

УДК 691.328.5

*Канд. хим. наук А.С. Кагановский («АСМ Management»),  
О.В. Градобоев (ОАО «БШК»),  
канд. техн. наук Ал.А. Плугин (УкрГАЗТ)*

*A.S.Kaganovsky, O.V.Gradoboev, Al.A. Plugin*

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН:  
ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ХРИЗОТИЛ-ЦЕМЕНТА**

**HIGH EFFICIENCY COMPOSITE MATERIALS BASED ON MINERAL  
AND SYNTHETIC FIBERS: PRODUCTION PROBLEMS  
OF CHRYSOTILE CEMENT**

*Представила д-р техн. наук, профессор Г.Н. Шабанова*

**Актуальность темы.** Хризотил-цемент по-прежнему является самым недорогим на рынке твердым кровельным строительным материалом. Данный материал обладает множеством положительных свойств, таких как высокая долговечность, прочность, огнестойкость, низкая теплопроводность. Всё это обуславливает высокий спрос на асбестоцемент. Однако последние 20-30 лет

популярность асбестоцемента стремительно снижалась. Это обусловлено появлением на рынке большого количества конкурентных кровельных материалов, таких как битумно-волоконистые, волокнисто-цементные, металлические и т.д. Однако, главным образом, снижение спроса на хризотил-цемент во всем мире связано с «антиасбестовой кампанией», организованной производителями

синтетического волокна и кровельных материалов на его основе. Данная проблема является наиболее существенной в отрасли не только в Украине, а и во всем мире.

Исследованиям безопасности использования хризотил-асбеста посвящено множество научных трудов. В Канаде, России, Украине и других странах были созданы специальные некоммерческие организации – «Хризотилевые ассоциации», предназначенные для координации исследований в области безопасности хризотил-асбеста. Множество медицинских исследований, обобщенных в [1, 2], показывают, что хризотил обладает существенно более низкими болезнетворными свойствами, чем амфибол (амозит, крокодилит) и многие другие используемые в производстве строительных материалов волокна (целлюлозные, керамические, параразмидные, стеклянные, минеральные и др.). Данные С.М. Нейман [1] доказывают, что эмиссии волокна хризотил-асбеста с поверхности хризотил-цемента не происходит. Всё это дает основание заключить, что использование изделий из хризотил-цемента является практически безопасным. Поэтому авторами намеренно

используются термины «хризотил» и «хризотил-цемент», подчеркивающие факт использования именно хризотилового асбеста.

**Особенности технологии производства хризотил-цемента и свойства хризотила.** Производство хризотил-цемента уже более 100 лет осуществляется по технологической схеме, разработанной Людвигом Гатчеком (Ludwig Hatschek, рис. 1). В 1900 г. Л. Гатчек получил патент № 5970 Австро-Венгерской Империи на новый способ производства строительных материалов «Процесс производства плит из искусственного камня с гидравлическими вяжущими веществами с применением волокнистых материалов» [3]. Данные плиты автор патента назвал «eternit», что в переводе с латинского обозначает «вечный». Данным способом кроме асбестоцемента производятся и другие волокнисто-цементные кровельные материалы, часто называемые фиброцементом, а также картон. В настоящее время данный способ производства достаточно широко используется и более известен как способ послойного формования.



Рис. 1. Изобретатель способа производства хризотил-цемента  
Людвиг Гатчек (Ludwig Hatschek, 1856-1914)

Однако на протяжении многих лет учеными и конструкторами из разных стран разрабатывались новые способы формования фиброцементных материалов. Так, например, ещё в 1960-х гг.

итальянскими специалистами фирмы ISPRA была усовершенствована технология производства и получены сверхпрочные хризотил-цементные материалы (рис. 2).



Рис. 2. Сверхпрочный асбестоцементный волнистый лист VULKANIT фирмы ISPRA (Милан, Италия, 1963 г.)

В целом технологию производства асбестоцемента способом послойного формования можно охарактеризовать как технологию с достаточно большим количеством технологических требований, предъявляемых к свойствам как

компонентов, так и цементно-водной суспензии. Важнейшие свойства хризотила, определяющие его пригодность для производства хризотил-цемента, представлены в таблице [4, 5, 6].

Таблица

Основные свойства хризотила

| Физико-механические                           | Физико-химические                                      | Технологические                              |
|---|--|--|
| Структура волокна                             | Удельная поверхность                                   | Распушиваемость                              |
| Модуль упругости и прочность при растяжении   | Поверхностные свойства (электрокинетический потенциал) | Фильтрационные свойства асбестовых суспензий |
| Агрегативная связность, гибкость и морфология | Адсорбция  | Цементоудерживающая способность              |
| Эластичность волокна асбеста                  | Химическая стойкость                                   | Водоудерживающая способность                 |
| Сопротивление сдвигу                          | —  | Компрессионные свойства                      |
| —   | —  | Армирующие свойства волокон                  |

Кроме того, на указанные свойства влияют следующие факторы:

- месторождение (на различных месторождениях свойства хризотила могут существенно отличаться);

- способ залегания хризотила (за пределами зоны выветривания, в зоне выветривания);

- процесс обогащения хризотила (качество обогащения).

**Использование хризотила различных месторождений.** В советское время предприятия-производители асбестоцемента, как правило, получали хризотил из одних и тех же месторождений, а цемент с одних и тех же заводов. Качество сырья было относительно стабильным, а разработкой рецептур занимался единственный в СССР научно-исследовательский институт ВНИИпроектасбестцемент. В настоящее время институт прекратил своё существование, а его сотрудники давно достигли пенсионного возраста. Таким образом, асбестоцементные заводы остались неспособными решать сложные оптимизационные задачи на своих предприятиях. Постоянное изменение цен и качества компонентов хризотил-цемента заставляет предприятия заниматься поиском наиболее привлекательных с точки зрения соотношения цена/качество производителей хризотила и цемента. Однако, как показали наши исследования, использование, например, хризотила различных месторождений требует иногда серьезных изменений технологического процесса производства хризотил-цемента. Более того, использование хризотила нетрадиционных для отечественных заводов месторождений вызывает затруднения в связи с несоответствиями стандартов СНГ зарубежным стандартам. Так, например, в Канаде, Бразилии, Китае маркировка товарного хризотила отличается от маркировки стандартов СНГ. Отличаются также и лабораторные методы исследований свойств хризотила и методики составления рецептур хризотил-цемента.

Основным способом определения фракционного состава на отечественных заводах по-прежнему остается сухой способ на контрольном аппарате, в то время, как ещё в 1970-хх гг. ВНИИпроектасбестцементом было установлено, что данная методика может быть лишь оценочной (прикидочной) и не может являться базовой для составления смесок хризотила для хризотил-цемента.

ВНИИпроектасбестцементом была предложена методика составления смесок, основанная на результатах определения фракционного состава на гидрокласификаторе типа Бауэр-Мак-Нетта.

Зарубежные производители хризотил-цемента используют методику составления смесок хризотила, основанную на определении различных интегральных показателей, таких как технологическая ценность волокна (Wa), показатель прочности волокна (FSU), показатель качества фракционного состава (AGV). Определение фракционного состава осуществляется на гидрокласификаторе Тернер-Ньюалл, кроме того, определяется объём хризотила во влажном состоянии методом цилиндров с инвертером. Дополнительно проводится Wash Test (тест на промыв фракции менее 0,075 мм), определяется интегральный показатель – индекс Тернер-Ньюалл. Также определяется влажность хризотила, фракционный состав по классам распушенности на элютриаторе, удельная поверхность на приборе Рапид-Тестер, показатель FSU (Fiber Strength Unit) в единицах прочности асбестового волокна. Для определения показателя прочности асбестового волокна проводится испытание на изгиб асбестоцемента, содержащего исследуемое волокно, и рассчитывается уровень прочности материала (асбестоцементной плитки) относительно стандартной прочности волокна. Так определяется технологическая ценность волокна Wa. Считается, что асбестовое волокно дает стандартную прочность

100 ед. при стандартной плотности волокна, когда его количество в материале составляет 10 %. Количество хризотилового волокна, необходимого для изготовления асбестоцементного образца стандартной прочности, изменяется в зависимости от того, какими ценностью или армирующими свойствами оно обладает. Определив долю волокна, необходимую для получения асбестоцемента стандартной прочности, рассчитывают FSU – относительную прочность волокна:

$$FSU = \frac{1000}{F_n};$$

$$F_n = \frac{100 \times 275 \times F}{\sigma \times (100 - F) + 275 \times F},$$

$$AVG = 2,1 \cdot W_1 + 1,5 \cdot W_2 + 1 \cdot W_3 + 0,5 \cdot W_4 - 0,1 \cdot W_5,$$

где  $W_1$  – массовая доля волокна длиной более 4 mesh (4,75 мм),  $W_2$  – более 14 mesh (1,18 мм),  $W_3$  – более 35 mesh (0,425 мм),  $W_4$  – более 200 mesh (0,075 мм),  $W_5$  – менее 200 mesh (0,075 мм).

Показатель AGV используется потребителями для составления и разработки смесок в асбестоцементной промышленности. Он является аналогом показателя L-характеристика, разработанном ВНИИпроектасбестцементом [7].

**Выводы и рекомендации.** Исходя из изложенного, обозначим проблемы производства хризотил-цемента в СНГ и Украине, в частности:

- высокое энергопотребление;
- низкая автоматизация производства;
- «антиасбестовая кампания»;
- отсутствие сырья в Украине;
- отсутствие оснащенных лабораторий

на предприятиях не только для осуществления инновационной деятельности, но и для обеспечения контроля качества сырья;

где  $F_n$  – расход хризотила в смеси, необходимый для получения стандартной прочности асбестоцемента, %; FSU – относительная прочность волокна, ед.; F – расход хризотила в смеси (10 %);  $\sigma$  – предел прочности исследуемого образца, кгс/см<sup>2</sup>.

Технологическая ценность хризотилового волокна  $W_a$  измеряется в процентах (%) и определяется по формуле:

$$W_a = \frac{FSU - 10,3}{1,38}.$$

Затем определяется обобщающий показатель качества фракционного состава AGV (Average Grade Value):

- отсутствие квалифицированных кадров на асбестоцементных предприятиях, способных создавать инновации.

Перспективными направлениями развития производства асбестоцементных кровельных материалов авторы считают:

- разработку беспропарочной технологии производства хризотил-цемента;
- повышение декоративных свойств асбестоцемента путем применения современных методов окрашивания и тиснения хризотил-цемента;
- увеличение ассортимента выпускаемой продукции;
- создание универсальной, адаптированной к международным и отечественным требованиям, методики оценки пригодности хризотила различных месторождений в производстве хризотил-цемента;
- разработку безасбестовых рецептур (фиброцемент) или рецептур со сниженным содержанием хризотила;
- создание современной научно-исследовательской лаборатории для

осуществления инновационной и - создание систем статистической оптимизационной деятельности обработки данных испытаний на предприятиях; предприятия.

### *Список литературы*

1. Нейман, С.М. О безопасности асбестоцементных материалов и изделий [Текст] / С.М. Нейман, А.И. Везенцев, С.В. Кашанский. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2006. – 64 с.
2. Кочелаев, В.А. Ещё раз об асбесте и новейших международных медицинских исследованиях, связанных с ним [Текст] / В.А. Кочелаев // НО «Хризотилловая ассоциация». – Асбест, 2010. – 19 с.
3. Самоочищающийся японский фиброцементный сайдинг – рекламный трюк или нанотехнологии? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://red-fasad.ru/content/id90/>.
4. Берней, И.И. Технология асбестоцементных изделий [Текст] / И.И. Берней, В.М. Колбасов. – М.: Стройиздат, 1985. – 399 с.
5. Беркович, Т.М. Основы технологии асбестоцемента [Текст] / Т.М. Беркович. – М.: Стройиздат, 1979. – 233 с.
6. Соколов, П.Н. Технология асбестоцементных изделий [Текст] / П.Н. Соколов. – М.: Стройиздат, 1968. – 288 с.
7. Пуненков, С.Е. Современное состояние и перспектива развития хризотил-асбестовой отрасли в Бразилии [Текст] / С.Е. Пуненков // Строительные материалы. – 2011. – № 5. – С. 73-80.

**Ключевые слова:** хризотил, хризотил-цемент, асбест, асбестоцемент, синтетическое волокно.

### *Аннотации*

У статті розглянуто сучасні проблеми азбестоцементної галузі в Україні. Надано короткий історичний нарис і характеристику технологічного процесу виробництва хризотил-цементу. Показані умови можливості застосування хризотилу різних родовищ на азбестоцементних підприємствах. Надані універсальні рекомендації щодо удосконалення процесу виробництва хризотил-цементу.

В статье представлены современные проблемы асбестоцементной отрасли в Украине. Дан краткий исторический очерк и характеристика технологического процесса производства хризотил-цемента. Представлены условия возможности применения хризотила различных месторождений на асбестоцементных предприятиях. Представлены универсальные рекомендации по усовершенствованию процесса производства хризотил-цемента.

The article presents the current problems of the asbestos and cement industry in Ukraine. It is given a brief historical sketch and description of the process of chrysotile-cement production. Presented conditions of possibility of using chrysotile of different deposits in the asbestos and cement enterprises. Presented universal recommendations for improving the process of production of chrysotile-cement.