

Кошелев В. А., Шульмин А. А., Аверина Г. Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ЛИСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ПРИМЕНЯЕМОЙ ФИБРЫ

В статье рассматривается способ повышения качественных характеристик популярного листового отделочного материала для гражданского строительства – гипсо-волоконистого листа. Обозначена важность применения пожаробезопасных материалов, препятствующих распространению открытого огня, в строительстве. Рассмотрен механизм сопротивления известных видов гипсо-волоконистых листов огневому горению, а также известные методы усовершенствования данной характеристики. Предложен способ повышения качественных характеристик гипсо-волоконистых листов методом частичной или полной замены используемой на данный момент горючей бумажной фибры на фибру из негорючих материалов – полимерную, минеральную и стеклянную. В частности, выдвинуто предположение о возможности повышения огнестойкости гипсо-волоконистых листов методом введения негорючего асбестового волокна. Изучены свойства гипсо-волоконистых листов, изготовленных с полной или частичной заменой бумажного волокна на стеклянные волокна, базальтовую фибру, асбестовую фибру и полимерное волокно. В ходе исследования оценивали основные технические характеристики, такие как: плотность, поверхностное водопоглощение, коэффициент теплопроводности и прочностные характеристики и внешний вид листов, на основе разработанных составов. Выявлена низкая эффективность замены бумажной фибры на базальтовую и полимерную, ввиду отсутствия существенных изменений в показателях контролируемых характеристик и, в отдельных случаях, ухудшении некоторых контролируемых показателей. Показано прямо пропорциональное повышение плотности образцов гипсо-волоконистых листов при повышении доли асбестовой фибры по отношению к бумажной. Замена части бумажной фибры стеклянным волокном способствует снижению плотности и прочности исследуемых образцов. Установлена целесообразность применения асбестового волокна в качестве фибры для производства гипсо-волоконистых листов. Наивысшие прочностные характеристики были отмечены у образцов, содержащих асбестовую и бумажную фибру в равных пропорциях.

Ключевые слова: гипсо-волоконистые листы, гипс, минеральная фибра, бумажная фибра, полимерная фибра, прочность при изгибе, теплопроводность, поверхностное водопоглощение.

Koshelev V. A., Shulmin A. A., Averina G. F.

INVESTIGATION OF CHANGES IN THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF GYPSUM-FIBER SHEETS, DEPENDING ON THE TYPE OF FIBER USED

The article discusses a way to improve the quality characteristics of a popular sheet finishing material for civil engineering - gypsum-fiber sheet. The importance of the use of fireproof materials that prevent the spread of open fire in construction is indicated.

The resistance mechanism of known types of gypsum-fibrous sheets to fire combustion, as well as known methods for improving this characteristic, are considered. A method is proposed for improving the quality characteristics of gypsum-fibrous sheets by partially or completely replacing the currently used combustible paper fiber with a fiber made of non-combustible materials - polymer, mineral and glass. In particular, it has been suggested that it is possible to increase the fire resistance of gypsum-fibrous sheets by introducing non-combustible asbestos fiber. The properties of gypsum-fiber sheets manufactured with full or partial replacement of paper fiber with glass fibers, basalt fiber, asbestos fiber and polymer fiber are studied. During the study, the main technical characteristics were evaluated, such as: density, surface water absorption, thermal conductivity coefficient and strength characteristics and appearance of sheets, based on the developed compositions. The low efficiency of replacing paper fiber with basalt and polymer fiber was revealed, due to the absence of significant changes in the indicators of controlled characteristics and, in some cases, the deterioration of some controlled indicators. A directly proportional increase in the density of samples of gypsum-fibrous sheets is shown with an increase in the proportion of asbestos fiber relative to paper. Replacing part of the paper fiber with glass fiber helps to reduce the density and strength of the samples. The expediency of using asbestos fiber as fiber for the production of gypsum-fiber foams has been established. The highest strength characteristics were noted for samples containing asbestos and paper fiber in equal proportions.

Keywords: gypsum-fibrous boards, gypsum, mineral fiber, paper fiber, polymer fiber, bending strength, thermal conductivity, water absorption.

Введение

Обеспечение пожаробезопасности является одной из первостепенных задач в современном строительстве. Первостепенной мерой по борьбе с распространением огня в помещении, является использование специализированных огнестойких материалов [1–9].

Эффективным отделочным материалом, устойчивым к огню является ГВЛ, представляющий собой листовой отделочный материал, изготовленный из гипсового вяжущего, армированного бумажными волокнами. Наличие кристаллизационной воды в структуре затвердевшего гипсового камня требует при нагревании затрат теплоты на дегидратацию, а испаряющаяся вода блокирует доступ кислорода в зону горения [10]. Поризация структуры материала в ходе дегидратации составляющих его кристаллических компонентов также повышает термическое сопротивление изделий.

В ряде случаев, в гипсо-волокнистую смесь вводят специальные антипиреновые добавки, обеспечивающие изделию на ее основе повышенную огнестойкость [11 – 17]. Также для повышения огнестойкости органические наполнители могут быть заменены негорючими материалами, например, стеклянной фиброй. Замена органического бумажного волокна на минеральную фибру способствует также повышению прочности изделий при изгибе, их биостойкости и долговечности [18 – 20].

Наиболее подходящим видом фибры для данной цели являются волокна хризотил-асбеста, так как данный материал обладает высокой огнестойкостью и применяется в композициях, где необходимо сочетание гибкости и термостойкости [21]. Помимо асбестовых волокон допустимо также применять в качестве фибры базальтовые, полипропиленовые и стеклянные волокна.

Целью данной работы является исследование влияния минеральной и полимерной фибры на свойства модифицированных ей гипсо-волокнистых листов.

Материалы и методы исследования

В качестве негорючего армирующего компонента использовали базальтовую, полимерную и хризотил-асбестовую фибру. В качестве вяжущего использовали высокопрочный гипс марки Г-16. Известные характеристики используемых фибр представлены в таблице 1.

Полученные на данных составах образцы гипсо-волокнистых листов, после набора гипсом марочной прочности, подвергались сушке при 60 °С.

Оценка характеристик сырьевых материалов и образцов проводилась согласно действующим техническим регламентам и методическим рекомендациям по планированию эксперимента [22–25]. Для всех составов определяли предел прочности при изгибе и плотность. Визуально оценивали внешний

Таблица 1

Характеристики фибр для ГВЛ

| | Длина волокна, мм | Диаметр волокна, мкм | Рекомендуемая дозировка |
|---|----------------------|-------------------------|--|
| Минеральное базальтовое волокно | 15 | 60 | до 1% от массы сырьевой смеси |
| Полимерное (полипропиленовое) волокно марки ВСМ | 12 | 50 | от 0,6 кг до 1,5 кг на 1 м ³ сырьевой смеси |
| Асбестовое трепаное волокно марки А-3-60 | 1...3 | 20...80 | нет данных |
| Стекловолокно | 10-12 | нет данных | нет данных |

вид. У гипсо-волокнистых листов с асбестовым и стекловолокном также определяли теплопроводность и поверхностное водопоглощение.

Исследовательская часть

В результате проведенных экспериментов было установлено, что при принятом способе подготовки смеси сырьевых компонентов (предварительное перемешивание всухую) и дальнейшем ее прессовании базальтовое и полимерное волокно невозможно равномерно распределить по объему смеси, т.к. исходные волокна образуют пучки или закручиваются. Введение этих волокон с водой затворения не представляется возможным, т.к. сырьевая смесь увлажняется в процессе прессования путем распыления четко заданного количества воды. Стекловолокно при перемешивании всухую скатывается, что снижает эффективность его работы в качестве фибры.

Предварительные результаты показали, что базальтовое и полимерное волокна практически не изменяют свойств гипсо-волокнистых листов. Это, вероятно, связано с невозможностью их равномерного распределения по объему листов при принятом способе изготовления. При избыточном содержании этих волокон происходит некоторое снижение предела прочности при изгибе и ухудшение внешнего вида среза листа после распиливания в связи с наличием крупных включений пучков волокон. В связи с этим, использование базальтового и полипропиленового волокна представляется нецелесообразным.

Плотность гипсо-волокнистых листов пропорционально повышается с ростом количества асбестового волокна, что объясняется большей плотностью этого волокна по сравнению с бумажными. Понижение плотности наблюдали при увеличении дозировки стекловолокна.

Предел прочности листов при изгибе с использованием асбестового волокна значительно увеличивается, при этом максимум прочности достигается при соотношении «бумажное волокно / асбестовое волокно», равном 1:1 по объему. При использовании стеклянного волокна прочность образцов гипсо-волокнистых листов по сравнению с листами на основе бумажной фибры несколько снижается.

Поверхностное водопоглощение образцов понижается при использовании асбестового и стеклянного волокна, что связано с их плотной структурой.

Теплопроводность всех образцов с использованием асбестового волокна значительно выше, чем у образцов на основе бумажного волокна, что связано с высокой плотностью получающегося материала. При использовании стеклянного волокна теплопроводность по сравнению с бумажным волокном почти не изменяется.

Таким образом, так как хризотил-асбест обладает высокой огнеупорностью, и, как и стекловолокно, является негорючим, замена части горючего бумажного волокна на асбестовое или стекловолокно должна положительно сказаться на огнестойкости гипсо-волокнистых листов. Однако использование стекловолокна может привести к технологическим проблемам при транспортировке отформованного листа при перемещении его с одного конвейера на другой, а использование хризотил-асбестовой фибры повышает плотность и теплопроводность гипсо-волокнистых листов.

Выводы:

1. При выбранном способе формирования гипсо-волокнистых листов введение базальтового и полимерного волокон практически не оказывает влияние на свойства гипсо-волокнистых листов, что связано с невозмож-

ностью формирования однородной структуры композиционного материала из-за неравномерного распределения волокон по объему листа.

2. Асбестовое волокно равномерно рас-

пределяется по всему объему листа способствует повышению предела прочности гипсо-волоконистых листов при изгибе, снижает поверхностное водопоглощение, но повышает плотность и теплопроводность изделий.

Литература

1. Шутов, Ф. А. Огнестойкие материалы для снижения пожарной опасности малоэтажных объектов из древесины / Ф. А. Шутов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – №. 3. – С. 55.
2. Голованов, В. Строительные конструкции и материалы: исследования огнестойкости, пожарной опасности, средств огнезащиты / В. Голованов // Пожарная безопасность. – 2012. – №. 2. – С. 79–88.
3. Романенков, И. Г. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов / И. Г. Романенков, В. Н. Зигерн–Корн. – Стройиздат, 1984.
4. Собурь, С. В. Огнезащита материалов и конструкций / С. В. Собурь. – Спецтехника, 2003.
5. Страхов В. Л. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования / В. Л. Страхов, А. Н. Гаращенко // Строительные материалы. – 2002. – №. 6. – С. 2–5.
6. Луханин, М. В. Новые огнестойкие строительные материалы из вторичных минеральных ресурсов с использованием механохимии / М. В. Луханин, С. И. Павленко, Е. Г. Аввакумов – 2008.
7. Луханин, М. В. Теоретические основы создания новых малоэнергоёмких огнестойких строительных материалов из вторичных минеральных ресурсов с использованием механохимии / М. В. Луханин, С. И. Павленко. – 2007
8. Юхневский, П. И. Строительные материалы и изделия: учебное пособие / П. И. Юхневский, Г. Т. Широкий. – Мн.: Технопринт, 2004. – 476 с.
9. Румянцев Б. М., Жуков А. Д. Принципы создания новых строительных материалов / Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков // Интернет–Вестник ВолгГАСУ. – 2012. – №. 3. – С. 19–19.
10. Бессонов И. В. Гипсовые материалы нового поколения для отделки фасадов зданий / И. В. Бессонов // Материалы Всероссийского семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»–М.: РААСН. – 2002. – С. 82–87.
11. Голованов В. Эффективные средства огнезащиты для стальных и железобетонных конструкций / В. Голованов // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – №. 9. – С. 82–90.
12. Горшков, В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 334 с.
13. Тихонов, Ю. М. К вопросу об огнестойкости гипсосодержащих материалов / Ю. М. Тихонов, М. Ю. Гугучкина // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – №. 1. – С. 168–171.
14. Коровяков, В. Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве / В. Ф. Коровяков // Российский химический журнал. – 2003. – Т. 47. – №. 4. – С. 18–25.
15. Кузьменков, М. И. Химическая технология вяжущих веществ: учеб. пособие для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» / М. И. Кузьменков, О. Е. Хотянович. – Минск: БГТУ, 2008. – 276 с.
16. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): справ.; под общ. ред. А. В. Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
17. Поплавский, В. В. Огнезащита строительных конструкций КНАУФ–суперлистами (ГВЛ) / В. В. Поплавский, А. В. Попилова, В. Д. Иващенко // Строительные материалы. – 2002. – №. 6. – С. 19–21.
18. Мухаметрахимов, Р. Х. Технология изготовления гипсоволокнистых листов на основе целлюлозных волокон / Р. Х. Мухаметрахимов, А. Н. Дикина // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №. 15.
19. Трофимов, Б. Я. Модифицирование технологии гипсоволокнистых листов / Б. Я. Трофимов // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 66–й науч. Конф. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 1764 с. – Издательский центр ЮУрГУ, 2014.

20. Костиков, В. И. Гипсобазальтовые строительные изделия и технологии / В.И. Костиков, Е.Е. Шамис, Л.Н. Смирнов и др. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. – №3–4. – С.42–43.
21. Петропавловская, В. Б. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова // Строительные материалы. – 2010. – №7. – С. 22–23.
22. ГОСТ 125–79. Гипсовые вяжущие. Технические условия
23. ГОСТ Р 51829–2001 Гипсо–волоконистые листы. Технические условия
24. Адлер, Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – М.: Металлургия, 1968. – 155 с.
25. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

References

1. Shutov, F. A. Fire-resistant materials to reduce the fire hazard of low-rise objects made of wood [Ognestojkie materialy dlya snizheniya pozharnoj opasnosti maloetazhnyh ob'ektov iz drevesiny] / F. A. Shutov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2014. – №. 3. – S. 55.
2. Golovanov, V. Building structures and materials: studies of fire resistance, fire hazard, fire protection [Stroitel'nye konstrukcii i materialy: issledovaniya ognestojkosti, pozharnoj opasnosti, sredstv ognезashchity] / V. Golovanov // Pozharnaya bezopasnost'. – 2012. – №. 2. – S. 79–88.
3. Romanenkov, I. G. Fire resistance of building structures from effective materials [Ognestojkost' stroitel'nyh konstrukcij iz effektivnyh materialov] / I. G. Romanenkov, V. N. Zigern–Korn. – Strojizdat, 1984.
4. Sobur', S. V. Fire protection of materials and structures [Ogneзashchita materialov i konstrukcij] / S. V. Sobur'. – Spektekhnika, 2003.
5. Strahov V. L. Fire protection of building structures: modern means and methods of optimal design [Ogneзashchita stroitel'nyh konstrukcij: sovremennye sredstva i metody optimal'nogo proektirovaniya] / V. L. Strahov, A. N. Garashchenko // Stroitel'nye materialy. – 2002. – №. 6. – S. 2–5.
6. Luhanin, M. V. New fire-resistant building materials from secondary mineral resources using mechanochemistry [Novye ognestojkie stroitel'nye materialy iz vtorichnyh mineral'nyh resursov s ispol'zovaniem mekhanohimii] / M. V. Luhanin, S. I. Pavlenko, E. G. Avvakumov – 2008.
7. Luhanin, M. V. The theoretical basis for the creation of new low-energy fire-resistant building materials from secondary mineral resources using mechanochemistry [Teoreticheskie osnovy sozdaniya novyh maloenergoemkih ognestojkih stroitel'nyh materialov iz vtorichnyh mineral'nyh resursov s ispol'zovaniem mekhanohimii] / M. V. Luhanin, S. I. Pavlenko. – 2007
8. Yuhnevskij, P. I. Building materials and products: study guide [Stroitel'nye materialy i izdeliya: uchebnoe posobie] / P. I. YUhnjevskij, G. T. SHirokij. – Mn.: Tekhnoprint, 2004. – 476 s.
9. Rumyanцев B. M., ZHukov A. D. Principles for creating new building materials [Principy sozdaniya novyh stroitel'nyh materialov] / B. M. Rumyanцев, A. D. ZHukov // Internet–Vestnik VolgGASU. – 2012. – №. 3. – S. 19–19.
10. Bessonov I. V. New generation gypsum materials for building facades [Gipsovy materialy novogo pokoleniya dlya otdelki fasadov zdanij] / I. V. Bessonov // Materialy Vserossijskogo seminaru "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i primeneniya gipsovyh materialov i izdelij" – М.: RAASN. – 2002. – S. 82–87.
11. Golovanov V. Effective fire protection for steel and reinforced concrete structures [Effektivnye sredstva ognезashchity dlya stal'nyh i zhelezobetonnyh konstrukcij] / V. Golovanov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2015. – №. 9. – S. 82–90.
12. Gorshkov, V. S. Methods of physico-chemical analysis of binders [Metody fiziko-himicheskogo analiza vyazhushchih veshchestv] / V. S. Gorshkov, V. V. Timashev, V. G. Savelev. – М.: Vysshaya shkola, 1981. – 334 s.
13. Tihonov, YU. M. On the fire resistance of gypsum-containing materials [K voprosu ob ognestojkosti giposoderzhashchih materialov] / YU. M. Tihonov, M. YU. Guguchkina // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – 2012. – №. 1. – S. 168–171.
14. Korovyakov, V. F. Gypsum binders and their use in construction [Gipsovy vyazhushchie

- i ih primeneniye v stroitel'stve] / V. F. Korovyakov // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 2003. – T. 47. – №. 4. – S. 18–25.
15. Kuz'menkov, M. I. Chemical technology of binders: textbook. manual for students of the specialty "Chemical technology of inorganic substances, materials and products" [Himicheskaya tekhnologiya vyazhushchih veshchestv: ucheb. posobie dlya studentov special'nosti «Himicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv, materialov i izdelij»] / M. I. Kuz'menkov, O. E. Hotyanovich. – Minsk: BGТУ, 2008. – 276 s.
16. Plaster materials and products (production and use) [Gipsovyje materialy i izdeliya (proizvodstvo i primeneniye)]: sprav.; pod obshch. red. A. V. Ferronskoj. – M.: Izd-vo ASV, 2004. – 488 s.
17. Poplavskij, V. V. Fire protection of building structures KNAUF-superlisty (GVL) [Ognezashchita stroitel'nyh konstrukcij KNAUF-superlistami (GVL)] / V. V. Poplavskij, A. V. Populova, V. D. Ivashchenko // Stroitel'nye materialy. – 2002. – №. 6. – S. 19–21.
18. Muhametrahimov, R. H. The technology of manufacturing gypsum sheets based on cellulose fibers [Tekhnologiya izgotovleniya gipsovoloknistyh listov na osnove cellyuloznyh volokon] / R. H. Muhametrahimov, A. N. Dikina // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – T. 18. – №. 15.
19. Trofimov, B. YA. Modification of technology of gypsum sheets [Modificirovanie tekhnologii gipsovoloknistyh listov] / B. YA. Trofimov // Nauka YUUrGU. Sekcii tekhnicheskikh nauk: materialy 66-j nauch. Konf. – Chelyabinsk: Izdatel'skij centr YUUrGU, 2014. – 1764 s. – Izdatel'skij centr YUUrGU, 2014.
20. Kostikov, V. I. Gypsum-basalt construction products and technologies [Gipsobazal'tovye stroitel'nye izdeliya i tekhnologii] / V. I. Kostikov, E. E. SHamis, L. N. Smirnov i dr. // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. – 1999. – №3–4. – S. 42–43.
21. Petropavlovskaya, V. B. Optimization of the internal structure of dispersed non-hydration hardening systems [Optimizaciya vnutrennej struktury dispersnyh sistem negidratacionnogo tverdeniya] / V. B. Petropavlovskaya, V. V. Belov, T. B. Novichenkova // Stroitel'nye materialy. – 2010. – №7. – S. 22–23.
22. GOST 125–79. Gypsum binders. Technical conditions [GOST 125–79. Gipsovyje vyazhushchie. Tekhnicheskie usloviya]
23. GOST R 51829–2001 Gypsum-fibrous sheets. Technical conditions [GOST R 51829–2001 Gipso-voloknistye listy. Tekhnicheskie usloviya]
24. Adler, YU. P. Introduction to Experiment Planning [Vvedenie v planirovanie eksperimenta] / YU. P. Adler. – M.: Metallurgiya, 1968. – 155 s.
25. Ventcel', E. S. Probability theory [Teoriya veroyatnostej] / E. S. Ventcel'. – M.: Nauka, 1969. – 576 s.

Кошелев В. А.,

студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия.

E-mail: avergf@gmail.com

Шульмин А. А.,

студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия.

E-mail: avergf@gmail.com

Аверина Г. Ф.,

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: avergf@gmail.com

Koshelev V. A.,

student, South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: avergf@gmail.com

Shulmin A. A.,

student, South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: avergf@gmail.com

Averina G. F.,

South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: avergf@gmail.com

Поступила в редакцию 03.09.2019