuti su i s UV-vodenim lakovima tako da je drvo najprije sušeno u VF-kanalu, a zatim u UV-kanalu.

Naravno, VF-sušenjem istjeruje se samo voda, a na organska se otapala ne može utjecati.

6. RECIKLIRANJE VODENIH LAKOVA

(Riječ recikliranje označava ponovnu upotrebu otpadaka u proizvodnom procesu.)

U površinskoj obradi, bez obzira na vrst laka, nemoguće je izbjeći nanošenje laka štrcanjem unatoč najvećim gubicima u procesu nanošenja u usporedbi s ostalim postupcima. Među gubicima laka pri štrcanju najznatniji su gubici u oversprayu - česticama koje prolaze mimo obratka i završavaju na stijeni odnosno vodenoj zavjesi kabine za štrcanje.

Recikliranje tih čestica bila bi velika prednost pri lakiranju svakom vrstom laka, pa tako i pri primjeni vodenih lakova.

Načelni postupci recikliranja su sljedeći:

1. hvatanje laka i vraćanje u postupak nanošenja,
2. koncentriranje otopljenog laka,
3. koaguliranje ispranog laka i prevođenje u lak,
4. koaguliranje i pretvaranje u koncentrat veziva i pigmenta,
5. koaguliranje, koncentriranje i prevođenje koncentrata veziva, pigmenta i koagulantu u punilo.
6. odljevci
7. punilo za bitumensku antikorozijsku zaštitu i ugradnja u materijale za prigušivanje zvuka,
8. spaljivanje.

Neposredno hvatanje laka ekološki je najvrednija varijanta.

Hvatanje laka ili sustav "lak u lak" potpuno je nov koncept recikliranja vodenih lakova. Taj se sustav već nekoliko mjeseci primjenjuje u dva postrojenja za štrcanje, a postupak je i patentiran.

Cilj spomenutog sustava jest:

- recikliranje overspraya
- sprečavanje stvaranja otpada iz kabina
- lakiranje bez otpadnih voda
- izbjegavanje troškova za koagulacijska sredstva
- velike uštede i kratki rokovi amortizacije.

Pri tom postupku u kabinama umjesto vode cirkulira lak, kojem se stalno mjeri i prilagođuje pH i viskoznost. Overspray se raspršuje neposredno u lak pa se tako praktično postiže 100%-tno iskorištenje laka, uz ostale već navedene prednosti. Lak se nakon toga filtrira i dodaje novodopremljenom laku.

Ekonomičnost otpupka dobivamo iz računice:

(obradba u ručnoj ili mehaniziranoj kabini)

utrošak laka	20 kg/dan
overspray, 50%	40 kg/dan
cijena vod. laka	8 DEM/kg
troškovi zbrinjavanja otpada od koaguliranog laka	1500 DEM/t
Ušteda je:	
- reciklirani overspray	
90% x 40 kg x 8 DEM =	288 DEM/dan
- troškovi ya koagulate	30 DEM/dan
- zbrinjavanje otpada koaguliranog laka i	
otpadne vode 90 kg x 1,5 DEM-kg =	135 DEM/dan
Ukupna ušteda po danu	453 DEM
ili godišnje	99.660 DEM

Koncentriranje otopljenog laka vjerojatno je najčešća mogućnost recikliranja. Voda koja cirkulira u kabini skuplja u sebi čestice laka iz overspraya, te se nakon nekog vremena uzima iz kabine i podvrgava posebnom postupku povećanja koncentracije, sve do postizanja ishodne koncentracije laka. Postupak povećanja koncentracije može biti:

- termički, s niskotemperaturnim uparavanjem membranski, tj. ultrafiltracija
- elektroforetičko odjeljivanje
- hibridni postupak (kombinacija).

Niskotemperaturnim uparavanjem u praksi su postignuti dobri rezultati s vodenim lakovima koji otvrdnjavaju pod utjecajem ultraljubičaste svjetlosti (UV-vodeni lakovi). Voda iz kabina uzima se povremeno ili se neprekidno dovodi u isparivač, gdje pretežni dio vode ispari pri temperaturi 40-50°C te se nakon toga kondenzira. Kondenzat se vraća u proces, a koncentrat laka uzima proizvođač laka i upotrebljava ga za ponovnu proizvodnju. Oprema za ovaj postupak je skupa, pa je primjena ograničena na samo neke materijale. Smatra se da je u većini slučajeva, ako osim uparavanja alternativno primjenjujemo ultrafiltraciju, posljednji postupak prihvatljiviji.

Pri ultrafiltraciji voda se uzima diskontinuirano (nakon završetka rada) ili kontinuirano te se filtrira sve dok se ne postigne početna viskoznost laka ili viskoznost za raspršivanje.

Filtrirana se voda vraća u postupak. Reciklirani se lak primjenjuje neposredno, miješajući se s novim lakom i odmah se rabi ili se šalje proizvođaču laka na doradu.

Za taj postupak nužno je imati:

- kabinu (nema sedimentacije u kabini, ne smije biti pjenjenja, mora biti volumen vode malen, a kakvoća vode zadovoljavajuća,
- uređaj za lakiranje (ne smije nastati onečišćenje, uređaj se mora pažljivo održavati, kontrolirati parametre laka, valja izbjegavati teškoće pri promjeni isporučitelja).
- lak (prikladan za ultrafiltriranje, s velikom mogućnosti razrjeđivanja vez nepovratnih pojava, s neznatnim pjenjenjem).

Primjer primjene recikliranja

Proizvođač stolaca odabrao je za svoju liniju UV-vodeni lak s recikliranjem overspraya radi zadovoljenja zakonskih propisa o emisiji otapala te zbog problema sa zbrinjavanjem otpadnog taloga iz kabina.

Na stolce na koje je prije lakiranja nanešeno močilo automatski se nanosi transparentni vodorazrjeđivi lak kao temeljni i kao pokrivni sloj.

Dnevna količina overspraya iznosi oko 90 kg, a voda iz kabina filtrira se tako dugo dok se ne postigne koncentracija od 40% i šalje proizvođaču laka na doradu, a razmišlja se i o doradi na mjestu uporabe.

Postignuta ušteda osigurala je amortizaciju uređaja za recikliranje za manje od tri godine.

Koaguliranje overspraya moguće je provesti:

1. elektrokemijskim postupkom,
2. dodatkom koagulant.

Voda koja ostaje nakon koagulacije onečišćena je i njezino izravno ispuštanje u kanalizaciju, uz određen stupanj onečišćenosti pojedinim tvarima, ovisi i o zakonskim odredbama. Najjednostavnije rješenje tog problema jest isušivanje te vode u plitkom bazenu, te bacanje taloga u obični otpad. Složenija su rješenja uređaji za tehničku obradu vode.

Pri koagulaciji je poseban problem utjecaj sastava i karakteristike pojedinog laka na postupak i izbor koagulant.

Potrebno je napomenuti i to da osim brige o recikliranju treba imati na umu i brigu o smanjenju overspraya. Smanjenje overspraya možemo postići:

- većom gustoćom slaganja obradaka
- optimizacijom raspršivanja laka
- elektrostatičkim lakiranjem.

Tema je sama za sebe vrlo široka i u ovom je radu nije moguće detaljno obraditi.

Očito je da recikliranje vodenih lakova otvara osobitu mogućnost uštede laka i smanjenja opterećivanja okoline.

LITERATURA

- [1] Bauks, R.: Wasserlacke - eine Podiumsdiskussion zum aktuellen Wissensstand I-Lack 56 (1988)9, 312-316
- [2] Baumann, H.: Widerstandsfähige UV-Wasserlacke für die Beschichtung von Holzflächen und dreidimensionalen Möbelteilen I-Lack 61 (1993)4, 144-147.
- [3] Berger, E.: Marschiert die europäische Gesetzgebung in Richtung Wasserlack; I - Lack 61 (1993)10, 354-358.
- [4] Bolz, O.: Wasserlack-Recycling aus Sicht des Anlagenherstellers I-Lack 61 (1993) 10, 349-353.

- [5] Burckhardt, W.: Neue industrielle anstrichsysteme in Europa I-Lack 46 (1978)8, 265-269.
- [6] Busch, B.: Erfahrungen bei der Applikation von Wasserlacken I-Lack 57(1989)2, 55-59.
- [7] Busch, B.: Untersuchungen zur Applikation und Trocknung von Wasserlacken Farbe+lack 96(1990)5, 331-335.
- [8] Drckerhof, K.: Möbellackierung mit emissionsarmen Lacksystemen I-Lack 60 (1992)1, 7-13.
- [9] Fabriz, S.: Umweltfreundliche Lacksysteme HK 1977, 2, 102-126.
- [10] Gefahrt, J.: Hochfrequenz-Verfahren zur Trocknung von Wasserlacken HK 1992, 2, 138-141.
- [11] Grupa autora: Lackieren von Holz-Möbelberflächen VDI - Verlag GmbH, Dusseldorf 1979.
- [12] Hansemann, W.: Stand und Verwendung der emissionsarmen Möbellacke I-Lack 62 (1994)4, 115-119.
- [13] Hoffmann, U.: Möglichkeiten zum Wasserlackeinsatz in der Holz- und Möbelindustrie I-Lack 61 (1993)6, 201-205.
- [14] Hoffmann, U.: Oversprayreduzierung beim Spritzlackieren I-Lack 61 (1993)8, 275-278.
- [15] Jensen, B.: Wassrige Fensterlacke und systemgerechte Applikationsmethoden I-Lack 61 (1993)6, 206-209.
- [16] Johanides, A.: Boje i lakovi koji se razređuju vodom Kemija u industriji 1975, 2, 71-77.
- [17] Kotnik, D.: Površinska obdelava v izdelavi pohištva lesarska založba, Ljubljana 1990.
- [18] Lauter, N.: Umweltfreundliche Lackapplikation HK 1988, 7-8, 728-731.
- [19] Ljuljka, B.: Površinska obrada drva, Sveučilište u Zagrebu 1990.
- [20] Marcinek, C., Swora, D.: Industrielle Erfahrungen lufttrocknender 1K-Wasserlacke und Entwicklungsstand wasserdünnter 2K-Systeme I-Lack 61 (1993)11, 403-405.
- [21] Riemann, S.: Entwicklungsstand der wässrigen Lackierung von Möbeln und Schreinerartikeln I-Lack 61 (1993)8, 291-294.
- [22] Ruter, W.: Elektrostatische Lackierung mit Wasserlack HK 1988, 7, 723-724.
- [23] Schaebs, W.: Wasserlackverarbeitung in der Holz- und Möbelindustrie HK 1992, 4.
- [24] Schaebs, W.: Wasserlacke statt lösemittelhaltige produkte HK 1991, 9, 1100-1102.
- [25] Schlessinger, M.: Wasserlacke - die umweltschonende Alternative in der Lackierung I-Lack 62(1994)3, 87.
- [26] Schmitz, G., Emmrich, D.: Umweltfreundliche, wässrige Lacksysteme für die Holzfensterindustrie I-Lack 57(1989)2, 61-63.
- [27] Schöning, T.: Neues Lack-Recycling-Verfahren für Wasserlacke I-Lack 62 (1994)4, 123-126.
- [28] Wenzel, D., Freiberg, S.: Aktuelle Oberflächentechnologien HK 1991, 3, 318-319.

Zahvala recenzentima

Uredništvo "Drvene industrije" u ovoj prilici želi iskazati svoju zahvalnost svim članovima Uredničkog odbora i recenzentima na doprinosu u izdavanju i održavanju kvalitete našeg časopisa u volumenu 44 (1993).

Recenzenti znanstvenih članaka jedan su od osnovnih oslonaca u instituciji znanstveno-stručnog časopisa. Oni svojim dobronamjernim i nesebičnim sudjelovanjem u radu Uredništva određuju karakter i kvalitetu tiskanih radova, a time neposredno oblikuju sadržaj i profil časopisa. Njihova je pomoć dragocjena i samim autorima jer već sam poticaj i recenzija vrhunskih stručnjaka određenog područja pridonose objavljivanju rezultata mukotrpnog rada u najboljem mogućem izdanju. Smisao objavljivanja radova jest dobrobit naših čitatelja, te se nadamo da će i oni cijeliti doprinos recenzenata pripremi radova za tisak.

Osim zahvalnosti članovima Uredničkog odbora, koji su marljivo sudjelovali u ocjeni i izboru radova za tisak, te Uredništvu i svim recenzentima časopisa "Les", s kojima ćemo nastaviti uspješnu dugogodišnju suradnju i na ovom području, osobitu zahvalnost upućujemo sljedećim recenzentima radova objavljenih u 44. godištu "Drvene industrije":

prof. dr. sc. Francu Merzelju, Biotehniška fakulteta Ljubljana
 prof. dr. sc. Saši Pirkmeieru, Biotehniška fakulteta Ljubljana
 prof. dr. sc. Vesni Tišler, Biotehniška fakulteta Ljubljana
 doc. dr. sc. Nevi Scotti, Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Mladenu Bifflu, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Marijanu Brežnjaku, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Vladimiru Bručiju, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Mladenu Figuriću, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Borisu Ljuljki, Šumarski fakultet Zagreb
 doc. dr. sc. Franji Penzaru, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Božidaru Petriću, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Stanislavu Severu, Šumarski fakultet Zagreb
 prof. dr. sc. Stjepanu Tkalecu, Šumarski fakultet Zagreb

Nadamo se da će doprinos recenzenata i u budućem radu Uredništva osiguravati uspješnost i vrijednost časopisa.