

Яцун И.В., Шишкина С.Б., Совина С.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) iryatsun@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ АРМИРУЮЩЕГО СЛОЯ РЕНТГЕНОЗАЩИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

Приведены результаты исследования процесса сушки армирующего слоя рентгенозащитного композиционного материала на основе древесины. Даны рекомендации по ускорению процесса.

Настоящее время отличается высокими темпами научно-технического прогресса. Развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами. Требуются материалы со сверхвысокой прочностью, твердостью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью, другими характеристиками и совместным сочетанием этих свойств. Вместе с тем, в настоящее время известны сотни тысяч различных некомпозиционных природных и искусственных материалов, которые уже не отвечают возрастающим требованиям. При этом открытие принципиально новых материалов происходит крайне редко. Это свидетельствует о том, что подавляющее большинство «простых» (некомпозиционных) материалов уже открыто, и ждать в этом направлении больших достижений не приходится. Но научно-технический прогресс не останавливается и требует новых материалов. Поэтому основное и долгосрочное направление в разработке новых материалов сейчас состоит в создании материалов путем соединения различных уже известных материалов, то есть – в получении композиционных материалов.

Одним из таких материалов является композиционный рентгенозащитный материал, в состав которого не входит токсичный свинец, требующий особой утилизации при эксплуатации [1].

Композиционный материал состоит из слоев лущеного шпона чередующихся с армирующими слоями. Армирующий слой выполняют основную рентгенозащитную функцию. В основе него лежит волокнистый материал, наполненный пропиточным составом, состоящим из минерального наполнителя, связующего и воды. Пропитанный рентгенозащитной композицией армирующий слой подвергается процессу сушки, а затем высохший материал собирается в слоистый пакет и запрессовывается по определенному технологическому режиму [1].

Правильно выбранные параметры, в частности продолжительность сушки армирующего слоя пропитанного разработанной пропиточной композиции позволяют получить более высокие показатели защитно-эксплуатационных свойств композиционного слоистого материала и рационально организовать технологию его производства, а также эффективно использовать производственные площади. Процесс сушки в данном случае является результатом «физического высыхания» пропиточной композиции в волокнистом материале, т.е. испарения летучих веществ – в данном случае воды.

Под полным высыханием подразумевается процесс прекращения потери массы армирующего слоя в результате его сушки. Время высыхания зависит от ряда факторов, таких как: температура сушки, относительной влажности воздуха, количества летучих веществ, содержащихся в пропиточной композиции и др.

Скорость сушки армирующего слоя за счет испарения воды можно представить в виде кривой сушки (рис.1) и описать уравнением (1) [1]. :

$$W = - \frac{Ldx}{Ad\tau}, \quad (1)$$

где W – скорость сушки, кг летучих веществ/м² поверхности твердой массы·ч;
 L – вес твердого покрытия (массы), рассчитанный на сухой остаток, кг;
 x – содержание летучих веществ в твердой массе, кг/кг сухого остатка;
 A – площадь сушки, м²;
 τ – время, ч.

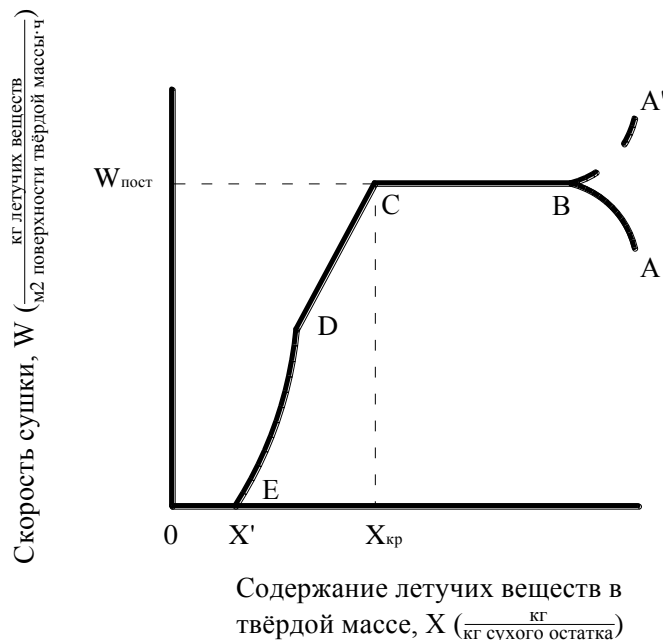


Рис.1 Кривая процесса сушки армирующего материала, протекающего за счет испарения летучих веществ

Интегрируя соотношение (1) в пределах X_1 и X_2 , получаем:

$$\tau = \int_0^{\tau} d\tau = \frac{L}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{W}. \quad (2)$$

Для периода сушки с постоянной скоростью, когда X_1 и $X_2 > X_{крит}$ и $W = W_{пост}$, уравнение (2) принимает вид:

$$\tau = \frac{L(X_1 - X_2)}{AW_{пост}}. \quad (3)$$

Для периода сушки с убывающей скоростью, когда X_1 и $X_2 < X_{крит}$ имеем два случая:

а) общий случай. Для любого вида кривой сушки уравнение (2) может быть проинтегрировано графически с получением соответствующего значения τ .

б) специальный случай. Величина W линейна относительно X , как например, в области CD (рис.1). В этом случае:

$$W = mX + b, \quad (4)$$

где m – значение тангенса угла наклона прямолинейной части кривой;

b – постоянная.

Подставив W в (2) имеем:

$$\tau = \frac{L}{A} \int_{X_1}^{X_2} \frac{dX}{mX + b} = \frac{L}{mA} \ln \frac{mX_1 + b}{mX_2 + b}. \quad (5)$$

Преобразовав уравнение (5) получаем:

$$\tau = \frac{L(X_1 - X_2)}{A(W_1 - W_2)} \ln \frac{W_1}{W_2} = \frac{L(X_1 - X_2)}{AW_{cp}}. \quad (6)$$

где W_{cp} – средняя логарифмическая разность между W_1 при X_1 и W_2 при X_2 .

За неимением соответствующих данных часто кривая сушки может быть принята прямолинейной между точками С и Е (рис. 1).

Тогда

$$W = m(X - X') = \frac{W_{пост}(X - X')}{X_{крит} - X'}, \quad (7)$$

где X – равновесное содержание летучих веществ, кг/кг сухого остатка;

$X_{крит}$ – критическое содержание летучих веществ, кг/кг сухого остатка;

$W_{пост}$ – постоянная скорость сушки, кг/м²·ч.

Таким образом формула (6) имеет вид:

$$\tau = \frac{L(X_{крит} - X')}{W_{пост}A} \ln \frac{X_{крит} - X'}{X_2 - X'}. \quad (8)$$

При проведении экспериментов процесс сушки армирующего слоя проводился при комнатной температуре $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 60%. Пропитанные образцы в среднем высушались за 44-48 часов. Такой длительный процесс сушки вызывает определенные неудобства, если производить его в производственных условиях. Во-первых, ведет к увеличению производственных площадей для организации мест технологической выдержки, а во-вторых, уменьшает производительность выпуска продукции в целом, так как является «узким местом» всего технологического процесса [2].

Для интенсификации процесса сушки армирующего материала, входящего в конструкцию рентгенозащитного композиционного материала на основе древесины на кафедре МОД УГЛТУ были проведен эксперимент. Исследовались 10 вариантов рентгенозащитного пропитывающего состава, которым наполнялся волокнистый материал. Пропитанные образцы размером 20×20 мм укладывались на стеклянную подложку (предварительно взвешенную) и взвешивались на весах марки ВЛТ-510-П. Затем полученные образцы укладывались в автоклав, разогретый до $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Взвешивание образцов осуществлялось через каждые 20 мин. до тех пор, пока не установится постоянная масса образцов (для трех последних измерений). Когда это условие выполнится, будем считать, что армирующий материал высох. Результаты испытаний представлены в табл. 1 на рис. 2.

Таблица 1 Определение продолжительности высыхания армирующего слоя

время, мин	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
	Масса образцов, г												
1.	12,58	9,0	7,97	7,14	6,56	6,26	6,0	5,89	5,82	5,78	5,77	5,77	5,77
2.	15,43	12,03	10,72	9,71	8,84	8,25	7,7	7,25	6,88	6,62	6,35	6,35	6,35
3.	16,28	10,37	9,14	6,88	5,88	5,57	5,45	5,43	5,42	5,42	5,42	-	-
4.	15,07	10,74	8,76	7,2	5,88	5,57	5,56	5,55	5,54	5,54	5,54	-	-
5.	18,01	14,3	13,25	12,37	11,61	11,08	10,51	10,07	9,58	9,27	8,69	8,69	8,69
6.	18,13	15,14	14,03	12,94	12,11	11,54	10,92	10,4	9,89	9,48	9,15	9,15	9,15
7.	18,49	15,02	13,24	11,79	9,92	9,28	8,92	8,83	8,78	8,76	8,76	8,76	-

8.	11,33	9,71	8,31	6,67	5,23	4,82	4,8	4,79	4,78	4,78	4,78	-	-
9.	16,1	14,54	12,84	11,21	9,86	9,14	8,66	8,48	8,41	8,4	8,2	8,2	8,2
10.	14,62	12,25	11,08	9,63	8,45	7,77	7,05	6,85	6,77	6,75	6,72	6,72	6,72

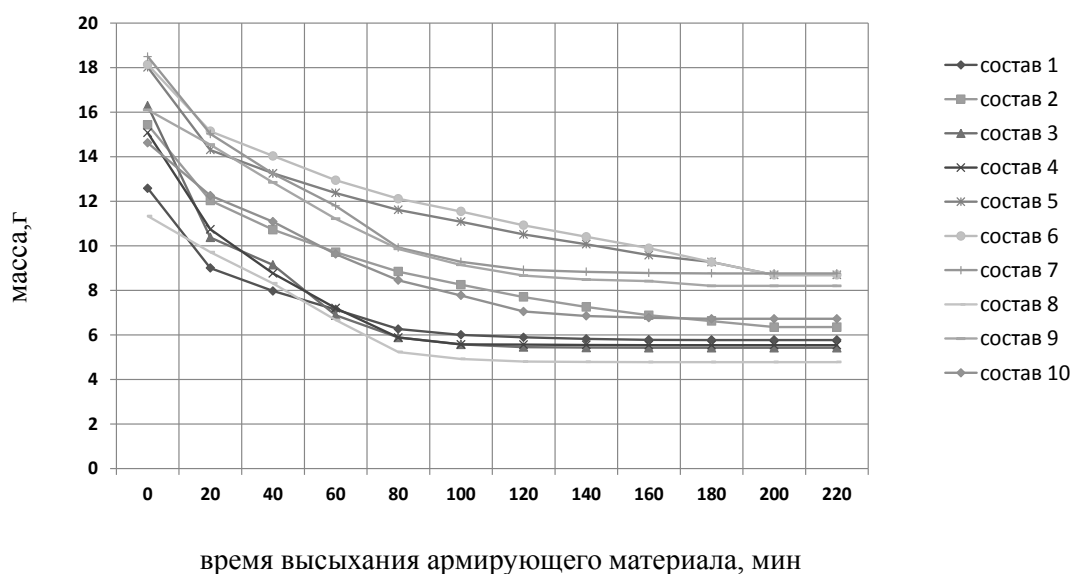


Рис.2 Изменение массы армирующего слоя в зависимости от продолжительности его высыхания

Выводы:

1. Разработанный армирующий слой, входящий в состав рентгенозащитного композиционного материала изготовлен из экологически безопасных, доступных и недорогих материалов.
2. Результаты проведенного эксперимента позволяют сделать вывод, что при увеличении температуры сушки от $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ до $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ продолжительность сушки можно сократить от 44-48 ч. до 3,5-4 ч.
3. Анализируя приведенный на рис.2 график можно сделать вывод, что интенсивная потеря массы происходит в течении первых 80 минут, т.е имеет более высокую скорость сушки. Далее процесс высыхания происходит более медленно из-за уменьшения скорости сушки.
4. Сокращение продолжительности сушки позволит сократить производственные площади, используемые для сушки и повысить производительность труда при производстве рентгенозащитного композиционного материала в условиях промышленного производства.

Библиографический список

1. Ветошкин Ю.И. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины. /Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Чернышев О.Н. //монография/ Урал. гос. лесотехн. ун-т – Екатеринбург, 2009, С. 70-75.
2. Ветошкин Ю.И. Совершенствование технологии создания рентгенозащитных лакокрасочных покрытий/ Ветошкин Ю.И., Шишкина С.Б., Яцун И.В./Деревооб. пром-сть. 2007. №5. С.23-25.
3. Батунер Л.М. Математические методы в химической технике/ Батунер Л.М., Позин М.Е. /Химия - М., 1968, 824 с.

