

УДК 674.817

И.В. Яцун, Ю.И. Ветошкин

РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНО-КЛЕЕВОЙ ПРОСЛОЙКИ В СЛОИСТОМ МАТЕРИАЛЕ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

Приведена методика расчета минимальной толщины защитно-клеявого слоя слоистого материала специального назначения на основе древесины, обеспечивающего достаточные защитно-прочностные характеристики.

Ключевые слова: защитный материал, защита от рентгеновского излучения, фанера специального назначения, защитно-клеявая прослойка, конструкционный материал, отделочный материал.

Известно, что создание слоистых пластиков из шпона с включением в конструкцию фольги, полиэтилена, стекла, армирующих сеток и др. позволяет расширять область применения древесины и получать материалы с заранее задаваемыми свойствами.

Поисковые работы и лабораторные исследования, проведенные на кафедре механической обработки древесины УГЛТУ, позволили создать конструкцию слоистого материала на основе древесины (березовый лущеный шпон) и фольги из легкоплавкого сплава Вуда. Этот материал можно использовать в качестве защитного, конструкционного и отделочного материала в местах применения ионизирующего (в частности рентгеновского) излучения.

Фольга из легкоплавкого сплава Вуда помимо защитной функции играет и роль связующего. Недостаток такого армирующего слоя – его дороговизна, связанная с высокой стоимостью цветных металлов, входящих в сплав.

Цель теоретических исследований – определение минимальной толщины фольги из сплава, которая обеспечивала бы достаточные прочностные (ГОСТ 9624–93, ГОСТ 9625–87, ГОСТ 9622–87) и защитные [4] свойства материала.

Поставленную задачу решали с помощью расчета расхода связующего, необходимого для создания конструкции слоистого материала [3].

Для обеспечения прочного клеявого соединения [6] связующее расходуется для заполнения неровностей поверхностей шпона Q_1 ; капиллярного всасывания в граничные слои Q_2 ; создания сплошного «клеявого» слоя минимальной толщины Q_3 .

Общий расход связующего можно определить как сумму

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (1)$$

1. Количество связующего, расходуемое на заполнение объема зазора между контактирующими поверхностями шпона:

$$Q_1 = V_3 \rho, \quad (2)$$

где V_3 – объем зазора между листами шпона при их контакте [8], м³;
 ρ – плотность сплава Вуда, $\rho = 9,7 \cdot 10^6$ г/м³.

Результаты расчета количества связующего, расходуемого на заполнение объема зазора Q_1 , в зависимости от качества обработки поверхности лушеного шпона R_{\max} , представлены в таблице.

2. Глубина проникновения клеевого слоя в граничные слои шпона при изготовлении слоистого материала (согласно экспериментальным данным [8]) составляет 0,3 мм. Количество связующего, расходуемое на проникновение в граничные слои шпона:

$$Q_2 = V' \rho, \quad (3)$$

где V' – объем связующего, проникшего на глубину до 0,3 мм, при условной пористости древесины 37,2 % и влажности 8 %.

| R_{\max} , мкм | 63 | 73 | 93 | 119 | 144 |
|------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $Q_{1,2}$, г | 74,88 | 88,27 | 103,11 | 117,37 | 133,86 |

Тогда

$$Q_2 = 1 \cdot 0,0003 \cdot \frac{37,2}{100} \cdot 9,7 \cdot 10^6 = 1082,5 \text{ г.}$$

3. Для придания конструкции слоистого материала защитных свойств от рентгеновского излучения необходимо создать сплошной и однородный по толщине «клеевой» слой, который должен нести основную защитную функцию. Для определения минимальной толщины сплошного слоя воспользуемся основным законом ослабления рентгеновского излучения:

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (4)$$

где I_0 и I – соответственно значение интенсивности пучка, падающего на вещество и дошедшего до глубины x , кэВ;

μ – линейный коэффициент ослабления сплава Вуда, см⁻¹;

x – толщина материала, см.

Линейный коэффициент ослабления определенного элемента пропорционален его плотности, поэтому введем массовый коэффициент ослабления, характеризующий ослабление излучения единицей массы вещества:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}, \quad (5)$$

где μ_m – массовый коэффициент ослабления, см²/г.

Для вещества сложного химического состава имеем

$$\mu_m = \mu_{m1} P_1 + \mu_{m2} P_2 + \dots + \mu_{mn} P_n, \quad (6)$$

где $\mu_{m1} \dots \mu_n$ – массовые коэффициенты ослабления соответствующих

$$\text{частей, } \mu_{m1} = \frac{\mu_1}{\rho_1}; \mu_{m2} = \frac{\mu_2}{\rho_2}; \dots \mu_{mn} = \frac{\mu_n}{\rho_n};$$

P_1, P_2, \dots, P_n – их относительные весовые количества.

Поскольку сплав Вуда является веществом сложного химического состава, то величину линейного коэффициента ослабления можно определить на основании элементарного состава [7] и линейных и массовых коэффициентов ослабления его составляющих [2].

Массовый коэффициент ослабления сложным образом зависит от атомного номера химического элемента и длины волны рентгеновского излучения [1]. Для определения массовых коэффициентов ослабления элементов, входящих в состав сплава, в зависимости от рабочего напряжения рентгеновской трубки воспользуемся номограммой [5]. Рассчитаем массовые коэффициенты ослабления сплава Вуда согласно (6) и определим линейные коэффициенты ослабления по формуле (5).

Преобразовав формулу (4) и задав величину кратности ослабления рентгеновских лучей, прошедших через слой фольги из сплава Вуда, рассчитаем толщину защитного слоя фольги. Результаты расчета представлены в виде графиков на рис. 1.

7*

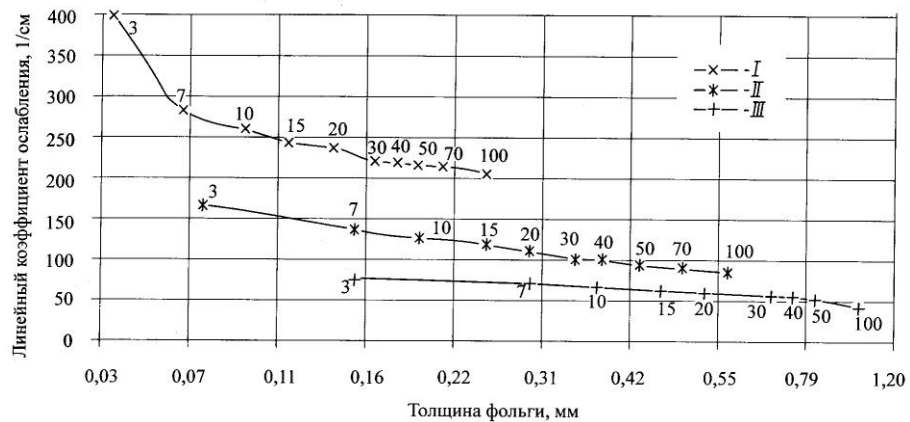


Рис. 1. Зависимость линейного коэффициента ослабления фольги из сплава Вуда от ее толщины (цифрами обозначена кратность ослабления рентгеновских лучей) при напряжении 50 (I), 75 (II) и 100 кэВ (III)

Из рис. 1 видно, что при рабочем напряжении рентгеновской трубки 75 кэВ (наиболее часто применяемого в медицине) и кратности ослабления рентгеновского излучения в 40 раз толщина защитного слоя должна составлять не менее 0,36 мм. Трехслойная конструкция материала, имеет два «клеевых» слоя, т.е. для получения слоистого материала с требуемыми свойствами толщина каждого из слоев должна составлять не менее 0,18 мм.

Количество связующего, расходуемое на создание сплошного слоя на 1 м^2 слоистого материала:

$$Q_3 = V''\rho, \quad (7)$$

где V'' – объем сплошного слоя толщиной $0,18 \text{ мм}$ на площади 1 м^2 .

Тогда

$$Q_3 = 0,00018 \cdot 9,7 \cdot 10^6 = 1746 \text{ г.}$$

Таким образом, на основании теоретических расчетов, подкрепленных экспериментальными данными, определена минимальная толщина фольги из сплава Вуда, необходимая для создания слоистого материала, обладающего защитными свойствами от рентгеновского излучения.

Также определена зависи-

мость между толщиной фольги и качеством поверхности березового лущеного шпона (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что с увеличением высоты неровностей поверхности шпона, требуется увеличить толщину фольги из сплава. Это объясняется, главным образом, увеличением зазора между контактирующими листами шпона, т.е. того пространства, которое должен заполнить сплав.

Поскольку березовый лущеный шпон является веществом органического происхождения, то его защитные свойства от рентгеновского излучения пренебрежительно малы по сравнению с защитными свойствами сплава Вуда. Поэтому защитные свойства слоистого материала напрямую определяются толщиной фольги.

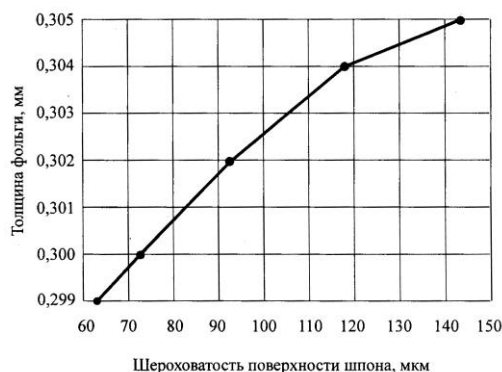


Рис. 2. Зависимость толщины фольги из сплава Вуда от шероховатости поверхности шпона при создании слоистого материала специального назначения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аглинцев К.К.* Дозиметрия ионизирующего излучения / К.К. Аглинцев. – М.: Гос. изд-во техн.-теоретич. лит., 1957. – 503 с.
2. *Голубев Б.П.* Дозиметрия и защита от ионизирующего излучения / Б.П. Голубев. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во энергет. лит., 1963. – 336 с.
3. *Демкин Н.Б.* Контактное шлифование шероховатых поверхностей / Н.Б. Демкин. – М.: Наука, 1970. – 228 с.
4. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.802–99. – М.: Изд-во «ИнтерСЭН», 2000. – 72 с.
5. *Миркин Л.И.* Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961. – 864 с.

6. Чубинский А.Н. Формирование клеевых соединений древесины / А.Н. Чубинский. – СПб: СПбГУ, 1992. – 164 с.

7. Шпагин А.И. Справочник по машиностроительным материалам: Т. 2 / А.И. Шпагин. – М.: Машгиз, 1959. – С. 320–355.

8. Яцун И.В. Слоистый материал специального назначения на основе древесины: дис. ... канд. техн. наук. / И.В. Яцун. – Екатеринбург, 2003 – 190 с.

I.V. Yatsun, Yu.I. Vetoshkin

Calculation of Minimal Thickness of Protective-glue Layer in Wood-based Laminated Material of Special Purpose

The technique for calculating the minimal thickness of protective-glue layer for the structure of wood-based laminated material of special purpose is provided, ensuring the sufficient protective-strength characteristics.

