

Jaić M., Palija T. 2012. *The impact of the top coating on the mechanical properties of lacquered wood surfaces*. Bulletin of the Faculty of Forestry 106: 87-100.

Милан Јајић
Тања Палија

UDK 674.07+667.613
UDK 630*829.17
Оригинални научни рад
DOI: 10.2298/GSF1206087J

УТИЦАЈ ЗАВРШНОГ ПРЕМАЗА НА МЕХАНИЧКА СВОЈСТВА ЛАКИРАНЕ ПОВРШИНЕ ДРВЕТА

Извод: У раду је испитан утицај врсте завршног премаза на основна механичка својства лакиране површине: утискујућу тврдоћу, отпорност на гребање и отпорност на абразију. Коришћене су три врсте завршног премаза: 2К полиуретански премаз, 2К акрил-изоцијанатни премаз и 2К алкид-уретански премаз. Да би се утврдило да ли дрвна врста, која није у непосредном контакту са завршним премазом, има утицаја на механичка својства лакиране површине у испитивању су коришћени узорци две дрвне врсте: смрче (*Picea abies* Karst.) и храста (*Quercus robur* L.). Највише вредности утискујуће тврдоће показали су узорци лакирани 2К акрил-изоцијанатним премазом, код обе дрвне врсте (1,34 N за смрчу; 1,4 N за храст), док су највише вредности отпорности на гребање (20 N код обе дрвне врсте) и отпорности на абразију (губитак масе премаза од 480 mg након 700 циклуса код обе дрвне врсте) показали узорци лакирани 2К алкид-уретанским премазом. Испитивања су показала да дрвна врста нема утицаја на вредности утискујуће тврдоће, отпорности на гребање и отпорности на абразију лакиране површине.

Кључне речи: дрво, лакирана површина, механичка својства, завршни премаз

THE IMPACT OF THE TOP COATING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF LACQUERED WOOD SURFACES

Abstract: This paper investigates the impact of the top coating on the basic mechanical properties of a lacquered surface, including indentation hardness, scratch resistance and abrasion resistance. Three types of the top coating were used, including a 2K polyurethane coating, a 2K acrylate-isocyanate coating and a 2K alkyd-urethane coating. Samples of two wood species, spruce (*Picea abies* Karst.) and oak (*Quercus robur* L.), were used in this study, in order to determine whether the wood species, which is not in direct contact with the top coating, has an impact

др Милан Јајић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
дипл.инж. Тања Палија, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

on the mechanical properties of a lacquered surface. The samples coated with a 2K acrylate-isocyanate coating showed the highest values of indentation hardness, in the samples of both wood species (1.34 N for spruce; 1.4 N for oak). The samples coated with a 2K alkyd-urethane coating showed the highest values of scratch resistance (20 N for both wood species) and abrasion resistance (mass loss of 480 mg after 700 cycles for both wood species). The results have shown that the wood species does not affect the value of indentation hardness, scratch resistance and abrasion resistance of a lacquered surface.

Keywords: wood, lacquered surface, mechanical properties, top coating

1. УВОД

Након лакирања и очвршћавања премаза на површини дрвета се формира филм (превлака) који има задатак да заштити дрво од негативних фактора околине. У случају транспарентних премаза потребно је очувати и естетске карактеристике саме подлоге, тако да је задатак филма премаза двострук. Карактеристика превлаке која утиче на изглед и својства лакиране површине јесте дебљина филма премаза. Дебљина филма премаза је одређена количином наноса и садржајем суве супстанце премаза (Franco, Graystone, 2009). Просечна количина наноса разликоваће се у зависности од одабране технологије лакирања. У највећем броју индустријских поступака лакирања премази се наносе у неколико слојева, што је у складу са технолошким ограничењима машина за лакирање (Franco, Graystone, 2009). Такође, на овај начин се спречавају потенцијалне грешке које могу настати у току процеса лакирања и/или очвршћавања, као последица велике количине наноса, тј. велике дебљине филма премаза. Наношење премаза у неколико слојева омогућава да се за темељни и покривни слој премаза користе различите формулације премаза. На тај начин могу се остварити два супротна својства: висока механичка својства у површинском слоју лакиране површине и висока еластичност филма премаза у контакту са дрветом. Имајући у виду хигроскопност дрвета премаз треба да прати „кретања дрвета“ у условима повећане или смањене влажности ваздуха. Зато је неопходна еластичност премаза у непосредном контакту са површином дрвета. Основни слој премаза мора имати довољну еластичност како адхезија премаза не би била нарушена у случају бубрења, односно утезања дрвета у условима осцилација влажности ваздуха. Са друге стране, завршни слој премаза треба да обезбеди довољну тврдоћу превлаке како би се обезбедила отпорност према механичким утицајима. У складу са тим, оптимизација формулације премаза за поједине слојеве у зависности од њихове функције треба да обезбеди виши степен заштите површине дрвета, тј. виши квалитет површинске обраде.

У раду је испитан утицај завршног премаза на основна механичка својства лакиране површине. Сви узорци су лакирани полиуретанским основним премазом у два слоја, док су за завршно лакирање коришћене три различите врсте премаза: 2К полиуретански премаз, 2К акрил-изоцијанатни премаз и 2К алкид-уретански премаз.

Полиуретански премази настају у реакцији полиизоцијаната са хидроксилним групама полиола из различитих смола (акрилне, естарске, полиестарске, полиетарске и винилне). Својства полиуретанских премаза зависе, пре свега, од својстава смоле са ОН групама, мада се ни својства полиизоцијаната не могу занемарити (Kutz, 2005; Đorđević, Jaić, 2000). Генерално, полиуретански премази су тврди, трајни и имају добру отпорност према абразији (Çakıcıer *et al.*, 2011). Ову врсту премаза одликује: чврстоћа и тврдоћа, еластичност, добра адхезија, отпорност према хемикалијама, отпорност на абразију и брзо очвршћавање (Franco, Graystone, 2009). Акрил-изоцијанатни и алкид-уретански премази припадају широј групи полиуретана. Акрил-уретански олигомери показују одлична својства, као што су отпорност на абразију, отпорност на удар, чврстоћу на истезање, као и отпорност на дејство течности и разређивача (Byoung-Hoo, Hyun-Joong, 2006). Акрилне смоле умрежене полиизоцијанатима дају филмове изузетно отпорне на дејство хемикалија и растварача и препоручују се за завршне слојеве премаза (Müller, Poth, 2006). Основна предност акрил-изоцијанатних премаза, у односу на алкид-уретанске премазе, јесте отпорност према жућењу, захваљујући одсуству ароматских група. Због тога је ова врста премаза посебно отпорна на фотодеградацију у условима спољашње средине (Franco, Graystone, 2009). Модификација алкидних смола може се извршити реакцијом алкидне смоле и изоцијаната при чему настају уретанске везе и долази до пораста молекулске масе. На овај начин побољшавају се тврдоћа и општа механичка својства филма премаза (Franco, Graystone, 2009). Такође, захваљујући бржем издвајању растварача, време очвршћавања алкид-уретанских премаза се смањује (Franco, Graystone, 2009). Алкидне смоле у комбинацији са полиизоцијанатима се препоручују за формулације висококвалитетних завршних пигментираних премаза (Müller, Poth, 2006).

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

У испитивању су коришћени узорци две дрвне врсте: смрче (*Picea abies* Karst.) и храста (*Quercus robur* L.), димензија 200 x 100 x 15 mm. Узорци су добијени изрезавањем из дасака тангенцијалног реза, рендисањем и брушењем у циљу добијања равне и глатке површине. Влажност узорака измерена гравиметријским методом износила је 7,76% за смрчу и 9,24% за храст. Брушење је извршено на широкотрачној брусилници са једним агрегатом са притисном гредом. Брзина брушења је износила 17 m·s⁻¹, а брзина помоћног кретања 20 m·min⁻¹. Брушење је извршено у тростепеном систему коришћењем следећих нумерација брусне траке: N° 100, N° 150 и N° 200. Укупан број узорка је износио 24 (12 узорака смрче и 12 узорака храста).

Након брушења узорци су лакирани основним 2К полиуретанским премазом. Основни премаз нанет је у 2 слоја ваздушним прскањем, уз примену притиска од 3 bar. Пречник млазнице пиштоља је износио 1,2 mm. Током прскања одржавано је константно растојање пиштоља од узорака од 250 mm. Прскање је обављено у контролисаним условима радне средине (t = 20° C, φ = 60%).

Након очвршћавања основног премаза узорци су лакирани наношењем завршног премаза у једном слоју. Како би се испитао утицај формулације завршног премаза на основна механичка својства лакиране површине, коришћене су три врсте завршног премаза: 2К полиуретански, 2К акрил-изоцијанатни и 2К алкид-уретански премаз. Сва три завршна премаза нанета су на исти начин као и основни премаз. Сви премази припремљени су мешањем компоненти А и Б непосредно пре самог наношења. Однос компоненти А и Б, основна својства и количине наноса за поједине врсте премаза приказани су у табели 1.

Табела 1. Својства и параметри припреме и наношења основног и завршних премаза
Table 1. The properties and parameters of preparation and application of the base coating and the top coatings

Тип премаза Rang of coating	Основни премаз Base coating		Завршни премаз Top coating					
Врста премаза Type of coating	2К полиуретански премаз 2K polyurethane coating		2К полиуретански премаз 2K polyurethane coating		2К акрил-изоцијанатни премаз 2K acrylate-isocyanate coating		2К алкид-уретански премаз 2K alkyd-urethane coating	
Компоненте Components	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Садржај суве супстанце (%) Solid content (%)	46-50	39-45	46-50	55-65	42-48	57-67	43-47	39-45
Густина (g/cm ³) Density (g/cm ³)	0,90-1,10	0,98-1,15	0,98-1,10	0,98-1,15	0,90-1,10	1,00-1,20	0,90-1,10	0,98-1,15
Однос компоненти Ratio of components	2:1		1:1		5:1		2:1	
Количина наноса (g/m ²) Application rate (g/m ²)	180 ± 5%		180 ± 5%		150 ± 5%		170 ± 5%	

Након очвршћавања завршног премаза у контролисаним условима радне средине ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60\%$) извршено је мерење основних механичких својстава лакиране површине. Мерење дебљине сувог филма премаза вршено је због претходно утврђеног утицаја овог својства на вредности механичких својстава лакиране површине.

2.1. Одређивање дебљине сувог филма премаза

Дебљина сувог филма премаза утврђена је савременом методом без разарања, помоћу ултразвучног мерача, у складу са стандардом SRPS EN ISO 2808: 2011. Мерач се састоји из сонде која је повезана са управљачком јединицом помоћу кабла. Принцип одређивања дебљине филма премаза заснован је на мерењу времена које је потребно да се ултразвучни таласи, емитовани са површине сонде, транспортују од површине филма премаза до површине подлоге и назад истом путањом до сонде. Поступак мерења подразумева спуштање сонде на површину филма премаза и повлачење омотача сонде на доле, до контакта са подлогом. На овај начин се активира емисија ултразвучних таласа ка подлози. Након звучног сигнала, уређај аутоматски исписује дебљину филма премаза ($y \mu\text{m}$). Имајући у виду неравнине које постоје на површини филма премаза, да би се спречиле грешке у читавању, на површину филма премаза се поставља каплица гела (на бази воде и глицерина), која обезбеђује изравнавање површине премаза, испуњавањем микро неравнина које постоје између површине сонде и филма премаза. Минималне, максималне и средње вредности дебљине сувог филма премаза утврђене су на основу 9 мерења (по три мерења на три узорка).

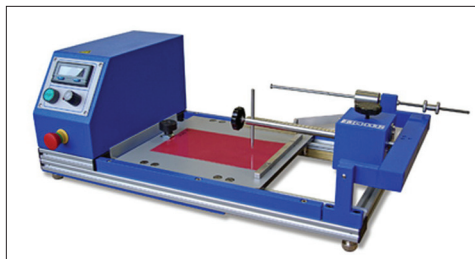
2.2. Одређивање утискујуће тврдоће према *Buchholz*-у

Испитивања утискујуће тврдоће лакиране површине узорака извршено је помоћу призматичног металног блока са утискујућим телом у облику тачка (утискивач по *Buchholz*-у). По ободу тачка налази се оштрица под углом од 60° у односу на уздужну осу попречног пресека тачка. На доњој страни металног блока, насупрот тачка за утискивање, налазе се два шиљка, који имају функцију ослонаца. Поступак одређивања тврдоће филма премаза према стандарду SRPS EN ISO 2815: 2007, подразумева постављање уређаја за утискивање на лакирану површину тако да прво ослонци додирну површину, а затим и



Слика 1. Одређивање утискујуће тврдоће лакираних узорака по *Buchholz*-у
Figure 1. Determination of the indentation hardness of lacquered samples acc. *Buchholz*

точак. Након 35 ± 5 s метални блок се подиже (прво точак, а затим и ослонци). Дужина отиска тела за утискивање мери се помоћу милиметарске скале у окулару микроскопа са увећањем од 20x, која омогућава читавање са тачношћу од 0,1 mm. Вредност тврдоће по *Buchholz*-у добија се као средња вредност дужине отиска на основу 5 мерења. Да би се резултат мерења прихватио као тачан потребно је упоредити дебелину филма премаза са минималном потребном дебелином превлаке за одговарајућу дужину отиска. У испитивању је коришћен инструмент приказан на слици 1.



Слика 2. Инструмент за одређивање отпорности на гребање лакираних узорака

Figure 2. The instrument for determination of the scratch resistance of lacquered samples

2.3. Одређивање отпорности на гребање

Утврђивање отпорности на гребање вршено је у складу са стандардом CEN/TS 15186: 2005. Инструмент се састоји из постоља на које се причвршћује узорак. Изнад узорка налази се полука са телом за парање које је постављено под правим углом у односу на површину узорка. Тело за парање се оптерећује тегом који има могућност померања по полузи. У зависности од положаја тег на полузи, оптерећење којим се делује на тело за парање се креће у опсегу од 1 до 20 N. Инструмент има моторни погон носача узорка, чиме се обезбеђује константна брзина помера. Укључивањем моторног погона узорак се креће испод тела за парање паралелно са полугом, док у повратном ходу долази до спуштања тела за парање и гребања површине. Отпорност на парање подразумева најнижу вредност силе (оптерећења) која оставља видљиви и мерљив траг на површини. У циљу одређивања отпорности на гребање извршена је серија паралелних „ходава” (кретања тела за парање на површини узорка), са променом вредности оптерећења до утврђивања минималне силе која оставља траг ширине $\geq 0,5$ mm. Тело за парање има радијус 0,5 mm (метод А, према стандарду CEN/TS 15186: 2005). На слици 2 је приказан инструмент за одређивање отпорности на гребање.

2.4. Одређивање отпорности на абразију

Отпорност на абразију лакираних узорака одређена је помоћу методе ротације абразивних точкава, у складу са стандардом ISO 7784-2: 1997. Уређај за одређивање отпорности на абразију (тзв. Taber Abraser), састоји се од кућишта и носача епрувете кружног облика који ротира брзином од 55 o-min^{-1} . За потребе испитивања отпорности на абразију из узорака су исечене епрувете димензија 100 x 100 mm, по три из сваке групе узорка. У пресеку дијагонала епрувете направљен



Слика 3. Инструмент за одређивање отпорности на абразију лакираних узорака
Figure 3. The instrument for determination of the abrasion resistance of lacquered samples

је отвор пречника 8 mm, кроз који је епрувета причвршћена на носач помоћу вертикалне осовине. Изнад епрувете налази се хоризонтална осовина са два вертикална метална точка обложена гуменом облогом, по једним на сваком крају. На точкове се лепи абразивна трака. Укључивањем инструмента носач са епруветом почиње да ротира, а точкови притискају епрувету силом од 5,5 N, што изазива ротацију абразивних точкова. Точкови имају супротносмерно кретање. Између два точка постављена је одсисна цев која има функцију одвођења одвојених честица

лака са површине епрувете. Уређај је опремљен мерачем броја циклуса ротације епрувете. Принцип мерења се заснива на мерењу почетне масе лакиране епрувете, након чега се епрувета излаже хабању дејством абразивних точкова. Вредност отпорности на абразију изражена је преко губитка масе премаза након сваких 100 циклуса ротације (до 700 циклуса) према формули:

$$x_i = (m_0 - m_i), \dots \dots \dots (1)$$

$i = \{100, 200, 300, 400, 500, 600, 700\}$ циклуса

где је: x_i –губитак масе премаза након одређеног броја циклуса ротације (mg), m_0 – почетна маса лакиране епрувете (mg), m_i – маса епрувете након одређеног броја циклуса хабања (mg)

На слици 3 приказано је мерење отпорности на абразију.

3. РЕЗУЛТАТИ

У табели 2 приказане су минималне, максималне и средње вредности дебљине сувог филма премаза измерене ултразвучном методом, као и вредности стандардне девијације.

У табели 3 дате су измерене вредности утискујуће тврдоће по Buchholz-у и отпорности на гребане.

Да би се резултати мерења утискујуће тврдоће могли прихватити потребно је да премаз поседује минималну дебљину сувог филма премаза за одговарајућу дужину отиска. За измерене вредности дужине отиска од 0,8 до 1,7 mm стандардом је предвиђена минимална дебљина премаза од 15 до 35 μm , респективно. Имајући у виду измерене вредности дебљине сувог филма, резултати мерења утискујуће тврдоће се могу прихватити као поуздани.

Табела 2. Вредности дебљине сувог филма премаза на узорцима смрче и храста
Table 2. The values of dry film thickness of coating on the lacquered samples of spruce and oak

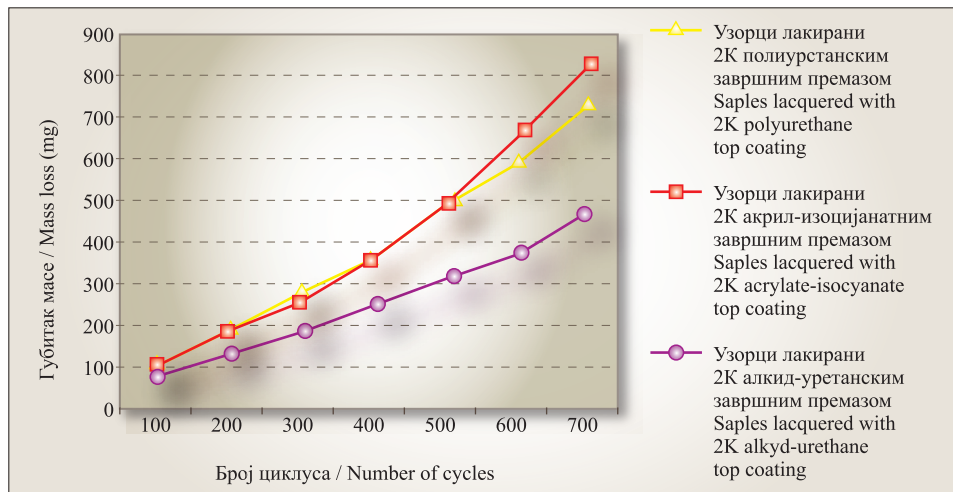
Дебљина сувог филма премаза / Dry film thickness of coating (μm)						
Дрвна врста Wood species	Смрча Spruce			Храст Oak		
Врста завршног премаза Type of top coating	2К полиуретански премаз 2K polyurethane coating	2К акрил- изоцијанатни премаз 2K acrylate- isocyanate coating	2К алкид- уретански премаз 2K alkyd-urethane coating	2К полиуретански премаз 2K polyurethane coating	2К акрил- изоцијанатни премаз 2K acrylate- isocyanate coating	2К алкид- уретански премаз 2K alkyd-urethane coating
d_{max}	319	299	294	312	296	316
d_{min}	255	218	269	231	232	255
d_{sr}	291,22	259,11	281,44	277,78	260,11	288,22
σ	20,84	27,18	9,13	27,06	24,05	20,73

Табела 3. Вредности утискујуће тврдоће по Buchholz-у и отпорности на гребање на лакираним узорцима смрче и храста

Table 3. The values of indentation hardness and scratch resistance of the lacquered samples of spruce and oak

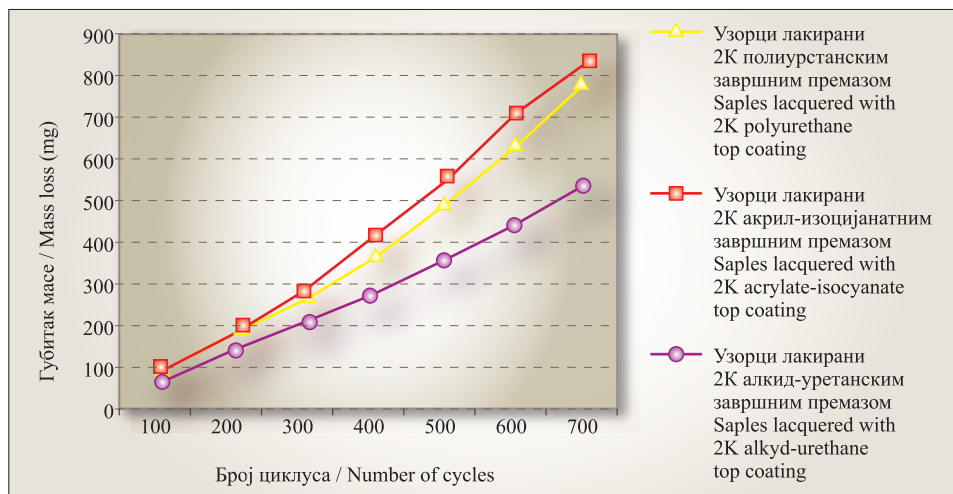
Дрвна врста Wood species	Смрча Spruce			Храст Oak		
Врста завршног премаза Type of top coating	2К полиуретански премаз 2K polyurethane coating	2К акрил- изоцијанатни премаз 2K acrylate- isocyanate coating	2К алкид- уретански премаз 2K alkyd-urethane coating	2К полиуретански премаз 2K polyurethane coating	2К акрил- изоцијанатни премаз 2K acrylate- isocyanate coating	2К алкид- уретански премаз 2K alkyd-urethane coating
Утискујућа тврдоћа по Buchholz-у Indentation hardness acc. Buchholz	1,26	1,34	1,06	1,32	1,40	1,00
Отпорност на гребање (N) Scratch resistance (N)	15	15	> 20	14	14	20

На графиконима 1 и 2 дате су вредности губитка масе премаза током хабања на узорцима смрче и храста.



Графикон 1. Губитак масе премаза (*mg*) лакираних узорка смрче у функцији броја циклуса хабања

Diagram 1. Mass loss (*mg*) of the lacquered samples of spruce as a function of the number of cycles of wear



Графикон 2. Губитак масе премаза (*mg*) лакираних узорка храста у функцији броја циклуса хабања

Diagram 2. Mass loss (*mg*) of the lacquered samples of oak as a function of the number of cycles of wear

4. ДИСКУСИЈА

Испитивања су показала да дрвна врста нема утицаја на вредности површинске тврдоће премаза добијене методом осциловања клатна (Kaugin, Akgun, 2008). Овај закључак су потврдила и истраживања површинске тврдоће различитих премаза на дрвету јасена, ораха, ирока и лимбе (Çakicier *et al.*, 2011). Ипак, овај закључак није у складу са резултатима испитивања који су показали да на вредност површинске тврдоће (одређене методом осциловања клатна) утичу врста дрвета, врста премаза као и садржај влаге у дрвету (Sönmez *et al.*, 2011). У овом испитивању веће вредности утискујуће тврдоће забележене су на узорцима смрче и храста лакираним 2К акрил-изоцијанатним и 2К полиуретанским премазом, док је најнижа вредност утискујуће тврдоће уочена на узорцима лакираним 2К алкид-уретанским премазом, код обе дрвне врсте. Да би се утврдило да ли дрвна врста има утицаја на резултате утискујуће тврдоће, извршена је анализа варијансе са једним фактором. На основу вредности статистике F теста, за ниво значајности $\alpha = 0,05$ утврђено је да дрвна врста нема утицаја на вредности утискујуће тврдоће у овом испитивању.

У поређењу са полиестарским, нитроцелулозним и синтетичким премазима, полиуретански премази заузимају друго место према вредности површинске тврдоће (58,2 осцилација), испитано методом осциловања клатна (Kaugin, Akgun, 2008). Иако се полиуретански премази најчешће карактеришу високим вредностима површинске тврдоће, целулозни премази су показали за 16-26% веће вредности површинске тврдоће у односу на полиуретански премаз (56-66 осцилација), мерено методом осциловања клатна (Çakicier *et al.*, 2011). У поређењу вредности површинске тврдоће лакираних узорака букве, веће вредности показали су узорци лакирани 2К полиуретанским премазом (233,4 s) у односу на узорке лакиране 2К акрил-изоцијанатним премазом (209,6 s), изражено временом амортизације осцилација клатна по Perzoz-u (Ђорђевић, 2002). Како је у наведеним радовима испитивана површинска тврдоћа, наведени подаци се могу користити само као оријентациони у анализи утискујуће тврдоће премаза.

Лакирањем узорака смрче 2К акрил-изоцијанатним премазом добија се лакирана површина код које је вредност утискујуће тврдоће за 6,35% већа у односу на вредност утискујуће тврдоће узорака смрче лакираних 2К полиуретанским премазом, односно за 26,42% већа у односу на вредност утискујуће тврдоће на узорцима смрче лакираним 2К алкид-уретанским премазом. Код узорака храста примена 2К акрил-изоцијанатног премаза у завршном слоју доводи до повећања вредности утискујуће тврдоће за 6,1% у односу на тврдоћу 2К полиуретанског премаза и за 40% у односу на тврдоћу 2К алкид-уретанског премаза.

Отпорност на гребање полиуретанског премаза нанетог поступком ваздушног прскања у три слоја на узорке европског храста износила је 1,7 N, односно 0,860 N код узорака белог бора (Keskina *et al.*, 2010). У недостатку вредности

механичких својстава лакиране површине смрче за поређење се користе резултати истраживања других аутора на узорцима белог бора (*Pinus silvestris*), будући да ова дрвна врста показује анатомске и физичке сличности са испитиваном дрвном врстом. Овако ниска вредност отпорности на гребање може се објаснити готово двоструко нижим вредностима дебљине сувог филма (од 125 до 143 μm) у односу на вредности које су измерене у овом испитивању. У истом систему обраде вредности отпорности на гребање полиуретанског премаза и водоразредивог премаза су приближно уједначене и значајно мање од вредности отпорности на гребање кисело-очвршћавајућих, синтетичких и целулозних премаза. У испитивању отпорности на парање (гребање) премаза методом оловке, који подразумева употребу графитних оловака различите тврдоће до појаве трага гребања, полиуретански премази су, такође, заузели друго место у поређењу са полиестарским, нитроцелулозним и синтетичким премазима (Kaugin, Akgun, 2009). Наведени резултати упућују на закључак да је потребно извршити модификацију или замену полиуретанског премаза у завршном слоју у циљу постизања виших вредности отпорности на гребање лакиране површине. Просечне вредности отпорности на гребање узорака пауловније (*Paulownia Siebold et Zucc.*) који су лакирани 2К полиуретанским премазом у два слоја кретале су се у интервалу од 6,5 до 7,5 N (Jaić *et al.*, 2010). У поређењу са овим резултатом, вредности отпорности на гребање узорака смрче и храста лакираних 2К полиуретанским премазом су приближно два пута веће, што се може довести у везу са дебљином филма премаза, формулацијом премаза и својствима подлоге.

Највише вредности отпорности на гребање показали су узорци лакирани 2К алкид-уретанским премазом у завршном слоју. Применом ове врсте премаза долази до пораста вредности отпорности на гребање за 33,33% (код узорака смрче), односно за 42,86% (код узорака храста) у поређењу са 2К полиуретанским и 2К акрил-изоцијанатим премазом.

Модификација система лакирања коришћењем 2К алкид-уретанског завршног премаза довела је до побољшања вредности отпорности на абразију лакираних узорака. Узорци лакирани 2К полиуретанским и 2К акрил-изоцијанатним премазом показали су приближно уједначене вредности отпорности на абразију, изражено губитком масе лакиране епрувете у односу на почетну масу епрувете. Највећу отпорност на абразију након 700 циклуса показали су епрувете лакиране 2К алкид-уретанским премазом. Код овог система обраде губитак масе лакираних епрувета смрче је за 34,25% мањи у односу на губитак масе епрувета лакираних 2К полиуретанским премазом, односно за 41,94% мањи у односу на губитак масе епрувета лакираних 2К акрил-изоцијанатним премазом. У случају лакираних епрувета храста губитак масе алкид-уретанског премаза је за 30,74% мањи у односу на губитак масе епрувета лакираних 2К полиуретанским премазом, односно 34,84% мањи у односу на губитак масе епрувета лакираних 2К акрил-изоцијанатним премазом, након 700 циклуса хабања.

Испитивања су показала да дрвна врста, врста премаза и број слојева, односно дебљина филма премаза утичу на вредности отпорности на абразију (Keskin, Tekin 2011). У поређању са кисело-очвршћавајућим, синтетичким, целулозним и водоразредивим премазима, полиуретански премази нанети прскањем у три слоја на површину узорака европског храста, заузимају последње место према вредности отпорности на абразију, за дебљину филма премаза од 125 до 143 μm (Keskin, Tekin 2011). За исти систем површинске обраде узорци белог бора имају вишеструко нижу вредност отпорности на абразију. У наведеном испитивању отпорност на абразију је изражена бројем циклуса који доводи до пребушавања премаза тако да 50% површине дрвета постане видљиво, тако да није могуће извршити поређење резултата поменутих аутора са резултатима изнетим у овом раду. Ипак, имајући у виду да је најнижа вредност отпорности на абразију добијена лакирањем узорака у три слоја коришћењем полиуретанског премаза, увођење нових формулација завршног слоја премаза добија свој значај. Резултати испитивања отпорности на абразију добијени у овом раду показали су да дрвна врста нема утицаја на вредности отпорности на абразију (на основу статистике F теста, при нивоу значајности $\alpha = 0,05$).

Резултати испитивања утискујуће тврдоће, отпорности на гребање и отпорности на абразију показују да ни једна врста завршног премаза не поседује највише вредности свих испитиваних својстава. У складу са тим, у зависности од места употребе предмета обраде потребно је извршити избор врсте завршног премаза.

У складу са резултатима мерења могу се дати следеће препоруке:

- површине које ће током употребе бити изложене већим статичким оптерећењима (полице, радни столови...) треба завршно лакирати 2К акрил-изоцијанатним премазом.
- површине које ће током употребе бити изложене хабању и/или које ће бити у контакту са оштрим предметима (кључеви, метални новац, прибор за јело...) потребно је обрадити 2К алкид-уретанским премазом у завршном слоју.

5. ЗАКЉУЧЦИ

На основу анализе резултата испитивања могу се извести следећи закључци:

- Дрвна врста нема битан утицај на вредности основних механичких својстава лакиране површине: утискујуће тврдоће, отпорности на гребање и отпорности на абразију.
- Највише вредности утискујуће тврдоће показали су узорци лакирани 2К акрил-изоцијанатним премазом (1,34 N за смрчу; 1,4 N за храст).
- Узорци смрче и храста завршно лакирани 2К акрил-изоцијанатним премазом показали су највише вредности отпорности на гребање (20 N).

– Највише вредности отпорности на абразију, изражено губитком масе премаза након одређеног броја циклуса, показали су узорци смрче и храста завршно лакирани 2К алкид-уретанским премазом (480 mg након 700 циклуса хабања).

Напомена: Рад је финансиран средствима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Р. Србије у оквиру пројекта „Шумски засади у функцији повећања пошумљености Србије”, број 31041

ЛИТЕРАТУРА

- Byoung-Hoo L., Hyun-Joong K. (2006): *Influence of isocyanate type of acrylated urethane oligomer and of additives on weathering of UV-cured films*, Polymer Degradation and Stability 91, Elsevier, (1025-1035)
- Çakicier N., Korkut S., Sevim Korkut D. (2011): *Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment*, Bio-Resources 6 (2), (1648-1658)
- CEN/TS 15186: 2005 *Furniture - Assessment of the surface resistance to scratching*
- Dorđević B. (2002): *Kvalitet površinske obrade drveta u zavisnosti od načina pripreme podloge i primenjenog sistema zaštite*, Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
- Dorđević M., Jaić M. (2000): *Uticaj tipa izocijanata na karakteristike dvokomponentnih poliuretanskih premaza namenjenih površinskoj obradi drvenih podloga u enterijeru*, XVII Jugoslovenski simpozijum o koroziji i zaštiti materijala sa međunarodnim učešćem, Savez inženjera i tehničara za zaštitu materijala Srbije, Beograd, (137-143)
- Franco B., Graystone J. A. (2009): *Raw Materials for Wood Coatings (1) – Film Formers (Binders, Resins and Polymers)*, Industrial Wood Coatings, Theory and Practice, Elsevier
- ISO 7784-2:1997 *Paints and varnishes - Determination of resistance to abrasion – Part 2: Rotating abrasive rubber wheel method*
- Jaić M., Dobić J., Palija T. (2010): *Uticaj sistema površinske obrade Paulownia Siebold et Zucc. na mehanička svojstva lakirane površine*, Glasnik Šumarskog fakulteta 102, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (7-24), DOI: 10.2298/GSF1002007J
- Kaygin B., Akgun E. (2008): *Comparison of Conventional Varnishes with Nanolacke UV Varnish With Respect to Hardness and Adhesion Durability*, International Journal of Molecular Sciences 9, (476-485)
- Kaygin B., Akgun E. (2009): *A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces*, Scientific Research and Essay 4 (1), (1-7)
- Keskin H., Atar M., Korkut S., Tekina A. (2010): *Scratch resistance of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne, and acid-hardening varnishes used on woods*, Industrial Crops and Products 31, Elsevier, (219–224)
- Keskin H., Tekin A. (2011): *Abrasion resistances of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne and acidhardening varnishes used woods*, Construction and Building Materials 25, Elsevier, (638–643)

- Kutz M. (2005): *Corrosion resistant coatings and paint, Handbook of environmental degradation of materials*, William Andrew Publishing, New York, (367-384)
- Müller B., Poth U. (2006): *Solvent-borne paints, Coatings formulations: an international text-book*, Vincentz, Hannover (73-123)
- Ozdemir T., Hiziroglu S. (2007): *Evaluation of surface quality and adhesion strength of treated solid wood*, Journal of Materials Processing Technology 186, Elsevier, (311–314)
- Sönmez M., Budakçi M., Pelit H. (2011): *The effect of the moisture content of wood on the layer performance of water-borne varnishes*, BioResources 6(3), (3166-3178)
- SRPS EN ISO 2808: 2011 *Boje i lakovi — Određivanje debljine filma*
- SRPS EN ISO 2815: 2007 *Boje i lakovi — Ispitivanje utiskivanjem prema Buchholcu (Buchholz)*

Milan Jaić
Tanja Palija

THE IMPACT OF THE TOP COATING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF LACQUERED WOOD SURFACES

Summary

The samples coated with a 2K acrylate-isocyanate top coating showed the highest values of hardness acc. Buchholz, in both wood species. The value of indentation hardness in the case of application of a 2K acrylate-isocyanate coating was 1.34 in the samples of spruce wood and 1.4 in the samples of oak wood. A 2K alkyd-urethane coating showed the lowest values of indentation hardness of the coated samples, i.e. 1.06 in the samples of spruce and 1.00 in the samples of oak.

A 2K-urethane alkyd coating applied as the top layer showed the highest values of scratch resistance of the coated samples (20N) in both wood species. This type of coating also showed the highest resistance to abrasion, expressed by the mass loss after a predetermined number of cycles. After 700 cycles, mass loss of the 2K alkyd-urethane coating was 480 mg (for both wood species), while mass loss of the 2K polyurethane coating amounted to 730 mg (in samples of spruce) and 693 mg (in samples of oak). For the same number of cycles, mass loss of the 2K acrylate-isocyanate coating was 827 mg (in samples of spruce) and 737 mg (in samples of oak).

Test results have showed that none of the types of coating can provide the highest values of all mechanical properties of a lacquered surface. Therefore, it is necessary to match the choice of the type of coating in the top layer with the conditions of use of the final product. Accordingly, for the surfaces that are expected to be exposed to high static loads, the application of a 2K acrylate-isocyanate coating as the top layer is recommended. For surfaces that will be exposed to wear and/or impact of sharp objects (silverware, coins, keys ...) during use, 2K alkyd-urethane coatings are recommended for use as the top layer.