

## ВЛИЯНИЕ НА НЯКОИ ТЕХНОЛОГИЧНИ ФАКТОРИ ВЪРХУ ЯКОСТТА НА СЛЕПВАНЕ НА ШПЕРПЛАТ ОТ ИГЛОЛИСТНА ДЪРВЕСИНА

Миглена Вальова, Йорданка Иванова, Иван Генев  
Лесотехнически университет, София

### Резюме

Качествата на шперплата като слепен слоест материал в значителна степен зависят от качествата на лепилото, използвано за съединение на фурнирни листове. Към последното се предявяват редица изисквания от технологичен, експлоатационен и икономически характер, зависещи от областта на приложение на шперплата и изготвената от него продукция. Фенолформалдехидните лепила се отличават от другите известни видове синтетични лепила главно със здравите и водоустойчиви съединения, които образуват. Промисленият опит от използването на тези лепила показва, че слепената от тях дървесина, придобива значителна устойчивост спрямо промените на атмосферната влажност и температура на средата. Данните от настоящата работа показват, че експериментално произведеният шперплат със свързващо вещество ФФС от иглолистна дървесина се характеризира с добри якостни показатели, висока водоустойчивост, ниска плътност и красив външен вид. Тези му качества го правят особено пригоден като материал за мебелното производство, вагоностроенето и строителството.

**Ключови думи:** шперплат, фенолформалдехидни лепила, иглолистна дървесина, якост на слепване, свойства.

**Key words:** plywood, phenol formaldehyde adhesives, softwood, adhesive strength, properties.

**JEL:** Q23.

### Увод

Шперплатът е една от възможните модификации на дървесината, широко използвана като конструктивен материал. Свойствата му зависят от дървесния вид и лепило, а така също от взаимното разположение на отделните фурнирни листове.

Използването на синтетични лепила придава на шперплата висока якост и водоустойчивост. В сравнение с натуралната дървесина, последният има много по-малка анизотропност, високи якостни показатели, повишена твърдост и редица други положителни качества. С появата на синтетичните лепила, слепването като метод за съединяване на различни материали придобива решаващо значение в много отрасли на промишлеността – строителство, корабостроене, вагоностроене, мебелно производство и някои други области.

Фенолформалдехидните смоли се използват главно за слепването на отговорни конструкции и за производството на водоустойчив шперплат, тъй като имат добри адхезионни свойства, повишена водоустойчивост (в хладка и гореща вода), както и значителна биоустойчивост [2, 4].

Фенолформалдехидните смоли се образуват при взаимодействието на фенол или негови производни с формалдехид в присъствието на катализатор. В зависимост от съотношението на изходните вещества и рН на средата може да се получат термопластични (новолачни) или терморезистивни (резолни) смоли [2].

Новолачните смоли се получават при излишък на фенол в реакционната среда и в присъствието на кисели катализатори, създаващи рН 7. Тези смоли не се използват самостоятелно като лепила, но понякога се прибавят към последните с цел подобряване на някои свойства.

Резолните смоли се получават при различни молни съотношения на фенола и формалдехида (от 1:1 до 1:2 и повече) като се използват катализатори с основен характер (рН 7). Втвърдяването им става чрез голям брой химични реакции между функционалните групи (метилолни и хидроксилни) и образуването на водородни връзки [3].

Този процес протича в три стадия: начален (резол), междинен (резитол) и краен (резит). Според степента на втвърдяване и прехода в следващия стадий се намалява разтворимостта и топимостта на смолата и в същото време се повишават нейната твърдост, здравина и водоустойчивост.

Скоростта на химичните реакции, с които фенолформалдехидните смоли се превръщат в по-високомолекулни съединения при прехода им в необратимо и нетопимо състояние, в значителна степен определя скоростта на втвърдяване на смолата при слепване на дървесината.

Лепилните свойства на фенолформалдехидните смоли се характеризират със следните основни показатели: концентрация, вискозитет, съдържание на свободен фенол, съдържание на

свободни функционални групи, алкалност на смолата и време за втвърдяване.

В дървообработващата промишленост фенолформалдехидните лепила намират приложение при производството на водоустойчив шперплат по сухия горещ метод. Слелването на фурнирните листове в шперплатен лист представлява сложен комплекс от физикохимични процеси и явления, целящи получаването на продукт с висока якост на лепилния шев и качествено определени физикохимични показатели [5].

Разнообразните процеси и явления протичащи при слелването на шперплата се обуславят от голям брой фактори, условно разделени в три групи в зависимост от това какви свойства характеризират.

Към първа група се отнасят факторите, характеризиращи фурнира и шперплатния пакет – дървесен вид, влажност и грапавост на фурнира, начална температура, дебелина и строеж на шперплатния пакет.

Към втора група спадат факторите, характеризиращи лепилото – неговите свойства и начин на употреба (вид, състав, количество на нанесения слой).

Към трета група се причисляват факторите, характеризиращи условията, при които се извършва пресуването – налягане, температура на пресуване и продължителност на слелване.

Режимът на слелване представлява оптимално съчетание на факторите от трите групи [1].

Целта на настоящото изследване е да се определят най-подходящите стойности и взаимното влияние на някои технологични фактори върху физикохимичните свойства на шперплат от иглолистна дървесина.

### Материали и методи

За осъществяване на поставените цели са извършени няколко серии опити, чиито символични означения са дадени в табл. 1.

Табл. 1. Схема на извършените серии опити

Серия №	Насока на изследванията
I	<i>Продължителност на слелването (мин.)</i>
I-17	17
I-20	20
I-23	23
I-26	26
II	<i>Разход на лепило (g/m<sup>2</sup>)</i>
II-90	90
II-110	110
II-130	130
II-150	150
II-170	170

Като суровина за извършването на експериментите е използван иглолистен фурнир, произведен в шперплатен цех в град Сливен. Линейните размери на листовите са 550/550 mm, като дебелината на използвания при различните серии опити фурнир е дадена в табл. 2. Изсушаването на фурнира непосредствено преди извършването на експеримента до влажност  $\pm 2\%$  е осъществено на лентова сушилня.

Табл. 2. Дебелина на използвания при различните серии опити фурнир

Серия №	Средна аритметична стойност, mm	Средно квадратично отклонение, mm	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, mm	Показател на точността, %	Брой на пробните тела
I	2,57	0,06	2,50	0,019	0,75	44
I-17	2,62	0,09	3,36	0,027	1,01	11
I-20	2,52	0,05	2,08	0,016	0,63	11
I-23	2,54	0,06	2,23	0,017	0,67	11
I-26	2,60	0,06	2,34	0,018	0,71	11
II	2,53	0,10	3,97	0,015	0,60	44

Като свързващо вещество при провеждането на сериите опити е използвана фенолформалдехидна смола, получена при кондензация на фенол и формалдехид в присъствие на катализатор натриева основа. Смолата е взета от цеха за шперплат в с. Черни Осъм, непосредствено преди провеждането на експеримента. Данните отразени в сертификата са следните:

1. Вискозитет при 20 °C по ВЗ-6 в секунди – 45 секунди;
2. Съдържание на сухо вещество – 54%;
3. Съдържание на свободен фенол – 3,3%;

4. Водоразтворимост – 1:2;
5. Водороден показател – 11%;
6. Скорост на втвърдяване при съответна стойност на температурата: 150 °C – 35 секунди; 140 °C – 45 секунди; 130 °C – 60 секунди; 120 °C – 1,15 минути; 110 °C – 1,25 минути; 100 °C – 1,30 минути.

Преди нанасянето на лепилото смолата е загрявана до температура около 35 °C с оглед увеличаване на течливостта и обмазващата и способност.

Конструкцията на експериментално произведения шперплат е от 11 пласта фурнир с еднаква дебелина и с редуващо се взаимно перпендикулярно разположение на дървесните влакна на съседните пластове. Лепилото е нанасяно двустранно върху четните фурнирни листове.

При изследване влиянието на определен фактор всички останали фактори са постоянни, както следва:

1. Изследване влиянието на продължителността на слепване – променлив фактор в четири варианта (17, 20, 23 и 26 минути) при постоянни фактори: налягане 1,8 МПа, температура  $140 \pm 2$  °С и разход на лепило  $130 \text{ g/m}^2$ .
2. Изследване влиянието на разхода на лепило – променлив фактор в пет варианта (90, 110, 130, 150,  $170 \text{ g/m}^2$ ) при постоянни фактори: 1,8 МПа, температура  $140 \pm 2$  °С и продължителност на слепване 20 минути.

Изследванията на физикомеханичните свойства на експериментално произведения шперплат са проведени съгласно стандартните методи.

### Резултати и обсъждане

За сериите опити с променлив фактор продължителност на слепване са изследвани някои физични показатели като: спресуване, плътност, водопоглъщане, обемно набъбване и механичният показател якост на слепване.

За сериите опити с променлив фактор разход на лепило е изследвана само якостта на слепване.

Резултатите от изследванията на физикомеханичните свойства на експериментално произведената серия шперплат при различна продължителност на слепване илюстрират определящото влияние на този фактор за режима на слепване.

Четирикратно проведеният опит за спресуване на шперплат с продължителност на слепване 14 минути показва невъзможността за втвърдяване на смолата и за осигуряване на свободен излаз на отделената по време на процеса влага.

При увеличаване на времето на спресуване, съответно на 15 и 16 минути се очерта тенденцията към ограничаване на разлепването. Сериите опити с продължителност на слепване 17 минути се оказва най-подходяща.

Съгласно данните в таблица 3 плътността на експериментално произведения шперплат се увеличава с увеличаване продължителността на слепване като достига най-високата си стойност –  $642 \text{ kg/m}^3$  при време на слепване 26 минути. Резултатът е напълно логичен като се има в предвид, че и процентът на спресуване също е най-висок при тази продължителност на слепване и следователно при равни други условия в единица обем ще се съдържа най-голямо количество дървесни елементи, т.е. плътността на шперплата ще бъде най-висока.

Табл. 3. Плътност на шперплата в зависимост от продължителността на слепване

Продължителност на слепване, min.	Средна аритметична стойност, $\text{kg/m}^3$	Средно квадратично отклонение, $\text{kg/m}^3$	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, $\text{kg/m}^3$	Показател на точността, %	Брой пробни тела
17	551,0	12,72	2,31	2,84	0,52	20
20	558,56	14,16	2,41	3,17	0,54	20
23	629,97	16,62	2,64	3,72	0,59	20
26	641,94	17,66	2,75	3,95	0,62	20

Резултатите от изпитванията на пробните тела от тази серия за установяване на процента на водопоглъщане показват, че последното намалява с увеличаване продължителността на

слепване, като съгласно данните от табл. 4 – от 26,61% при време на слепване 17 минути достига 19,66% при време на слепване 26 минути.

Табл. 4. Водопоглъщане на шперплата в зависимост от продължителността на слепване

Време на пресуване, min.	Средна аритметична стойност, %	Средно квадратично отклонение, %	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, %	Показател на точността, %	Брой пробни тела
17	26,61	0,25	0,93	0,078	0,29	10
20	21,85	0,20	0,90	0,063	0,29	10
23	20,81	0,13	0,64	0,042	0,20	10
26	19,66	0,19	0,95	0,059	0,30	10

Анализът на данните за процента на обемното набъбване (табл. 5) показват резултати обратни на горепосочените – с увеличаване на

продължителността на слепване обемното набъбване расте като от 11,57% при продължителност на слепване 17 минути достига стойност

23,69% при продължителност на слепване 26 минути.

Табл. 5. Обемно набъбване на шперплата в зависимост от продължителността на слепване

Продължителност на слепване, min	Средна аритметична стойност, %	Средно квадратично отклонение, %	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, %	Показател на точността, %	Брой пробни тела
17	11,57	0,05	0,39	0,014	0,12	10
20	14,21	0,06	0,41	0,019	0,13	10
23	20,87	0,15	0,74	0,049	0,23	10
26	23,69	0,08	0,33	0,025	0,11	10

От гореизложения анализ на влиянието на продължителността на слепване върху физико-механичните свойства на експериментално произведения шперплат може да се приеме за оптимална 20-минутната продължителност, тъй като тя гарантира якостни показатели в границите на стандарта и приемливи стойности на спресуването, водопоглъщането и обемното набъбване.

Якостта на слепване като най-важен показател за механичните свойства е предмет на об-

тошно изследване. Минималната стойност за якостта на слепване в зависимост от продължителността на слепване в сухо състояние е 1,43 МПа при време на слепване 17 минути, а максималната – 2,22 МПа при време на слепване 26 минути. Якостта на слепване след третиране на пробните тела във вряща вода в продължение на 1 час също показва едно разсейване на стойностите с минимум 0,93 МПа и максимум 1,41 МПа съгласно данните в табл. 6.

Табл. 6. Якост на слепване на шперплата в зависимост от продължителността на слепване

Продължителност на слепване, min.	Средна аритметична стойност, МПа	Средно квадратично отклонение, МПа	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, МПа	Показател на точността, %	Брой пробни тела
<b>В сухо състояние</b>						
17	1,43	0,21	14,58	0,42	2,91	25
20	2,21	0,30	13,35	0,059	2,67	25
23	2,00	0,25	12,37	0,049	2,48	25
26	2,22	0,26	11,72	0,052	2,34	25
<b>След 1-часов престой във вряща вода</b>						
17	0,93	0,12	12,72	0,024	2,55	25
20	1,41	0,26	18,19	0,051	3,64	25
23	1,37	0,20	14,69	0,040	2,94	25
26	1,40	0,12	9,19	0,026	1,84	25

Стойностите на якостта на слепване в сухо състояние в зависимост от разхода на лепило (табл. 7) показват стабилизиране около стойността 2,21 МПа, като между отделните варианти разликата е минимална. При якостта на слепване след 1-часов престой във вряща вода

резултатите са аналогични, с най-висока стойност на якостта при разход на лепило 130 g/m<sup>2</sup>. Следователно може да се приеме, че оптималният разход на лепило при условията на проведените опити е 130 g/m<sup>2</sup>.

Табл. 7. Якост на слепване на шперплата в зависимост от разхода на лепило

Разход на лепило, g/m <sup>2</sup>	Средна аритметична стойност, МПа	Средно квадратично отклонение, МПа	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, МПа	Показател на точността, %	Брой пробни тела
<b>В сухо състояние</b>						
90	2,20	0,27	12,17	0,054	2,43	25
110	2,11	0,14	6,39	0,027	1,28	25
130	2,21	0,30	13,35	0,059	2,67	25
150	2,21	0,09	4,20	0,019	0,84	25
170	2,25	0,21	9,40	0,042	1,88	25
<b>След 1-часов престой във вряща вода</b>						
90	1,36	0,23	17,06	0,046	3,41	25
110	1,29	0,20	15,24	0,039	3,05	25
130	1,41	0,26	18,19	0,051	3,64	25

(продължение)

Разход на лепило, g/m <sup>2</sup>	Средна аритметична стойност, МПа	Средно квадратично отклонение, МПа	Вариационен коефициент, %	Средна грешка, МПа	Показател на точността, %	Брой пробни тела
150	1,31	0,13	9,56	0,025	1,91	25
170	1,30	0,12	0,17	0,024	1,83	25

### Заклучение

От анализа на резултатите от изследванията за влиянието на основните технологични фактори на режима на слепване върху физикомеханичните свойства на шперплат марка ФФА от иглолистна дървесина може да бъдат направени следните изводи:

1. Оптималните стойности на основните технологични фактори на режима на слепване са: продължителност на слепване – 20 минути; налягане – 1,8 МПа и температура – 140 ± 2 °С. Тези параметри осигуряват оптимални физикомеханични показатели: дебелина на шперплата – 20,43 mm; плътност – 558,56 kg/m<sup>3</sup>; водопоглъщане – 21,85%; обемно набъбване – 14,21%; якост на слепване в сухо състояние – 2,21 МПа; якост на слепване след 1-часов престой във вряща вода – 1,41 МПа.
2. Оптимален разход на лепило – 130 g/m<sup>2</sup> – това гарантира добра якост на слепване в сухо състояние (2,21 МПа) и най-висока якост на слепване след 1-часов престой във вряща вода (1,41 МПа).

Промишленото производство на този вид шперплат ще доведе до разширяване на сортамента на дървообработващата ни промишленост, което би имало положителен икономически ефект.

### Благодарност

Авторите на тази статия изказват благодарност на Лесотехнически университет, град София за финансовата подкрепа (договор № 133/2012 г.)

### Литература

1. Bodig, J., Jayne B. *Mechanics of wood and wood composites*. Van Nostrand. New York. 1982. p. 712.
2. Knop, A., Pilato, L. *Phenolic resins. Chemistry, applications and performance. Future directions*. Springer-Verlag. Berlin. 1985.
3. Nakos, P., Tsiantzi S., Athanassiadou E. *Wood adhesives made with pyrolysis oils*. A. C. M. Wood Chemicals plc.
4. Wang, X., Reidl B., Geimer R., Christiansen A. *Phenolformaldehyde resin curing and bonding under dynamic conditions*. Wood Science and Technology. 1996. 6. 30. p. 423.
5. Weight, C. *A novel wood-strand composite laminate using small-diameter timber*. Ph.D dissertation. Washington State University. Department of Civil and Environmental Engineering. 2007.

## INFLUENCE OF SOME TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE ADHESIVE STRENGTH OF PLYWOOD FROM SOFTWOOD

Miglena Valyova, Yordanka Ivanova, Ivan Genov  
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

### Abstract

The qualities of plywood as a glued, laminated material mainly depend on the quality of the glue used for link of veneer sheets. A number of requirements of technical, operational and economic considerations are brought, depending on plywood application and made of it production. Phenol formaldehyde adhesives are distinguished from other known types of synthetic adhesives mainly with their ability to form strong and water resistant compounds. Industrial experience from the use of these adhesives shows that the glued wood is considerably resistant to changes in atmospheric humidity and temperature. The present work data show that the experimentally produced plywood with binder FSF wood is characterized by good strength, high water resistance, low density and good looks. These properties make it particularly suitable as a material for furniture production, trains and construction.