

MILAN JAIC,
TANJA PALIJA

Originalni naučni rad
UDC:667.636.4

Uticaj vrste drveta i sistema površinske obrade na adheziju premaza

U radu je ispitivan uticaj drvene vrste i formulacije premaza u završnom sloju na vrednosti adhezije očvrstnalog filma premaza. Uzorci smrče i hrasta lakirani su 2K poliuretanskim premazom u osnovnim sloju, dok su u završnom sloju korišćene tri vrste premaza: 2K poliuretanski, 2K akril-izocijanatni i 2K alkid-uretanski premaz. Merenje adhezije je vršeno metodom rešetke i metodom pečatnika. Lakirani uzorci hrasta pokazali su od 27,41 do 38,98 % više vrednosti adhezije mereno metodom pečatnika, u odnosu na lakirane uzorke smrče. U poređenju različitih vrsta premaza u završnom sloju najviše vrednosti adhezije, mereno metodom pečatnika, pokazali su 2K akril-izocijanatni (3,72 MPa za uzorke smrče i 5,45 MPa za uzorke hrasta) i 2K alkid-uretanski premaz (3,76 MPa za uzorke smrče i 5,49 MPa za uzorke hrasta). Određena odstupanja u oceni adhezije metodom rešetke u odnosu na vrednosti adhezije dobijene metodom pečatnika pokazala su neophodnost primene više metoda u vrednovanju adhezije očvrstnalog filma premaza na površini drveta.

Ključne reči: drvo, premaz, adhezija, završni sloj

1. UVOD

Zadatak površinske obrade drveta jeste zaštita površine drveta od negativnih faktora okoline uz očuvanje i/ili poboljšanje estetskih svojstava podloge [1]. Faktori okoline kojima proizvodi od drveta mogu biti izloženi tokom upotrebe su različiti, pa je cilj ostvariti što više vrednosti mehaničkih svojstava lakirane površine, kako bi se produžio "životni vek" samog proizvoda. Iako visoke vrednosti mehaničkih svojstava lakirane površine garantuju visoku otpornost površine prema dejstvu brojnih mehaničkih opterećenja, one nisu garancija zaštite drveta ukoliko nije ostvarena kvalitetna veza između premaza i podloge [2]. Smatra se da je adhezija fundamentalno svojstvo koje utiče na trajnost i otpornost lakirane površine [3]. Terminom adhezija obuhvaćeni su složeni mehanički i hemijski mehanizmi vezivanja koji se odvijaju između premaza i podloge.

Istraživanja su pokazala da vrednosti adhezije zavise, pre svega, od materijala koji su u neposrednom kontaktu: drveta i premaza u osnovnom sloju. U cilju rasvetljavanja uticaja drveta, sa stavnovišta anatomske građe, na vrednosti adhezije, u radu su korišćeni uzorci dve drvene vrste, predstavnika lišćara - hrast i predstavnika četinarara – smrča.

Prethodna ispitivanja su pokazala da varijacija vrste premaza u završnom sloju utiče na vrednosti mehaničkih svojstva lakirane površine [4], između ostalih i na otpornost na grebanje. Budući da neki

autori [5] svrstavaju otpornost na grebanje u jednu od metoda merenja adhezije premaza, cilj je bio utvrditi da li formulacija premaza u završnom sloju ima uticaja na vrednost adhezije, mereno konvencionalnim metodama. Svi uzorci su lakirani poliuretanskim osnovnim premazom u dva sloja, dok su za završno lakiranje korišćene tri različite vrste premaza: 2K poliuretanski premaz, 2K akril-izocijanatni premaz i 2K alkid-uretanski premaz.

Za kvalitativnu i kvantitativnu ocenu adhezije korišćene su dve najzastupljenije metode: metod rešetke (cross-cut metod) i metod pečatnika (pull-off method).

2. MATERIJAL I METODE

U ispitivanju su korišćeni uzorci dve drvene vrste: smrče (*Picea abies* Karst.) i hrasta (*Quercus robur* L.). Uzorci su dobijeni izrezivanjem iz dasaka iz tangencijalnog reza na dimenzije 200x100 mm. Vlažnost uzorka smrče iznosila je 7,76%, dok je vlažnost uzorka hrasta iznosila 9,24%, mereno gravimetrijskom metodom. U cilju dobijanja ravne i glatke površine uzoraka izvršeno je brušenje uzoraka sa gornje strane na širokotračnoj brusilici (proizvođača CASOLIN) sa jednim agregatom sa pritisnom gredom. Brzina brušenja je iznosila 17 m/s, a brzina pomoćnog kretanja 20 m/min. Brušenje je izvršeno u trostepenom sistemu korišćenjem sledećih numeracija brusne trake: N⁰ 100, N⁰ 150 i N⁰ 200.

Nakon brušenja uzorci su lakirani osnovnim 2K poliuretanskim premazom, proizvođača „Zorkacolor“, Skoplje. Osnovni premaz nanet je u 2 sloja vazдушnim prskanjem, uz primenu pritiska od 3 bara. Prečnik mlaznice pištolja je iznosio 1,2 mm. Tokom

Adresa autora: Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1

Rad primljen: 20. 08. 2012.

prskanja održavano je konstantno rastojanje pištolja od predmeta od 250 mm. Prskanje je obavljeno u kontrolisanim uslovima radne sredine ($t=20^{\circ}\text{C}$, $\varphi=60\%$).

Nakon očvršćavanja osnovnog premaza uzorci su lakirani nanošenjem završnog premaza u jednom sloju. Kako bi se ispitao uticaj formulacije premaza u završnom sloju na adheziju sistema premaza, korišćene su tri formulacije završnog premaza: 2K poliuretanski, 2K akril-izocijanatni i 2K alkid-uretanski

premaz, proizvođača „Zorkacolor“, Skoplje. Svi premazi pripremljeni su mešanjem komponenti A i B neposredno pre samog nanošenja. Odnos komponenti A i B, osnovna svojstva i količine nanosa za pojedine vrste premaza prikazani su u tabeli 1. Sva tri završna premaza naneta su istim postupkom kao i osnovni premaz, pri čemu su parametri obrade bili nepromenjeni.

Tabela 1. Osnovna svojstva i parametri pripreme i nanošenja 2K poliuretanskog, 2K akril-izocijanatnog i 2K alkid-uretanskog premaza

Tip premaza	Osnovni premaz		Završni premaz					
	2K poliuretanski premaz		2K poliuretanski premaz		2K akril-izocijanatni premaz		2K alkid-uretanski premaz	
Komponenta	A	B	A	B	A	B	A	B
Sadržaj suve supstance (%)	46-50	39-45	46-50	55-65	42-48	57-67	43-47	39-45
Gustina (g/cm^3)	0,9-1,1	0,98-1,15	0,98-1,1	0,98-1,15	0,9-1,1	1,0-1,2	0,9-1,1	0,98-1,15
Odnos komponenti	2:1		1:1		5:1		2:1	
Količina nanosa (g/m^2)	180±5%		180±5%		150±5%		170±5%	

2.1. Određivanje adhezije premaza metodom rešetke

Određivanje adhezije premaza metodom rešetke vršeno je u skladu sa standardom EN ISO 2409. Princip određivanja adhezije zasniva se na vrednovanju otpornosti filma premaza na zasecanje. Metod rešetke podrazumeva zasecanje lakirane površine, povlačenjem 6 paralelnih sečiva pod uglom od 45° u odnosu na pravac drvnih vlakana. Uz pomoć istih sečiva vrši se zasecanje prethodno formiranih rezova pod uglom od 90° , čime se dobija rešetka na lakiranoj površini. Na osnovu izgleda dobijene rešetke vrši se ocena adhezije premaza. Najniža ocena (0) podrazumeva rešetku sa glatkim i ravnim ivicama, dok najviša ocena (5) podrazumeva potpuno razrušenu rešetku. Za određivanje adhezije metodom rešetke korišćen je instrument Elcometer 121-4. Sečiva su postavljena na rastojanju od 3 mm, što je u skladu sa izmerenom debljinom suvog filma premaza (od 218 do 319 μm), primenom ultrazvučnog merača (PosiTector 200 Series, proizvođač DeFelsko). Da bi dobijeni rezultat bio validan, neophodno je da sečiva prodiru do površine podloge. Provera dubine prodiranja sečiva kroz masu premaza utvrđena je nanošenjem mastila (metilen indikatora) na površinu rešetke. Obojavanje drveta ispod linija rešetke znak je prodiranja sečiva do površine podloge. Istovremeno na ovaj način omogućeno je preciznije ocenjivanje stanja rešetke. Broj uzoraka na kojima je vršeno određivanje adhezije

metodom rešetke je 18 (po 3 merenja za svaku grupu uzoraka). Zbog neusaglašenosti ocena adhezije u okviru jedne grupe uzoraka, navedene su ocene adhezije svih uzoraka, što je u skladu sa standardom EN ISO 2409. Na slici 1 prikazan je instrument za merenje adhezije metodom rešetke.



Slika 1. Merenje adhezije metodom rešetke na uzorku hrasta

2.2. Određivanje adhezije premaza metodom pečatnika

Određivanje adhezije premaza metodom pečatnika vršeno je u skladu sa standardom EN ISO 4624, pomoću instrumenta PosiTector AT-A, proizvođača DeFelsko. Metod pečatnika jeste destruktivni način određivanja otpornosti na istezanje premaza sa površine drveta. Otpornost na istezanje se dobija kao

odnos sile na istezanje koja dovodi do odvajanja premaza sa površine drveta i površine pečatnika koji je zalepljen na lakiranu površinu i preko čega deluje sila na istezanje. Instrument se sastoji od kućišta u kojem se nalazi hidraulična pumpa i glave merača koja je pomoću kabla povezana sa kućištem. Princip merenja podrazumeva čišćenje površine pečatnika kako bi se dobila čista i ravna površina, tj. kako bi se otklonile nečistoće sa površine koje mogu imati uticaja na vrednost adhezije. Nakon čišćenja vršeno je lepljenje aluminijumskih pečatnika, prečnika 20 mm, na lakiranu površinu 2K epoksidnim lepkom (Araldite 2001, Huntsman). Merenje adhezije premaza vršeno je nakon očvršćavanja lepka (24h). U cilju dobijanja preciznih podataka površina ispod pečatnika je odvojena od ostatka lakirane površine žlebom, koji se formira pomoću cilindričnog sečiva sa nazubljenom reznom ivicom na obodu donje površine. Na ovaj način postignuto je ograničavanje dejstva sile na istezanje isključivo na premaz koji se nalazi ispod površine pečatnika. Ukupan broj merenja je iznosio 36 (po 6 merenja za svaku grupu uzoraka).

Na slici 2 prikazan je postupak merenja adhezije metodom pečatnika.



Slika 2. Merenje adhezije metodom pečatnika na uzorcima hrasta i smrče

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2 date su vrednosti adhezije izmerene metodom rešetke i metodom pečatnika za uzorke obe drvene vrste lakirane 2K poliuretanskim, 2K akril-izocijanatnim i 2K alkid-uretanskim premazom u završnom sloju.

Tabela 2. Vrednosti adhezije lakiranih uzoraka hrasta i smrče izmerene metodom rešetke i metodom pečatnika.

Drvena vrsta			Smrča			Hrast			
Vrsta završnog premaza			2K poliuretanski premaz	2K akril-izocijanatni premaz	2K alkid-uretanski premaz	2K poliuretanski premaz	2K akril-izocijanatni premaz	2K alkid-uretanski premaz	
Metod merenja	Adhezija – metod rešetke	Broj merenja	1	1	1	1	0	0	
			2	1	0	0	1	0	0
			3	1	1	0	1	0	0
	Adhezija – metod pečatnika (MPa)		3,35	3,72	3,76	5,18	5,45	5,49	

Rezultati pokazuju da su više vrednosti adhezije premaza (od 27,41 do 38,98 %) ostvarene na uzorcima hrasta, nezavisno od sistema površinske obrade, tj. od izbora vrste premaza u završnom sloju, u odnosu na uzorke smrče, izmereno metodom pečatnika. Ovaj zaključak se može objasniti razlikama u makroskopskoj građi smrče i hrasta. Hrast pripada grupi prstenasto-poroznih lišćara koje karakteriše razlika u strukturi zone ranog i kasnog drveta. U zoni ranog drveta lumeni ćelija su široki, a ćelijski zidovi tanku, što omogućava duboku penetraciju premaza u podlogu. U zoni kasnog drveta ćelijski zidovi su deblji, dok su lumeni uski, pa se generalno očekuje niža penetracija premaza. Više vrednosti adhezije u zoni ranog drveta u odnosu na zonu kasnog drveta (do 50%) su objašnjene dubljom penetracijom premaza u strukturu drveta [6, 7, 8]. Smrča pripada četinarskim drvnim vrstama, koje odlikuje jednostavnija anatomski građa

u odnosu na lišćare. Prema procentualnom učešću u mikroskopskoj građi drveta (95,3% kod smrče) osnovni anatomski element predstavljaju traheide. Razlika u funkciji traheida u zoni ranog i kasnog drveta vidljiva je i u njihovoj građi. Tako treheide ranog drveta, koje imaju pretežno provodnu funkciju, imaju tanke zidove i široke lumene, dok treheide kasnog drveta, koje imaju pretežno mehaničku funkciju, imaju deblje zidove i uže lumene [9]. Ispitivanja su pokazala da postojanje zatvorenih jamica u strukturi drveta smrče, koje se formiraju u procesu sušenja, često dovodi do niže permeabilnosti lumena [10], što može rezultovati nižom penetracijom premaza a time i nižom adhezijom. Više vrednosti adhezije premaza na uzorcima lišćara u odnosu na uzorke četinara u skladu su sa ranijim istraživanjima [11; 8].

Izmerena vrednost adhezije 2K poliuretanskog premaza na uzorcima smrče je za 32,42 % niža od

vrednosti adhezije na uzorcima belog bora pri vlažnosti od 8% [11]. Rezultati istraživanja adhezije na uzorcima belog bora (*Pinus silvestris*) su uzeti za poređenje, budući da ova drvena vrsta pokazuje anatomske sličnosti sa drvetom smrče. Vrednost adhezije 2K poliuretanskog premaza na uzorcima hrasta pri vlažnosti od 8% u navedenom ispitivanju je približno ujednačena sa izmerenom vrednošću u ovom ispitivanju (2,01% niža vrednost).

U poređenju različitih vrsta premaza u završnom sloju, najviše vrednosti adhezije su pokazali uzorci obe drvene vrste lakirani 2K alkid-uretanskim premazom. Iako za adheziju premaza na podlozi najviši uticaj ima interakcija premaza i podloge, rezultati su pokazali da se modifikacijom sistema površinske obrade uvođenjem različite vrste premaza u završnom sloju može ostvariti poboljšanje vrednosti adhezije sistema premaza na podlozi od drveta. Dok su vrednosti adhezije uzoraka smrče lakiranih 2K akril-izocijanatnim i 2K alkid-uretanskim premazom približno ujednačene, vrednosti adhezije 2K poliuretanskog premaza su za 9,95 i 10,9 % niže od vrednosti adhezije prethodnih premaza, respektivno. Približno ujednačene vrednosti adhezije pokazuju 2K akril-izocijanatni i 2K alkid-uretanski premaz na uzorcima hrasta, dok je vrednost adhezije 2K poliuretanskog premaza za 4,95 i 5,65 % niže od izmerenih vrednosti adhezije prethodno navedenih premaza, respektivno. Navedeni rezultat protivreči zaključku da završni premaz nema uticaja na vrednost adhezije [11]. Uticaj završnog sloja premaza na adheziju potvrđen je ocenom adhezije metodom rešetke, gde je najniža vrednost adhezije utvrđena na uzorcima lakiranim 2K poliuretanskim premazom, nezavisno od drvene vrste.

Vrednost adhezije 2K akril-izocijanatnog premaza koji je nanet u osnovnom i završnom sloju na uzorke bukve, pripremljene brušenjem u trostepenom sistemu (N⁰100, N⁰120, N⁰150), je za 30,26 % viša od vrednosti adhezije uzoraka bukve lakiranih 2K poliuretanskim premazom nanetim u osnovnom i završnom sloju, sa istim sistemom pripreme površine [12]. Na osnovu navedenih rezultata može se zaključiti da 2K akril-izocijanatni premaz daje, generalno, više vrednosti adhezije u odnosu na 2K poliuretanski premaz, što može biti objašnjenje više vrednosti adhezije uzoraka lakiranih 2K akril-izocijanatnim i 2K alkid-uretanskim premazom u završnom sloju, u odnosu na uzorke lakirane 2K poliuretanskim premazom u ovom ispitivanju.

Prethodna ispitivanja su pokazali da primena 2K alkid-uretanskog premaza u završnom sloju dovodi do poboljšanja otpornosti na abraziju i otpornosti na

grebanje lakirane površine uzoraka hrasta i smrče, u poređenju sa primenom 2K akril-izocijanatnog i 2K alkid-uretanskog premaza [4]. Otpornost na grebanje se prema nekim autorima svrstava se u direktne metode merenja adhezije [5]. Rezultat ovog istraživanja potvrđuje opravdanost takvog pristupa u oceni adhezije premaza na površini drveta.

Primena metode rešetke u oceni adhezije premaza na površini drveta pokazala se kao nedovoljno precizan metod u utvrđivanju viših stepena adhezije, što je u skladu sa zaključcima drugih autora [13]. Za određivanje adhezije neophodno je uključiti merenja različitih svojstava lakirane površine, jer se na taj način može dobiti celovita slika adhezije premaza na podlozi od drveta.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja su pokazali da drvena vrsta ima presudan uticaj na vrednost adhezije premaza na površini drveta. Pretpostavka je da razlike u anatomske građi lišćara i četinaru utiču na dubinu penetracije, a time i na vrednost adhezije. Najviša vrednost adhezije, nezavisno od vrste premaza u završnom sloju, izmerena je na uzorcima hrasta (od 27,41 do 38,98 % viša vrednost u odnosu na vrednost adhezije na lakiranim uzorcima smrče).

Sa stanovišta sistema površinske obrade najviše vrednosti adhezije pokazali su uzorci lakirani 2K alkid-uretanskim premazom u završnom sloju (3,76 MPa za uzorke smrče i 5,49 MPa za uzorke hrasta), mereno metodom pečatnika. Najniže vrednosti adhezije pokazali su uzorci lakirani 2K poliuretanskim premazom u osnovnom i završnom sloju (3,35 MPa za uzorke smrče i 5,18 MPa za uzorke hrasta). Na osnovu navedenog se može zaključiti da se modifikacijom vrste premaza u završnom sloju može ostvariti veća adhezije sistema premaza i podloge od drveta.

Visoke vrednosti adhezije uzoraka smrče lakiranih poliuretanskim premazom u završnom sloju mereno metodom rešetke, koje nisu u skladu sa nižim vrednostima adhezije istog sistema mereno metodom pečatnika, upućuju na neophodnost uključivanja drugih metoda merenja adhezije (direktnih i indirektnih) u slučaju primene metode rešetke u cilju pouzdane ocene ponašanja premaza na površini drveta sa stanovišta adhezije.

Napomena: Rad je finansiran sredstvima Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekta: "Šumski zasadi u funkciji povećanja pošumljenosti Srbije", broj 31041.

LITERATURA

- [1] Jaić M., Živanović-Trbojević R. (2000): Površinska obrada drveta, Autorsko izdanje, Beograd
- [2] Rizzo M., Bruno G. (2009): Surface Coatings, Nova Science Publishers Inc., New York
- [3] Bulian F. Graystone J.A. (2009): Industrial wood coatings, Theory and Practice, Elsevier B.V, (177-181)
- [4] Maneva A. (2012): Uticaj primenjenog sistema površinske obrade na kvalitet obrađene površine, magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
- [5] Awaja F., Gilbert M., Kelly G., Fox B, Pigram P. (2009): Adhesion of polymers, Progress in Polymer Science 34, ELSEVIER, 948–968
- [6] de Meijer M., Militz H. (2000): Wet adhesion of low-VOC coatings on wood A quantitative analysis, Progress in Organic Coatings 38, (223–240)
- [7] Wiedenhoeft A.C. (2007): The central role of wood biology in understanding the durability of wood - coating interactions, Proceedings of the Coatings Wood and Wood Composites: Designing for Durability, Seattle, (1-24)
- [8] Ozdemir T., Hizirolu S. (2007): Evaluation of surface quality and adhesion strength of treated solid wood, Journal of Materials Processing Technology 186, Elsevier, (311–314)
- [9] Šoškić B., Popović Z. (2002): Svojstva drveta, Šumarski fakultet
- [10] Gindl M., Sinn G., Stanzl-Tschegg S.E. (2006): The effects of ultraviolet light exposure on the wetting properties of wood, J. Adhesion Sci. Technol. 20/8, (817–828)
- [11] Sönmez M., Budakçi M., Bayram M. (2011): Effect of wood moisture content on adhesion of varnish coatings, Scientific Research and Essay 4, (1432-1437)
- [12] Đorđević B. (2002): Kvalitet površinske obrade drveta u zavisnosti od načina pripreme podloge i primenjenog sistema zaštite, Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
- [13] Wicks Z. W., Jones F.N., Pappas S. P., Wicks D. A. (2007): Organic Coatings Science and Technology, Third Edition, Wiley & Sons, Inc., New Jersey, (121-137)

ABSTRACT

NASLOV NA ENGLESKOM

This paper investigates the impact of wood species and formulation of coating in the top layer to the adhesion of cured coating. The samples of spruce and oak wood were coated with 2K polyurethane coating in the basic layer, while three types of coatings were used in the top layer: 2K polyurethane, 2K acrylic-isocyanate and 2K alkyd-urethane coating. Measurement of adhesion was performed by the cross-cut and pull-off method. The samples of oak wood showed for 27.41 to 38.98% higher values of adhesion measured by pull-off test, compared to the samples of spruce wood. In comparison of different types of coatings in the top layer the highest values of adhesion, measured by pull-off test, showed 2K acrylic-isocyanate coating (3.72 MPa for samples of spruce and 5.45 MPa for samples of oak) and 2K alkyd-urethane coating (3.76 MPa for samples of spruce and 5.49 MPa for samples of oak). Certain disagreement in the assessment of adhesion by cross-cut method compared to the values obtained by pull-off method showed the necessity of applying more than one method for evaluating the adhesion of the cured coating to the wood surface.

Key words: wood, coating, adhesion, topcoat

Paper received: 20.08.2012.

Scientific papers