9. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412019>
Article received 2019.12.14
Article accepted 2020.06.04

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Pavlo Bekhta
bekhta@ukr.net

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.049.2

Вплив температури термічного ущільнення підкладки, типу лаку і кількості його шарів на блиск опорядженої поверхні

П. А. Бехта¹, Ю. В. Максимів², Т. Кристоф'як³

В основному, поверхня підкладки шліфується перед нанесенням на неї лакового покриття. Метою дослідження є з'ясування можливості заміни операції шліфування підкладки перед нанесенням на неї лакового покриття операцією термічного ущільнення і встановлення впливу температури термічного ущільнення, типу лаку і кількості його шарів на блиск опорядженої поверхні. Як підкладку було використано луцений вільховий шпон (*Alnus glutinosa*), приклеєний до волокнистої плити середньої щільності (MDF). Перед приклеюванням шпону до поверхні MDF він піддавався термічному ущільненню за температур 150, 180 та 210°C і тиску 2 МПа впродовж 3 хв. Використано три типи лаку: водорозчинний (IQ-HY1330-15), поліуретановий (R533-2-15) і акриловий (UV120-45) ультрафіолетового затвердіння. На термічно ущільнену поверхню підкладки нанесли один або два шари лакового покриття, з міжшаровим шліфуванням або без нього. Оцінку блиску здійснювали при куті падіння світла 60° за допомогою блискоміра Erichsen PICOGLOSS 503. Для порівняння визначали блиск лакового покриття на шліфованій підкладці. Встановлено, що всі змінні фактори суттєво ($p \leq 0,05$) впливають на формування блиску лакованої поверхні на термічно ущільненій підкладці. Акриловий лак ультрафіолетового затвердіння дає змогу сформувати лакове покриття з найвищими значеннями блиску. Водорозчинний та поліуретановий лаки формують матове і напівматове покриття поверхні. Із збільшенням кількості шарів лаку блиск підвищується. Міжшарове шліфування не дає відчутного ефекту на блиск лакованої поверхні на термічно ущільненій підкладці.

Ключові слова: термо-механічне ущільнення; опорядження; блиск; водорозчинний лак; поліуретановий лак; акриловий лак.

¹ Бехта Павло Антонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. Факс: +38-032-237-89-05. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

² Максимів Юрій Володимирович – аспірант кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: maxymiv.yura@gmail.com

³ Кристоф'як Томаш – доктор габілітований, кафедра деревинних композиційних матеріалів. Познанський університет наук про життя, вул. війська Польського 28, Познань, 60-637, Польща. E-mail: krystofiak@up.poznan.pl ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2060-0295>

Вступ. На сьогодні оздоблення деревини в основному використовують для того, щоб покращити естетичність і захистити поверхню від навколишніх впливів – тепла, світла, температури, вологості, вітру, стирання тощо. Оздоблення може підвищити естетичні характеристики деревини покращенням її блиску. Блик є властивістю поверхні, яка відбиває світло і використовується для оцінки якості готового виробу. Якість блиску залежить від низки факторів, включаючи породу деревини, хімічний склад і тип системи покриття, тип лаку, кількість шарів і спосіб підготовки субстрату (Zivkovic 2004; Cakicier, Korkut, & Korkut, 2011; Bekhta et al., 2014).

Неоднорідність структури поверхні впливає на відбивну здатність підкладки і проявляється у нерівномірному блиску сформованих на ній лакофарбових покриттів. Мета процесів підготовки поверхні (включаючи стругання та шліфування) перед нанесенням покриття – створити вирівняну та очищену поверхню, як необхідну умову якісної взаємодії покриття з підкладкою. Гладка поверхня важлива для гарного зовнішнього вигляду, оскільки оздоблення підкреслює будь-які нерівності шорсткості в поверхні (Williams, 2010). Richter, Feist, & Knabe (1995) встановили, що без підготовки поверхні збільшується просочення лакофарбових матеріалів у деревину, що призводить до збільшення витрат цих матеріалів. Шліфування робить поверхню рівномірнішою та зменшує вплив анатомії деревини на профіль шорсткості (Richter, Feist, & Knabe, 1995). Якщо шорсткість поверхні зменшується, то блиск збільшується (Lee et al., 2003). Однак шліфування є однією із найбільш трудомістких операцій у деревообробній галузі. Крім того, під час шліфування знімається частина (шар) деревини, дуже часто цінних порід, яка безповоротно йде у відходи, тобто втрачається, забруднюючи деталь, обладнання, створюючи несприятливі умови для роботи персоналу. Крім того, шліфувальний порошок забруднює довкілля.

Впродовж останніх років спостерігається швидке зростання застосування різних методів модифікування (зокрема, термічного, термо-механічного та термо-гідро-механічного) для деревини та деревинних матеріалів з метою покращення їх властивостей. Aksoy, Deveci, Baysal, & Toker (2011) з'ясували, що термічне модифікування знижує показник блиску поверхні сосни (*Pinus sylvestris*) від 5 до 36%, залежно від часу і температури модифікування. Cakicier, Korkut, & Korkut (2011) встановили, що блиск термічно модифікованої деревини за температур 150 та 180°C, поверхня якої була покрита лаковими матеріалами, є вищим, ніж поверхня немодифікованої лакованої деревини. Якщо температура збільшувалась – блиск поверхні зменшувався. Поверхня деревини є естетично привабливою сама по собі, а термічне ущільнення наділяє її привабливим темнішим кольором з чіткіше вираженими особливостями її текстури. Колір деревини є важливим чинником для сфери її застосування, а прозорі покриття дають змогу набутим гарним

естетичним властивостям деревини залишатися видимими. Сукупно це може збільшити попит на таку деревину, а також підвищити її вартість.

У попередніх наших дослідженнях (Bekhta, Proszkyk, & Krystofiak, 2014a; Bekhta et al. 2014b; Bekhta, Proszkyk, Lis, & Krystofiak, 2014c; Bekhta et al., 2017) було показано, що зовнішній вигляд термічно ущільненої деревини суттєво змінюється (залежно від значення параметрів ущільнення) порівняно з неущільненою деревиною. Ці зміни стосуються, насамперед, блиску, кольору, шорсткості поверхні, а також поверхневої текстури (будови) деревини.

Якщо в літературі ще можна знайти деяку обмежену кількість інформації про формування лакофарбових покриттів на поверхні термічно обробленої деревини (Aksoy et al., 2011; Cakicier, Korkut, & Korkut, 2011; Pelit, Budakçı, Sönmez, & Burudurlu, 2015), то авторам не вдалося відшукати інформацію про особливості формування лакофарбових покриттів на термічно-ущільненій поверхні деревини. Тому актуальним є питання з'ясувати особливості формування лакофарбових покриттів на термічно-ущільненій поверхні деревини.

Матеріали та методика досліджень. *Об'єкт дослідження* – технологічний процес опорядження деревини. *Предмет дослідження* – закономірності впливу типу лаку, кількості шарів лаку і температури термічного ущільнення деревинної підкладки на блиск покриття. *Метою роботи* було з'ясування впливу нової технології підготовки поверхні субстрату термо-механічним ущільненням на якість опорядженої поверхні.

Для дослідження був обраний лущений шпон виготовлений з породи вільха (*Alnus glutinosa*), без видимих пошкоджень, розміром 300 × 300 мм, товщиною 1,5 мм, відносною вологістю 6%. Використано три типи лаків: водорозчинний IQ-HY1330-15 (WB), поліуретановий R533-2-15 із додаванням 10% затверджувача RLH6110 та 10% розчинника V721 (PUR), акриловий UV120-45 ультрафіолетового затвердіння (UV). Термічне ущільнення листів шпону здійснювали в лабораторному гарячому пресі за температур 150, 180 та 210°C, тиску 2.0 МПа, тривалості ущільнення 3 хв. Після термічного ущільнення листи шпону наклеювали на плити MDF розміром 300 × 300 × 16 мм. Після цього на поверхню термічно ущільненого шпону наносили лак. Водорозчинний і поліуретановий лаки наносили на поверхню підкладки пульверизатором, акриловий – вальцюванням, а його опромінення здійснювали за допомогою обладнання від компанії МІКОН, модель UVC-250×2. Шліфування контрольних зразків перед нанесенням лакового покриття та міжшарове шліфування відбувалось вручну за допомогою шліфувального паперу із зернистістю #240. Якість поверхні оцінювали вимірюванням блиску. Також досліджували вплив типу лаку, кількості шарів лаку і температури термічного ущільнення на блиск покриття.

Вимірювання блиску. Блиск опорядженої поверхні визначали на термічно ущільненій та шліфований (контрольній) підкладках: до та після лакування зразків. Для вимірювання блиску використано блискомір PICOGLOSS 503 від компанії Erichsen. Блиск поверхні термічно ущільненої та неущільненої підкладки без лаку та з нанесеним лаком вимірювали під кутом відбиття світла 60°, вздовж (||) та впоперек (⊥) волокон відповідно до стандарту ISO 2813. Оцінку поверхні здійснювали за вимірним значенням блиску згідно даних табл. 1. Для оцінки відносної важливості впливу змінних факторів дослідження на блиск лакового покриття на термічно ущільненій підкладці проводили дисперсійний аналіз (ANOVA) для рівня значущості 0,05 з використанням програмного забезпечення IBM SPSS Statistics. Середні значення блиску для різних змінних факторів порівнювали за допомогою тесту множинних порівнянь Дункана.

Таблиця 1

Класифікація блиску поверхні

Одиниць блиску (GU)	Оцінка поверхні
< 10	Матова
10 – 35	Напівматова
35 – 60	Напівблиск
60 – 80	Блиск
> 80	Ідеальний блиск

Результати досліджень. У результаті термічного ущільнення під дією температури і тиску під час контакту деревини з відполірованими плитами преса відбувається вирівнювання поверхневого шару деревини і утворення тонкої плівки за рахунок пластичної деформації і розплавлення аморфних речовин самої деревини (Bekhta et al., 2017). Термічне ущільнення підкладки робить поверхню рівномірнішою, щільнішою, гладкішою, глянсовою та зменшує вплив анатомії деревини на профіль шорсткості. Структурні нерівності зменшуються в межах $\approx 50\%$ і поверхню ущільненої деревини вже не потрібно шліфувати перед опорядженням (Bekhta et al., 2014b).

Дисперсійний аналіз (ANOVA) показав (табл. 2), що усі досліджувані чинники суттєво ($p \leq 0,05$) впливають на значення блиску лакового покриття на термічно ущільненій підкладці, вимірюваного як вздовж, так і впоперек волокон деревини. Найсильніший вплив на значення блиску демонструє тип застосованого лаку ($F = 841,041$ і $F = 873,409$, відповідно вздовж і впоперек волокон), далі йдуть кількість нанесених шарів лакового покриття ($F = 108,800$ і $F = 72,538$, відповідно вздовж і впоперек волокон) і температура термічного ущільнення підкладки ($F = 5,182$ і $F = 3,209$, відповідно вздовж і впоперек волокон). Крім того, суттєво впливають на значення блиску як вздовж, так і впоперек волокон, два поєднання чинників: типу лаку $\times$ кількість шарів, температури ущільнення $\times$ тип лаку.

Таблиця 2

ANOVA тест при дослідженні блиску

Фактор	Напрямок волокон	SS	df	MF	F	Sig.
Т	вздовж	1068,855	3	356,285	5,182	,002
	впоперек	647,960	3	215,987	3,209	,023
Л	вздовж	115653,245	2	57826,622	841,041	,000
	впоперек	117556,811	2	58778,405	873,409	,000
Ш	вздовж	14961,266	2	7480,633	108,800	,000
	впоперек	9763,324	2	4881,662	72,538	,000
Т $\times$ Л	вздовж	2237,532	6	372,922	5,424	,000
	впоперек	1824,730	6	304,122	4,519	,000
Т $\times$ Ш	вздовж	549,859	6	91,643	1,333	,241
	впоперек	374,045	6	62,341	,926	,476
Л $\times$ Ш	вздовж	8914,472	4	2228,618	32,413	,000
	впоперек	7325,976	4	1831,494	27,215	,000
Т $\times$ Л $\times$ Ш	вздовж	1003,832	12	83,653	1,217	,269
	впоперек	1010,573	12	84,214	1,251	,246

Примітка: Т – температура термічного ущільнення підкладки; Л – тип лаку; Ш – кількість шарів лаку; SS – сума квадратів; df – ступінь вільності; MS – середній квадрат; F- критерій Фішера; Sig. – значущість фактору.

Типовим результатом вимірювань блиску для всіх досліджуваних змінних є те, що середні значення блиску лакованої поверхні, виміряні вздовж волокон деревини є вищими, ніж значення блиску

впоперек волокон (рис. 1-3). Це можна пояснити анатомічною будовою та нерівностями на поверхні деревини. Останні суттєво впливають на поширення променя світла, його розсіювання і відбивання.

Вплив шорсткості поверхні на розсіювання світла суттєвіший у випадку вимірювання блиску впоперек волокон деревини. Це призводить до більшого розсіювання світла, збільшуючи дифузну компоненту.

Результати порівняння тесту Дункана, проведеного для досліджуваних змінних, наведені в табл.3. Тип лаку, який застосовувався, має найсуттєвіший вплив на формування блиску на лакованій поверхні. Найнижчі значення блиску спостерігаються у разі використання водорозчинного лаку ($GU = 9,52$ і $GU = 6,45$, відповідно вздовж і впоперек волокон), що відповідає матовій поверхні (табл. 1). Поліуретановий лак забезпечує формування матової та напівматової поверхні за середніх значень блиску вздовж і впоперек волокон, відповідно $GU = 11,3$ та $GU = 9,09$. Акриловий лак ультрафіолетового затвердіння (UV) надає лакованій поверхні напівблиску за найвищих середніх значень блиску вздовж і впоперек волокон, відповідно, $GU = 45,34$ та $GU = 42,93$. Таким чином, лаки створюють покриття з різними значеннями блиску. Відомо, що структурні відмінності лаків і методи нанесення можуть впливати на ефект глянцева-ності (Pelit et al., 2015). Водорозчинні лаки, на противагу лакам ультрафіолетового затвердіння, негативно впливають на гладкість поверхні, зменшуючи блиск шару (Sonmez, Budakci, & Pelit, 2011).

Таблиця 3

Результати аналізу тесту Дункана для блиску

Фактор	Блиск			
	Вздовж волокон		Впоперек волокон	
	Середнє значення	SG	Середнє значення	SG
Тип лаку				
WB	9,52	A	6,45	A
PUR	11,30	A	9,08	B
UV	45,34	B	42,93	C
Температура, °C				
Control	26,03	A	24,80	B
150	26,33	A	21,77	A
180	27,20	A	24,80	B
210	25,62	A	23,79	AB
Кількість шарів				
1	15,16	A	14,40	A
2NS	30,95	B	27,14	B
2S	31,13	B	28,33	B

Примітка: Різні букви позначають значну різницю. SG: статистична група.

Подібні результати одержані Slabejová, Šmidriaková, & Fekiač (2016) під час оцінювання естетичних властивостей прозорого покриття на поверхні деревини бука. Вони показали, що блиск по-

верхні з водорозчинним покриттям був вищим, ніж блиск поверхні з поліуретановим покриттям. Поверхні, шліфовані перпендикулярно до деревинних волокон, мали зменшений блиск порівняно з поверхнями, відшліфованими паралельно до напрямку деревинних волокон.

Вплив температури термічного ущільнення підкладки на блиск лакованої поверхні був статистично значущим ($p \leq 0,05$). Ущільнений шпон, окрім того, що характеризується гладкою поверхнею з меншою шорсткістю, до того ж характеризується ще й вищими значеннями блиску, що було показано у попередньому дослідженні (Bekhta, Proszkyk, Lis, & Krystofiak, 2014c). На загал, із збільшенням температури ущільнення шпону його поверхня є гладкішою, однак блиск покриття на такому ущільненому шпоні не відрізняється від блиску на неущільненій поверхні, що є неочікуваним (див. табл. 3, рис. 1-3). Очевидно, що в цьому випадку шорсткість поверхні має менший вплив на блиск, ніж зміна кольору. Тобто зміна кольору (потемніння поверхні) в даному випадку є вирішальним чинником, що впливає на блиск. Добре відомо, що блиск пов'язаний також із кольором поверхні. Певною мірою зовнішній вигляд кольору та світлість зразка впливають на значення блиску. Відомо, що з підвищенням температури ущільнення, окрім того, що поверхня стає гладкою, вона робиться також темнішою (Bekhta et al., 2014a). Глибина проникнення світла є більшою для темних, ніж для світлих порід деревини. Світло більше поглинається і блиск зменшується.

Кількість шарів суттєво впливає на значення поверхневого блиску. Наявність чи відсутність міжшарового шліфування не має суттєвого ефекту на блиск лакованої поверхні на термічно ущільненій підкладці. Із збільшенням кількості шарів блиск підвищується. Найвищі значення блиску було одержано для двошарового, найнижчі – для одношарового покриття. Це можна пояснити тим, що на значення блиску суттєвий вплив має якість субстрату, зокрема його шорсткість. Оскільки покриття не є оптично гладким, нерівності структури поверхні можуть впливати на блиск. При одношаровому нанесенні лаку його товщина є незначною і тому більше проявлятиметься вплив шорсткості поверхні субстрату, що в кінцевому випадку зменшує блиск. З економічних і екологічних міркувань виробники меблів можуть використати різну кількість шарів на різних площах одного меблевого елемента. Більш відкриті поверхні мають більшу кількість шарів, ніж інші площі. Цей факт може призводити до різниці у зовнішньому вигляді в межах окремого елемента виробу, різних значень блиску.

Аналогічні результати щодо впливу кількості шарів лаку на значення блиску одержані в роботі Slabejová et al. (2016). Як зазначають автори, високий блиск покриття може бути створений технологією послідовних шарів і поліруванням. Якщо щільність шарів збільшується, то збільшується товщина покриття і зменшується шорсткість поверхні. Якщо шорсткість зменшується, то блиск збільшується (Lee et al., 2003).

(а)

(б)

Рис. 1. Залежність блиску поверхні, лакованої водорозчинним лаком, від температури термічного ущільнення і кількості шарів лаку: (а) вздовж волокон; (б) впоперек волокон; 1 – один шар лаку; 2НШ – два шари лаку без проміжного шліфування; 2Ш – два шари лаку з проміжним шліфуванням

(а)

(б)

Рис. 2. Залежність блиску поверхні, лакованої поліуретановим лаком, від температури термічного ущільнення і кількості шарів лаку: (а) вздовж волокон; (б) впоперек волокон; 1 – один шар лаку; 2НШ – два шари лаку без проміжного шліфування; 2Ш – два шари лаку з проміжним шліфуванням

(а)

(б)

Рис. 3. Залежність блиску поверхні, лакованої акриловим лаком ультрафіолетового затвердіння, від температури термічного ущільнення і кількості шарів лаку: (а) вздовж волокон; (б) впоперек волокон; 1 – один шар лаку; 2НШ – два шари лаку без проміжного шліфування; 2Ш – два шари лаку з проміжним шліфуванням

Кількість шарів формують товщину покриття. На наведених рис. 1-3 чітко можна побачити, в якому випадку на блиск впливає якість поверхні субстрату, а в якому сам лак, його якість і хімічний склад. Чим більша кількість шарів, а, отже, більша витрата лаку, тим більшою мірою блиск поверхні визначається якістю лаку, а не субстрату; у цьому випадку вплив субстрату нівельовано більшою кількістю лаку. Чим менша кількість шарів, тим суттєвіший вплив на блиск має поверхня субстрату. Пояснення полягає в тому, що в такому випадку сильніше буде проявлятися вплив шорсткості поверхні. Мала кількість шарів (наприклад, один), а, отже, мала витрата лаку і шорстка поверхня призводять до нерівномірної товщини покриття, яка також може впливати на значення блиску.

Висновки. Дисперсійний аналіз ANOVA показав, що найбільш відчутний ефект на блиск лакованої поверхні на термічно ущільненій підкладці мають (в міру послаблення) такі чинники – тип лакового покриття, кількість нанесених шарів лаку, температура термічного ущільнення. Використання акрилового лаку, затверділого завдяки ультрафіолетовому випромінюванню, серед усіх досліджуваних лаків дає змогу сформувати лаковане покриття з найвищими показниками блиску незалежно від кількості нанесених шарів, температури термічного ущільнення та напрямку волокон деревини. Водорозчинний та поліуретановий лаки дали змогу сформувати матове і напівматове покриття. Із збільшенням кількості шарів лаку блиск лакованої поверхні підвищується. Наявність чи відсутність міжшарового шліфування не суттєво впливає на блиск лакованої поверхні на термічно ущільненій підкладці.

References

- Aksoy, A., Deveci, M., Baysal, E., & Toker, H. (2011). Colour and gloss changes of Scots pine after heat modification, *Wood Research*, 56 (3), 329-336. Retrieved from bit.ly/2JpnBHy
- Bekhta, P., Proszkyk, S., & Krystofiak, T. (2014a). Colour in short-term thermo-mechanically densified veneer of various wood species. *Eur J Wood Prod*, 72 (6), 785-797. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0837-1>.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., Krystofiak, T., Mamonova, M., Pinkowski, G., & Lis, B. (2014b). Effect of thermomechanical densification on surface roughness of wood veneers, *Wood Mater Sci Eng*, 9 (4), 233-245. <https://doi.org/10.1080/17480272.2014.923042>.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., Krystofiak, T., Sedliačik, J., Novák, I., & Mamonova, M. (2017). Effect of short-term thermomechanical densification on the structure and properties of wood veneers. *Wood Mater Sci Eng*, 12 (1), 40-54. <https://doi.org/10.1080/17480272.2015.1009488>.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., Lis, B., & Krystofiak, T. (2014c). Gloss of thermally densified alder (*Alnus glutinosa* Goertn.), beech (*Fagus sylvatica* L.), birch (*Betula verrucosa* Ehrh.), and pine (*Pinus sylvestris* L.) wood veneers. *Eur J Wood Prod*, 72 (6), 799-808. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0843-3>.
- Çakicier, N., Korkut, S., & Korkut, D. S. (2011). Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment. *BioResources*, 6 (2), 1648-1658. Retrieved from bit.ly/3axEP1o
- EN ISO 2813 (2014). *Paints and varnishes – Determination of gloss value at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Lee, S.S., Koo, J.H., Lee, S.S., Chai, S.G., & Lim, J.C.H. (2003). Gloss reduction in low temperature curable hybrid powder coatings. *Progress in Organic Coatings*, 46 (4), 266-272. [https://doi.org/10.1016/S0300-9440\(02\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0300-9440(02)00197-2).
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., & Burudurlu, E. (2015). Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based lacquer product after densification and heat treatment. *J. Wood Sci.*, 61 (6), 586-594. <https://doi.org/10.1007/s10086-015-1506-7>.
- Richter, K., Feist, W.C., & Knabe, M.T. (1995). The effect of surface roughness on the performance of finishes. Part 1: Roughness characterization and strain performance, *Forest Prod J.*, 45 (7/8), 91-97. Retrieved from <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1995/richt95a.pdf>
- Sönmez, A., Budakçı, M., & Pelit, H. (2011). The effect of the moisture content of wood on the layer performance of water borne lacquer products. *BioResources*, 6 (3), 3166-3177. Retrieved from https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_06_3_3166_sonmez_BP_Moisture_Wood_Varnishes/1076
- Slabejová, G., Šmidriaková, M., & Fekiač, J. (2016). Gloss of transparent coating on beech wood surface, *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, 58 (2), 37-44. <https://doi.org/10.17423/afx.2016.58.2.04>.
- Williams, R.S. (2010). Finishing of Wood. In: *Wood Handbook. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, Chapter 16*. 16–1–16–39. Retrieved from bit.ly/2Utgiox
- Zivkovic, V. (2004) Gloss and gloss measurement. *Drvna Industrija*, 55 (3), 145-150. Retrieved from bit.ly/3bIJFc7

Влияние температуры термического уплотнения древесной подложки, типа лака и количества его слоев на блеск отделанной поверхности

П. А. Бэхта¹, Ю. В. Максимив², Т. Кристоф'як³

В деревообрабатывающей промышленности поверхность подложки принято шлифовать перед нанесением лакового покрытия. Основная цель этого исследования – выяснить, можно ли заменить операцию шлифования подложки перед нанесением лакового покрытия и определить, насколько сильны влияние температуры термического уплотнения, типа лака и количества слоев на блеск отделанной поверхности. В качестве подложки использовали очищенный шпон *Alnus glutinosa* размерами 300 × 300 × 1,5 мм без видимых повреждений и влажностью 6%. Листы шпона были приклеены к волокнистой плите средней плотности (MDF). Перед процессом наклеивания шпона на поверхность плиты его подвергали процессу термического уплотнения при температуре 150, 180 и 210°C при давлении 2 МПа в течение 3 минут. Использовали три типа лаков: водорастворимый (IQ-HY1330-15), полиуретановый (R533-2-15) с добавлением 10% отвердителя RLН6110 и 10% растворителя V721 и акриловый (UV120-45) ультрафиолетового затвердевания. Для оценки влияния шлифования на блеск отделанной поверхности на термически уплотненную поверхность подложки наносили один или два слоя лака, с межслойным шлифованием или без него. Блеск оценивали под углом отражения света 60° с помощью блескомера Erichsen PICOGLOSS 503. Для сравнения измеряли блеск лакированной поверхности на шлифованной подложке. Анализ результатов исследования ANOVA показал, что все переменные факторы, такие как температура уплотнения шпона, тип нанесенного лака и количество слоев лака, существенно ($p \leq 0,05$) влияют на формирование блеска лакированной поверхности термически уплотненной подложки. Тип нанесенного лака

является фактором, имеющим наибольшее влияние на блеск поверхности ($F = 841,041$ вдоль волокон, $F = 873,409$ поперек волокон). Сочетание воздействий таких факторов, как температура уплотнения и наличие или отсутствие межслойного шлифования, не имеют существенного влияния на поверхностный блеск ($F = 1,333$, $p = 0,241$ вдоль волокон; $F = 0,926$, $p = 0,476$ поперек волокон). Такая же ситуация и с комбинированным действием всех исследованных факторов: $F = 1,217$, $p = 0,269$ вдоль волокон, $F = 1,251$, $p = 0,246$ поперек волокон. Результаты теста Дункана также показали, что тип нанесенного лака оказывает наибольшее влияние на создание поверхности с высоким показателем блеска (GU). Самые низкие значения наблюдаются в случае использования водорастворимого лака ($GU = 9,52$ вдоль волокон и $GU = 6,45$ поперек волокон), что соответствует матовой поверхности. Использование полиуретанового лака приводило к матовой или полуматовой поверхности со средним значением блеска $GU = 11,3$ вдоль волокон и $GU = 9,09$ поперек волокон. Акриловый лак ультрафиолетового затвердевания позволяет формировать поверхность с высоким значением блеска (среднее значение $GU = 45,34$ вдоль волокон и $GU = 42,93$ поперек волокон). Значение блеска увеличивается с увеличением количества слоев лакового покрытия. Межслойное шлифование не оказывает существенного влияния на значение блеска лакированной поверхности термически уплотненной подложки.

Ключевые слова: термо-механическое уплотнение; блеск; водорастворимый лак; полиуретановый лак; акриловый лак.

The effect of temperature of thermal densification of wood substrate, type of lacquer and number of its layers on gloss of finished surface

P. Bekhta¹, Y. Maksymiv², T. Krystofiak³

The surface of the wood substrate is needed to be sanded before applying required amount of lacquer. The

¹ Бэхта Павло Антонович – академик Лесной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: + 38-032-238-44-99. Факс: + 38-032-237-89-05. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

² Максимив Юрий Володымырович – аспирант кафедры технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: + 38-032-238-44-99. E-mail: maxymiv.yura@gmail.com

³ Кристоф'як Томаш – доктор габилитованный, кафедра древесных композиционных материалов. Познанский университет наук о жизни, ул. Войска Польского, 28, Познань, 60-637, Польша. E-mail: krystofiak@up.poznan.pl ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2060-0295>

¹ Pavlo Bekhta – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynky st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

² Yurii Maksymiv – PhD student, Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynky st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-032-238-44-99. E-mail: maxymiv.yura@gmail.com

³ Tomasz Krystofiak – Doctor habil. Department of Wood-Based Materials. Poznan University of Life Sciences, Wojska Polskiego st., 28, Poznan, 60-637, Poland. E-mail: krystofiak@up.poznan.pl ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2060-0295>

main purpose of this study is to find out if it is possible to replace the sanding process of wood substrate before applying a lacquer, and to determine how strong are effects of the thermal densification temperature, type of lacquer and number of lacquer layers on the gloss of the finished surface. As a substrate, were used rotary-cut alder veneer sheets with dimensions of 300×300×1.5 mm, without any visible damage, with relative humidity 6%. Veneer sheets were bonded to a medium density fiberboard (MDF). Before the bonding process, veneer sheets were exposed to the thermal compression between the platens of the hot press at 150 °C, 180 °C and 210 °C at the pressure of 2 MPa within 3 minutes. Three types of lacquers were used: waterborne lacquer (IQ-HY1330-15), polyurethane lacquer (R533-2-15) with adding 10% of hardener RLH6110 and 10% of solvent V721, and acrylic lacquer (UV120-45) cured by ultraviolet radiation. On the thermally densified surface was applied one or two layers of lacquer with or without interlayer sanding for evaluation of the effect of sanding on the gloss of the finished surface. The gloss was evaluated at an angle of light reflection of 60 ° using an Erichsen PICOGLOSS 503 glossmeter. For the comparison, gloss of lacquered surface was also measured on the sanded substrate. The ANOVA analysis of the obtained results showed that all the variable factors like temperature of densification of veneer, type of applied lacquer and number of lacquer layers are significantly ($p \leq 0.05$) affecting the formation of gloss of the lacquered surface on the

thermally densified substrate. Type of applied lacquer is the factor with the highest effect on surface gloss ($F = 841,041$ along fibers, $F = 873,409$ across fibers). Combined effect of such factors like temperature of densification and absence of interlayer sanding don't have significant effect on surface gloss ($F = 1,333$, $p = 0,241$ along fibers; $F = 0,926$, $p = 0,476$ across fibers). The same situation was observed for combined effect of all investigated factors – $F = 1,217$, $p = 0,269$ along fibers, $F = 1,251$, $p = 0,246$ across fibers. Results of Duncan's test also showed that the type of applied lacquer has the greatest effect on the creating surface with the highest gloss unit (GU) number. Lowest values of gloss were observed in case of using waterborne lacquer ($GU = 9,52$ along fibers and $GU = 6,45$ across fibers) which is corresponding to be a matte surface. Polyurethane lacquer is forming matte and half matte surface gloss with average gloss value number of $GU = 11,3$ along fibers and $GU = 9,09$ across fibers. Acrylic lacquer cured by ultraviolet radiation allows to form the lacquer surface with the highest gloss value (average value $GU = 45,34$ along fibers and $GU = 42,93$ across fibers). The gloss value increases as the number of lacquer layers increases. Interlayer sanding does not have a significant effect on the gloss value of the lacquer surface on a thermally densified substrate.

Key words: thermo-mechanical densification; gloss; waterborne lacquer; polyurethane lacquer; acrylic lacquer.