

УДК 674.048

С. В. Шетько, канд. техн. наук; Е. В. Наливко, аспирант

ОБЛЕГЧЕННЫЕ ШИТЫ С БУМАЖНЫМ СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕБЕЛИ И СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

In this article is motivated need of the using the honeycomb cores for manufacture of furniture and doors. The area of rational application, and also the basic strength and elastic characteristics of materials is resulted. Questions on research of the structural design of sandwich construction are considered. Introduction of a paper honeycomb cores in a design of walls, doors and furniture products allows vastly reducing the consumption of wood materials, energy resource, to make easy enough, strong products, essentially raising economic stability of the factory.

Введение. В настоящее время в мировой практике заметен высокий интерес к поиску новых конструкционных материалов, созданию новых высокоэффективных технологий по производству строительных материалов и деталей из дерева, картона, ДВП и MDF для жилых помещений, элементов мебели и товаров народного потребления.

С учетом выходящих на первый план в экономике страны тенденций, а именно – бережного отношения к природным богатствам страны и охране окружающей среды – атмосфере, продуктам питания, а также предметам быта. Одним из направлений решения данной задачи является разработка и внедрение в производство облегченных щитов с бумажным сотовым наполнителем. Максимальное использование данных материалов приведет к режиму щадящего отношения к природным ресурсам в части лесоматериалов. Также благодаря использованию облегченных щитов в производстве мебели и столярно-строительных изделий решится задача предоставления населению товаров с высокими потребительскими качествами при более низкой цене изделия. Кроме того, немаловажно и то, что изделие, изготовленное с применением деталей с сотовым наполнителем, будет экологически более чистым [1].

Основная часть. Облегченные щиты с сотовым наполнителем (рис. 1), которые могут быть облицованы любыми материалами: натуральным и синтетическим шпоном, пластмассовыми пленками или слоистыми пластиками, представляют собой слоистую конструкцию из двух тонких обшивок и сотового наполнителя, соединенных друг с другом клеем [2].

Тонкие обшивки – внешние слои щита – выполняют несущие и ограждающие функции и воспринимают нормальные напряжения от изгиба щита, его сжатия или растяжения. Обшивки изготавливаются из прочных материалов одинаковой или различной толщины.

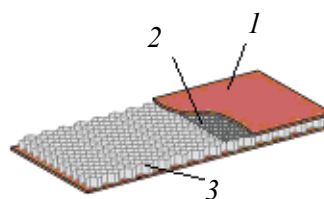


Рис. 1. Облегченный щит с бумажным сотовым наполнителем:
1 – обшивка; 2 – клеевая прослойка;
3 – наполнитель

Наиболее распространенными материалами являются фанера, натуральная древесина, твердые древесноволокнистые плиты, лущеный шпон, тонкая древесностружечная плита, армированный древесный пластик, металлические алюминиевые листы и др. В табл. 1 представлены прочностные и упругие характеристики материалов обшивок.

Также выбор материала обшивок зависит от назначения изделия и условий эксплуатации. Для изготовления дверных блоков с полотнами щитовой конструкции наиболее приемлемым материалом обшивок щитов является твердая древесноволокнистая плита толщиной 3,2 мм.

Сотовый наполнитель – внутренний слой щита – обеспечивает жесткость щита при сдвиге и поперечном сжатии под действием поперечных нагрузок.

При правильном выборе исходных материалов можно получить облегченный щит высокой прочности и низкой стоимости, так как на его изготовление расходуется небольшое количество ценного листового материала, а основная доля объема приходится на внутренний слой – наполнитель.

Сотовый наполнитель изготавливается из плотной бумаги, склеенной специальным образом, картона и подобных листовых материалов (крафт-бумага, полимерная арамидная бумага, стеклоткань, алюминиевая бумага) и представляет собой

множество смежных изолированных друг от друга каналов, по форме напоминающих пчелиные соты.

Таблица 1

Прочностные и упругие характеристики материалов обшивок

Наименование материала обшивок	Расчетные сопротивления, МПа			$\rho_m \cdot 10^3$ кг/м ³	Модуль упругости E_m , МПа	Модуль сдвига G_m , МПа
	растяжен.	изгибу	сжатию			
Стеклопластик	15	15	15	1,4	3000	–
Стекло органич.	15	25	20	1,18	1400	–
ДСП-Б	109	130	80	1,3	1500	–
Фанера ФСФ 3 сл. ($\delta = 4$ мм)	15	18	15	0,7	9000	750
5 сл. ($\delta = 5-7$ мм)	14	18	13	0,7	9000	750
ДВП:						
сверхтverd.	6	10	4	0,95	1250	500
твердые	5	10	3	0,85	750	350

Сечение каналов, или ячеек, может быть шестиугольным, квадратным, прямоугольным, шестиугольным вытянутым (один из вариантов – перетянутая шестиугольная ячейка, в которой угол раскрытия ячейки равен 90°), крестообразным и т. д. (рис. 2). Сотовый наполнитель мо-

жет быть различной высоты – от 6 до 1000 мм. Размер ячейки сотового наполнителя и материал, из которого он изготавливается, являются основными факторами, определяющими свойства сот. Для изготовления сот используется бумага плотностью в диапазоне от 70 г/м² до 300 г/м².

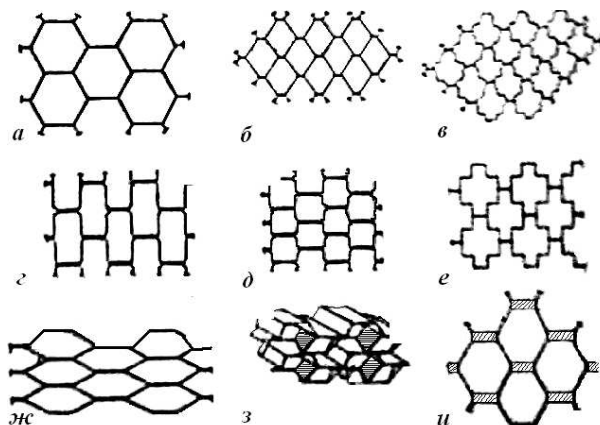


Рис. 2. Ячеистый наполнитель с ячейками: а – шестиугольной; б – квадратной; в – квадратной рифтованной; г, д – прямоугольной; е – крестообразной; жс – шестиугольной вытянутой; з – «слоистый гофр»; и – шестиугольной усиленной

Физико-механические характеристики сотового наполнителя зависят от большого количества параметров, но определяющими являются размер ячейки сотового наполнителя и материал, из которого он изготовлен. В табл. 2 отражены прочностные и жесткостные характеристики сотовых наполнителей [3].

Таблица 2

Прочностные и жесткостные характеристики сотовых наполнителей

Материал сотового наполнителя	Размер ячейки, мм	Расчетные сопротивления, МПа			Расчетный модуль упругости, МПа		Модуль сдвига, МПа	
		сжатию	растяжению	сдвигу	сжатие	растяжение		
1. Крафт-бумага и карбамидное связующее	15	0,03	0,06	0,01	12	45	12	
	25	0,015	0,03	0,006	5	25		7
2. Кабельная бумага, карбамидное связующее	15	0,03	0,09	0,015	20	70	15	
	25	0,02	0,05	0,06	6	30		10
3. Древеснобумажный сотовый пласт с ребрами из березового шпона толщиной, мм:								
	1,0	10	0,105	0,46	0,039	–	426	12–28
	2,0	10	0,505	0,97	0,125	–	770	17–43
	3,0	10	1,39	1,47	0,28	–	1110	23–70

Таблица 3

Параметры сотовых заполнителей

Вид сотопласта	Толщина бумажной основы δ_1 , мм	Толщина клеевого шва при склейке сот Δ , мм	β
Непропитанные бумажные соты на основе крафт-бумаги	0,08	0,05	1,43
	0,08	0,1	1,62
	0,08	0,2	2
Непропитанные бумажные соты на основе кабельной бум.	0,1	0,05	1,73
	0,1	0,1	1,93
	0,1	0,2	2,31

При использовании одного и того же типа материала в качестве исходного для изготовления сот, например алюминиевой фольги, можно, меняя ее толщину и марку, получать другие физико-механические характеристики.

Сотовый заполнитель для специальных целей (огнестойкость, влагостойкость, стойкость к плесневым грибам и пр.) необходимо обрабатывать специальными средствами.

Основной характеристикой сотового заполнителя является его плотность, которая определяется массой материала и его объемом. Плотность сотового заполнителя определяется по формуле

$$\gamma_{\text{сот}} = \beta \times \frac{\delta_1}{a} \times \rho, \quad (1)$$

$$\beta = \frac{4 \times (K_{\text{кл}} +)}{2,59}, \quad (2)$$

где δ_1 – толщина одинарной грани ячеек, мм; a – сторона ячеек, мм; ρ – плотность твердой части (основы) сотового заполнителя, кг/м³; $K_{\text{кл}}$ – коэффициент расхода клея (структурный коэффициент склеивания); β – коэффициент, выражающий процентное содержание твердой основы в объеме сотопласта с единичной ячейкой

$$K_{\text{кл}} = \frac{\Delta}{4\delta_1}, \quad (3)$$

где Δ – толщина клеевого шва, мм.

$$\rho = \frac{1K_{\text{кл}} + \left(\frac{\gamma_{\text{кл}}}{\gamma_0}\right)}{1K_{\text{кл}}} \times \gamma_0, \quad (4)$$

где γ_0 и $\gamma_{\text{кл}}$ – плотность соответственно бумажной основы и клея, кг/м³.

Значения коэффициента β для бумажных сотовых заполнителей приведены в табл. 3.

Конструкция щита с сотовым заполнителем (сэндвич-панели) в самом простом виде включает в себя заполнитель из сотопласта, используемый в качестве среднего слоя, и листовые обшивки, которые закрывают с обеих сторон заполнитель. На рис. 3 представлены возможные конструкции щитов с сотовым заполнителем [4].

Из всех конструкционных материалов такие щиты обеспечивают одно из самых высоких соотношений «прочность – масса» и «жесткость – масса».

Сотопластовые конструкции могут быть многослойные, значительной длины, ширины и толщины, криволинейной конструкции, а также сложной пространственной формы.

Следует отметить, что сотовый заполнитель не является безальтернативным материалом, который вытеснит все традиционные, используемые сегодня в мебельной промышленности и при изготовлении межкомнатных дверей.

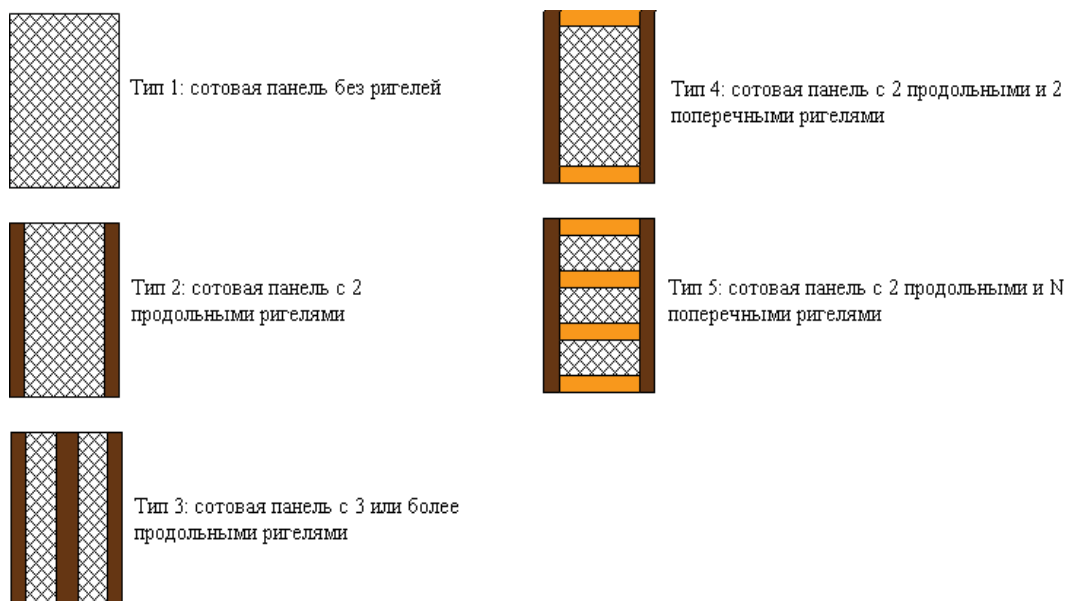


Рис. 3. Конструкции облегченных щитов с бумажным сотовым заполнителем

Однако есть несколько направлений, где конкурировать с сотовым наполнителем практически бессмысленно.

Во-первых, это практически все межкомнатные двери: отличное качество при высокой технологичности изготовления, минимальных затратах и хороших потребительских свойствах.

Во-вторых, это изготовление мебельных элементов повышенной толщины.

В этом случае хорошо сочетаются физико-механические свойства и экономические показатели. Например, при увеличении толщины сотового наполнителя прочность панелей возрастает, при этом вес такой конструкции увеличивается незначительно. Так, вес панели размером 2000×800×50 мм составляет всего около двух килограмм, а панели, изготовленной из древесностружечной плиты, – 58 кг.

Стоимость же сотового наполнителя при увеличенных толщинах существенно ниже стоимости традиционных материалов. Кроме того, следует добавить и экономию при транспортировке.

Немаловажным фактором является и то, что при изготовлении мебельных щитов с сотовым наполнителем нет ограничений стандартными толщинами древесностружечных плит, которые предлагает сегодня рынок.

В-третьих, это возможность изготовления мебельных конструкций, имеющих криволинейные поверхности второго порядка. Это могут быть конструкции, как с постоянным радиусом кривизны, так и с переменным. При изготовлении таких изделий не будет ни дополнительных отходов, ни дополнительной механической обработки. Во многих случаях не придется изготавливать сложные дополнительные приспособления. Для изготовления криволинейных конструкций используют сотовый наполнитель с прямоугольной формой ячейки. Такой сотовый наполнитель можно легко получить из серийно выпускаемого сотового наполнителя с шестигранной ячейкой путем дополнительной растяжки сот – при этом шестигранные ячейки принимают форму четырехугольников. Склею же криволинейных элементов мебели можно производить вакуумным формованием.

В-четвертых, это изготовление плоских мебельных панелей и дверных полотен с фасонной лицевой поверхностью (рис. 4). При склейке таких сотовых панелей не требуется дополнительная механическая обработка сотового наполнителя – в нужных местах соты «продавливаются» филленчатой обшивкой во время процесса склейки [5].

Также облегченные щиты с сотовым наполнителем могут использоваться в таких видах продукции, как:

1) интерьеры железнодорожных вагонов (двери, перегородки);

2) офисные перегородки (легкоподвижные, для отделения рабочих мест);

3) столешницы любой толщины;

4) раздвижные двери и щиты встроенных шкафов;

5) мебельные щиты для кухонной и корпусной мебели;

6) легко монтируемые летние торговые киоски;

7) интерьер и отделка жилых помещений;

8) внутренняя отделка жилых помещений;

9) теплоизоляция солнечных коллекторов (утилизаторов солнечной энергии);

10) подвесные потолки;

11) классные доски;

12) солнцезащитные устройства на окнах;

13) рекламные щиты и т. д.

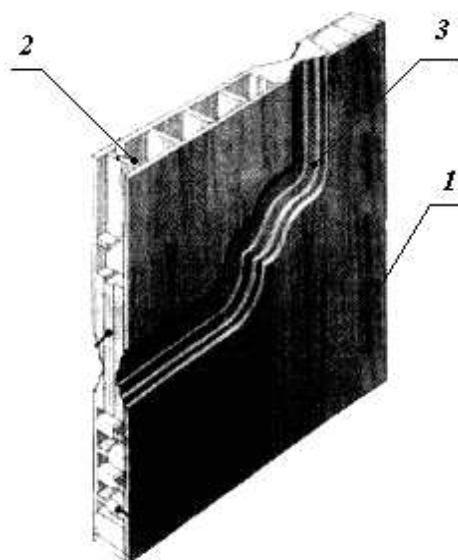


Рис. 4. Дверь комбинированной конструкции: 1 – комбинированная коробка из клееного бруса, сотового наполнителя и облицовки (обшивки); 2 – объемная филленка с сотовым наполнением из МДФ; 3 – фигурная вставка-соединитель из массива древесины

Основными достоинствами облегченных щитов с бумажным сотовым наполнителем являются:

1) Экологическая чистота. Бумажный сотовый наполнитель – это наиболее экономичный современный конструкционный материал, обладающий комплексом уникальных свойств:

- малая материалоемкость;
- высокая удельная прочность и жесткость;
- легкость;
- хорошие тепло- и звукоизолирующие характеристики;
- высокие демпфирующие свойства;
- экологическая чистота;
- безвредная утилизация [6].

2) Транспортировка и хранение. Транспортировка и хранение сотового наполнителя в сжатом состоянии позволяет:

- экономить на транспортных расходах;
- минимизировать площадь складских помещений.

Транспортировка мебели или мебельной плиты из сотового наполнителя позволяет увеличить количество загружаемой продукции за счет малого веса изделий. Это дает возможность максимально использовать грузоподъемность транспортного средства и значительно экономить на транспортных расходах. При одинаковом объеме продукция из ДСтП и подобных материалов имеет на порядок больший вес, что не позволяет максимально использовать объем транспортного средства. В связи с этим потребитель несет дополнительные транспортные расходы.

3) Низкая цена.

4) Обеспечение высоких потребительских свойств конечного продукта:

- высокая прочность и жесткость при малом весе;
- высокая звуко- и теплоизоляция;
- высокая ударная прочность;
- высокая способность поглощать энергию при нагрузках (демпфирующие свойства).

В Республике Беларусь проблемой производства пустотелых щитов заинтересовались еще в начале 70-х годов, но предлагаемые технологические решения имели ряд серьезных недостатков, не позволяющих взять технологию на вооружение до нынешнего времени. Недостатками способов производства щитов являлись: позиционность технологического процесса, необходимость в первоначальной разрезке листового материала на отдельные полосы с последующей сборкой и объединением в многослойный и многосвязный пакет, ограниченные возможности формообразований пространственных сотовых структур, невозможность получения ячеистой структуры произвольной толщины и формы, низкая прочность созданной конструкции в плоскости листа из-за концентрации дефектов и напряжений в сечениях между раздвигаемыми краями отверстий, невысокие прочностные характеристики.

В дальнейшем и по сегодняшний день производство щитов с сотовым наполнителем в нашей стране не развивалось.

Актуальной задачей в настоящее время является поиск решений по упрощению изготовления непрерывных плоских и пространственных сотовых структур, а также конструкций на их основе, выполненных из одного или из различных конструкционных материалов по единой поточной технологии, расширение возможностей формообразования во всем диапазоне значений кривизны, а также создание структур с изменяющейся геометрией, легко приспособляемых к заданной форме поверхности.

Технология изготовления щитов с сотовым наполнителем включает операции: изготовле-

ние наполнителя, подготовку лицевого слоя, формирование пакета и прессование изделия.

Технологические режимы прессования щитов с сотовым наполнителем зависят от физико-механических параметров сот и наличия в них заполнения и могут изменяться в широком диапазоне: давление от 0,5–1,0 МПа, температура нагрева конструкции выбирается с учетом свойств материалов и требуемой производительности процесса и для большинства известных конструкционных клеев и материалов эта температура изменяется в пределах 80–150°C.

Заключение. В целом внедрение сотового наполнителя в изделия мебели и столярно-строительные детали позволяет значительно расширить область применения облегченных щитов, которые на сегодня являются одними из наиболее экономичных, современными, экологически чистыми конструкционными материалами; повысить потребительские качества; снизить трудозатраты, расход сырья и экономические показатели данных изделий.

Производство щитов с сотовым наполнителем позволяет с высокой эффективностью решать определенный круг задач:

- значительно уменьшить себестоимость выпускаемой продукции;
- исключить зависимость от конъюнктуры цен на плитные материалы, их качества, сроков поставки, емкости складских помещений;
- гибко реагировать, индивидуализируя номенклатуру выпускаемых изделий;
- производить легкую, прочную мебель, существенно повышая экономическую устойчивость предприятия.

Литература

1. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций: учеб. пособие для студ. вузов / В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 448 с.
2. Шунгский, Б. Е. Строительные конструкции с сотовыми наполнителями. – М.: Стойиздат, 1977. – 112 с.
3. Сотовые строительные конструкции: учеб. пособие / Ю. С. Найштут. – М.: Изд-во АСВ, 1997. – 140 с.
4. Russell, C. Moody. Glued Structural Members / C. Moody Russell, Roland Hernandez, Jen Y. Liu // Wood Handbook. Wood as an Engineering Material. Forest Products Laboratory. USDA Forest service. – Madison: Wisconsin, 1993. – Chapter 11. – Vol. 120. – P. 11-16–11-21.
5. Перов, Ю. Ю. Все, что нужно знать мебельщику о сотах / Ю. Ю. Перов, П. В. Мельников // Мебельщик. – 2004. – № 3. – С. 65–67.
6. Плитные материалы на основе сотового наполнителя (тамбурат) [Электронный ресурс] / Honeycomb.lv: [сайт]. – Рига, 2008. – Режим доступа: <http://www.honeycomb.lv/ru/best.html>.