

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 2/2008



$$\Theta_{s,r} = \frac{Q_{s,r}(S)}{z_u(S)}; \quad \Theta_{s,r}(S) = \frac{Q_{s,r}(S)}{z_u(S)};$$

$$\Phi = \frac{dn}{dt} \Big|_{t=0} = \text{const};$$

$$\frac{A(S)}{B(S)} = \frac{k_x(T_2^2 S^2 + 2T_2 \xi_2 S + 1)}{(T_1 S + 1)(T_2^2 S^2 + 2T_2 \xi_2 S + 1)(T_3 S + 1)};$$

$$\frac{A(S)}{B(S)} = \frac{k_x(T_2^2 S^2 + 2T_2 \xi_2 S + 1)}{(T_1 S + 1)(T_2^2 S^2 + 2T_2 \xi_2 S + 1)(T_3 S + 1)};$$

$$B = m_2 m_2^* \omega^2 + m_1 (c_1 - m_1 \omega^2)$$

$$D = m_6 m_6^* \omega^2 + 2m_2^* \omega^2 (c_2 - m_2^* \omega^2)$$

$$+ (c_3 - m_3 \omega^2) \left[\left(\frac{I_2}{r_2} \omega^2 - c_2 \right) (m_2 - 2m_2^* \omega^2) + \right.$$

$$a_6 = -4m_n^2 m_2 + (m_1^2 - m_2^2 + 4m_2 m_2^*) m_2;$$

$$a_2 = c(m_2 m_2 + 2m_2 m_1 - 2m_2^2) - c_2(m_2^2 - m_2^*^2 + 2m_2 m_2^*);$$

$$a_4 = c[c_3(m_2 + 2m_2^*) + cm_2]; \quad a_6 = c^2 c_3;$$

$$u_1 = m_2^2 - m_2^*^2 + 4m_2 m_2^*; \quad a_3 = c(m_1 + 2m_2^*);$$

УДК 676.19

В.К. Дубовый, Л.Ю. Фокина, А.Д. Иваненко, В.В. Богданов

Дубовый Владимир Климентьевич родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры целлюлозно-бумажного производства С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 40 печатных работ в области технологии бумаги и картона.



Фокина Любовь Юрьевна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, аспирант.



СВОЙСТВА ЛИСТОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

Приведены характеристики листовых композиционных материалов на основе стеклянных волокон со связующими – сульфатом алюминия, поливинилспиртовыми и растительными волокнами.

Ключевые слова: минеральные волокна, связующие, композиционные материалы, полигидроксокомплексы, показатели прочности.

Бумагоподобные композиционные материалы на основе минеральных волокон находят применение в авиакосмической технике, двигателях различного назначения, биотехнологии, медицине, строительстве и др. Однако области применения и объемы использования этих материалов не соответствуют тем потенциальным возможностям, которые обусловлены комплексом присущих им свойств.

Сложившаяся ситуация объясняется тем, что до настоящего времени нет научных разработок по приданию прочности материалам из минеральных волокон, не обладающих способностью к образованию в листе бумаги межволоконных связей. Для того, чтобы по традиционной технологии бумажного производства получить материал, сочетающий в себе преимущества, обусловленные листовой формой и особыми свойствами минеральных волокон, в исходную композицию вводят связующие вещества различной природы: растительные, поливинилспиртовые (ПВС) волокна, латексы, полимерные эмульсии и др.

Однако органические связующие резко ограничивают сферу применения материалов на основе минеральных волокон, так как при высоких температурах и под действием агрессивных сред они разрушаются, что ведет к потере прочности. В полной мере уникальные свойства материалов на основе минеральных волокон могут проявиться только в случае использова-

ния термо-, хемо- и биоустойчивых неорганических связующих. Цель данной работы – испытание некоторых из них.

В ходе первого эксперимента были изготовлены двухкомпонентные бумагоподобные композиты на основе стеклянных волокон (диаметр 0,2 и 0,6 мкм, соотношение 1 : 1). Массу 1 м² образцов варьировали от 20 до 100 г. Связующие агенты вводили в следующих количествах: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 10 ... 30 % от массы волокон в пересчете на Al_2O_3 ; ПВС – 0 ... 5 % от массы волокон.

Отлив производили на листоотливном аппарате ЛА-М69 при рН 7 ... 8, сушили на сушильном цилиндре при температуре 110 ... 115 °С. Далее на разрывной машине INSTRON определяли прочностные и деформационные характеристики полученных стекловолоконных материалов: предел прочности на разрыв, разрывная длина, начальный модуль упругости.

На рис. 1 представлены зависимости предела прочности на разрыв и модуля упругости от расхода неорганического ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) и органического (ПВС) связующих при массе 1 м² образцов 20, 60 и 100 г. Графики 1–5 построены для минимального и максимального расходов органического связующего, а также для расхода, соответствующего максимальной величине изучаемых показателей (если этот максимум не совпадает с минимальным или максимальным расходом органического связующего).

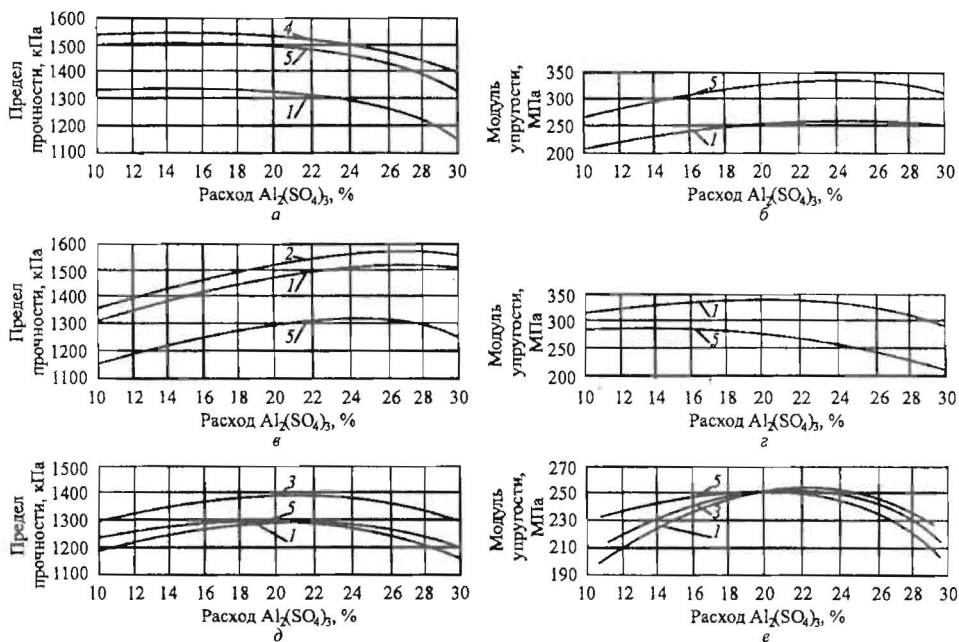


Рис. 1. Влияние расходов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и волокон ПВС на предел прочности (а, в, д) и модуль упругости (б, г, е) стекловолоконного материала с различной массой 1 м²: а, б – 20 г; в, г – 60 г; д, е – 100 г; 1 – 0 % ПВС; 2 – 1,5; 3 – 2,5; 4 – 3,5; 5 – 5,0 % ПВС

Анализ рис. 1 показал следующее. Во-первых, по мере увеличения массы 1 м^2 образцов расход волокон ПВС, обеспечивающий максимальные значения предела прочности на разрыв, последовательно снижается с 3,5 % при массе 1 м^2 образцов 20 г до 1,5 % при 100 г. Во-вторых, с ростом массы 1 м^2 образцов максимум значений предела прочности последовательно сдвигается в область повышенных расходов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: для отливок с массой 20, 60 и 100 г максимум отмечен при расходе сульфата алюминия 17, 20 и 23 %.

Не менее отчетливо проявляется влияние повышенных расходов волокон ПВС на модуль упругости стекловолоконного бумагоподобного композита по мере увеличения массы 1 м^2 образцов. Так, для образцов массой 20 г максимум модуля упругости наблюдается при 5,0 %-м расходе волокон ПВС, у материала массой 60 г этот показатель уже мало зависит от расхода добавки. При массе 1 м^2 материала 100 г любое количество волокон ПВС снижает модуль упругости.

Однако, варьируя расходы связующих в исследуемом диапазоне, можно добиться примерно одинаковых значений предела прочности на разрыв и начального модуля упругости у материалов, значительно отличающихся массой 1 м^2 .

Для второго эксперимента был создан бумагоподобный композит на основе стеклянных волокон (диаметр 0,2 и 0,6 мкм, соотношение 1 : 1) массой 1 м^2 7,3 г. Снижение массы 1 м^2 от 20,0 до 7,3 г было достигнуто за счет введения в композицию волокон хлопковой целлюлозы со степенью помола 76 °ШР в количестве 2,5; 5,0; 7,5 и 10,0 % от массы стеклянных волокон. В качестве связующего агента использовали только $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в количестве 30 % от массы стеклянных волокон (в пересчете на Al_2O_3).

Как и в предыдущем случае, были определены прочностные и деформационные характеристики полученных бумагоподобных композитов: предел прочности на разрыв, разрывная длина, начальный модуль упругости. Зависимости предела прочности на разрыв и модуля упругости от расхода волокон хлопковой целлюлозы представлены на рис. 2.

В случае использования материалов на основе стекловолокна и других минеральных волокон с повышенной прочностью, например, как изолирующих элементов, можно в качестве связующего применять растительные

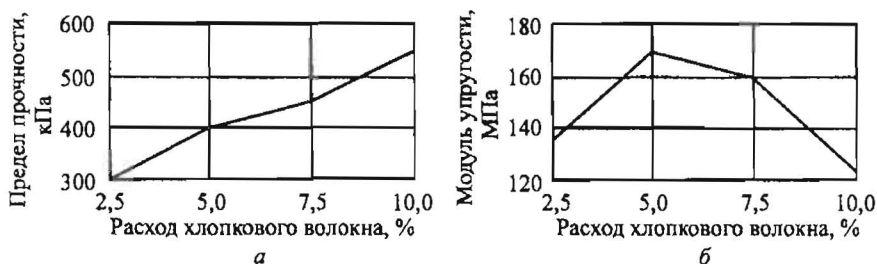


Рис. 2. Влияние расхода волокон хлопковой целлюлозы на предел прочности (а) и модуль упругости (б) стекловолоконного материала (масса 1 м^2 – 7,3 г)

волокна. Для этой цели использовали ящичную макулатуру; размолотую до 40 °ШР сульфатную небеленую целлюлозу и высокоразмолотую хлопковую целлюлозу (90 °ШР). На рис. 3 представлены результаты эксперимента с использованием в качестве связующего растительных волокон.

Одно из востребованных направлений использования минеральных волокон – их применение в производстве впитывающих бумагоподобных композитов. Существенным отличием впитывающих материалов на основе минеральных волокон от целлюлозных впитывающих материалов является отсутствие набухания минеральных волокон. Поэтому листы из минеральных волокон после удаления поглощенной воды снова способны к впитыванию влаги. Эта их особенность необходима для процессов с периодическим поглощением влаги, например, при регенерации каких-либо фильтрующих или абсорбирующих элементов.

Для получения подобных материалов на основе минеральных волокон невозможно применение органических связующих, поскольку это резко снижает впитывающую способность. Использование в качестве связующего макулатуры, размолотой древесной или хлопковой целлюлозы снижает периодичность применения поглощающих элементов из-за набухания связующих волокон. Поэтому предложено использовать связующие полигидрокомплексы алюминия для создания необходимой прочности материала и сохранения высокой впитывающей способности.

К достоинствам технологии получения композиционных материалов с участием природных полимеров на основе целлюлозы и минеральных волокон, содержащих сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$, относится то, что последний, являясь эффективным коагулянтом, при попадании в водную среду (сточные воды) участвует в ее очищении.

Таким образом, в качестве связующих, в зависимости от назначения материала, могут быть использованы полигидрокомплексы алюминия как самостоятельно, так и в сочетании с органическими связующими, а также различные виды растительных волокон.



Рис. 3. Результаты введения в качестве связующих растительных волокон: 1 – хлопковая целлюлоза, 2 – древесная целлюлоза, 3 – макулатура

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асланова, М. Стекланные волокна [Текст] / М. Асланова. – М.: Химия, 1979. – 340 с.

2. Дубовый, В.К. Бумагоподобные композиционные материала на основе минеральных волокон [Текст]: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Дубовый В.К. – СПб., 2006. – 35 с.

3. Дубовый, В.К. Стекланные волокна. Свойства и применение [Текст] / В.К. Дубовый. – СПб.: Изд-во «Нестор», 2003. – 130 с.

4. Чижев, Г.И. Влияние повышенных расходов соединений алюминия на механическую прочность бумаги из хлопковой целлюлозы [Текст] / Г.И. Чижев, В.М. Бодрова // Химия и технология бумаги: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1974. – Вып. II. – С. 20–28.

5. Чижев, Г.И. Исследование механизма взаимодействия соединений алюминия с целлюлозными волокнами [Текст] / Г.И. Чижев, В.М. Бодрова // Химия и технология древесины, целлюлозы и бумаги: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1974. – Вып. II. – С. 30–34.

6. Чижев, Г.И. О механизме взаимодействия соединений алюминия с целлюлозными волокнами [Текст] / Г.И. Чижев, С.Н. Иванов, Д.М. Фляте // Химия и технология целлюлозы: межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1975. – Вып. II. – С. 93–100.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 12.12.07

V.K. Dubovyi, L. Yu. Fokina, A.D. Ivanenko, V.V. Bogdanov

Properties of Sheet Composite Materials with Based on Glass Fiber

Characteristics of sheet composite materials based on glass fibers with bindings – aluminum sulfate, polyvinyl - alcohol fibers and plant fibers are provided.