

## "МОНОЛИТТЕГИ" ТҮЗҮМҮН РЕКРИСТАЛИЗАЦИЯЛОО МЕНЕН ТАБИГЫЙ ГИПС ТАШЫН ЧЫҢДОО

Ибраимбаева Г.Б.<sup>1</sup>, Нурымбет Н.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Эл аралык билим берүү корпорациясынын (КазБАКА) доценти, т.и.д., [gulnazik1971@mail.ru](mailto:gulnazik1971@mail.ru)

<sup>2</sup>Эл аралык билим берүү корпорациясынын (КазБАКА) ПСМИК-17-2 топтун студенти, [nurislam.nurymbet@bk.ru](mailto:nurislam.nurymbet@bk.ru)

**Аннотация.** Изилдөөнүн негизги багыты жасалма мраморду өндүрүү үчүн табигый гипс ташынын рекристаллдаштырылышын изилдөөгө арналган. Гипс таштын бекемдигин бузбай, кайра кристаллдаштыруу учурунда аны катуулатуу багытындагы илимий изилдөөлөрдүн аналитикалык кароосу жүргүзүлөт. Гипс ташын суусуздандыруу каражаты катары микротолкундуу талаанын эффектисин изилдөөнүн натыйжалары келтирилген, кийин гипс ташын экинчи жолу алуу үчүн боёктун суу эритмесинде гидратацияланат.

**Ачкыч сөздөр:** энергияны үнөмдөө, жасалма мрамор, гипс таш, суусуздануу, регидратация

## УПРОЧНЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГИПСОВОГО КАМНЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ ЕГО СТРУКТУРЫ В «МОНОЛИТЕ»

Ибраимбаева Г.Б. <sup>1</sup>, Нурымбет Н.Б. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ассоциированный профессор Международной образовательной корпорации (КазГАСА), к.т.н., [gulnazik1971@mail.ru](mailto:gulnazik1971@mail.ru)

<sup>2</sup>Студент гр. ПСМИК-17-2 Международной образовательной корпорации (КазГАСА), [nurislam.nurymbet@bk.ru](mailto:nurislam.nurymbet@bk.ru)

**Аннотация.** Основное направление исследований посвящено исследованию по перекристаллизации природного гипсового камня для получения искусственного мрамора. Проведен аналитический обзор научных исследований в направлении упрочнения гипсового камня при перекристаллизации без разрушения его монолитности. Приведены результаты изучения влияния СВЧ-поля, как средства дегидратации гипсового камня с последующей гидратацией в водном растворе красителя для получения вторичного гипсового камня

**Ключевые слова:** энергоэффективность, искусственный мрамор, гипсовый камень, дегидратация, регидратация

## STRENGTHENING OF NATURAL GYPSUM STONE BY RECRYSTALLIZATION OF ITS STRUCTURE IN "MONOLITH»

Ibraimbayeva G.B.<sup>1</sup>, Nurymbet N.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor of the International Educational Corporation (KazGASA), candidate of technical sciences, [gulnazik1971@mail.ru](mailto:gulnazik1971@mail.ru)

<sup>2</sup>Student of gr. PSMIK-17-2 of the International Educational Corporation (KazGASA), [nurislam.nurymbet@bk.ru](mailto:nurislam.nurymbet@bk.ru)

**Annotation.** *The main area of research is devoted to research on the recrystallization of natural gypsum stone to produce artificial marble. An analytical review of scientific research in the direction of strengthening gypsum stone during recrystallization without destroying its solidity is carried out. The results of studying the effect of the microwave field as a means of dehydration of gypsum stone with subsequent hydration in an aqueous dye solution for the production of secondary gypsum stone are presented*

**Keywords:** *energy efficiency, artificial marble, gypsum stone, dehydration, rehydration*

**Введение.** Современные материалы и технологии позволяют заменить натуральный камень его имитацией, получая изделие с рядом преимуществ и улучшенных характеристик:

1. Наиболее важным преимуществом является цена. У имитации она значительно ниже, чем у натурального мрамора.
2. Другим аспектом является устойчивость. Мрамор довольно чувствителен к химическим воздействиям. Изделия с имитацией мрамора прочны, их легко очистить.
3. Материалы из искусственного мрамора имеют толщину (и, следовательно, вес) намного меньше, чем у натурального камня.
4. При изготовлении изделий из искусственного мрамора можно получить значительно больше цветовых оттенков.

**Актуальность темы и постановка задач.** Обеспечение строительства ресурсосберегающими эффективными материалами и изделиями является актуальной проблемой нынешнего времени. Одним из путей решения такой задачи является использование гипсовых облицовочных плит, поскольку они обладают рядом преимуществ, в частности, несложностью переработки с незначительным расходом топлива и электроэнергии, небольшим весом и высокой архитектурной выразительностью. Кроме того, все гипсовые изделия относятся к группе экологически чистых строительных материалов.

Существует ряд способов изготовления изделий из гипса, имитирующих натуральный мрамор [1-4]. Рассмотрим некоторые из них.

Первый способ и самый простой – отливка изделий из отдельно приготовленных смесь двух гипсовых растворов различного цвета. Желательно, чтобы они гармонировали между собой. Если один из них значительно темнее второго, то его можно сделать в меньшем количестве. В состав растворов следует ввести замедлитель схватывания, в качестве которых лучше всего использовать свежегашеную известь (около 2,5 %), так как она кроме замедления добавит прочность изделию. Можно использовать и лимонную кислоту (1%), но это снижает прочность изделий. Сам пигмент и пластификатор также являются замедлителями схватывания гипсового раствора. Хорошими свойствами обладает бура (6-10%), она и замедляет процесс затвердевания (до нескольких часов), и упрочняет гипс.

Второй способ изготовления мрамора из гипса – как обычно готовится гипсовый раствор, но в воду добавляется заранее разведенный в горячей воде столярный клей. Затем в эту смесь вливается растворенная в теплой скипидарной ванне не водорастворимая смола. После этого добавляется необходимое количество пигмента и смесь перемешивается до получения разводов от внесенной смолы. Готовый раствор можно не спеша заливать в форму.

Третий способ: оселковый мрамор – представляет из себя окрашенную массу гипсовой смеси и клеевой воды. Посредством специального инструмента, этот искусственный материал наносится на поверхность, после чего шлифуется и полируется на ней до появления блеска. Отдельно изготовленные цветные комья можно делить на более мелкие и снова смешивать между собой (как делают с цветной детской термоглиной для моделирования). К ним можно подсыпать сухой железистый оксидный пигмент и снова перемешать. Таким образом в конечном изделии из оселкового мрамора можно получить более мелкий рисунок с прожилками. Цвета при этом не смешиваются.

Однако изделия, полученные вышеприведенными способами, отличаются высокой пористостью и, следовательно, недостаточной прочностью.

Особый интерес представляют облицовочные плитки из природного гипсового камня. Гипсовый камень имеет больше преимуществ, чем другие каменные материалы. Прежде всего – это возможность проведения глубокой технологической обработки натурального гипсового камня с получением изделий разных цветовых сочетаний, для производства которых требуется значительно меньше электроэнергии.

В связи с этим ряд ученых открыли особую технологию производства декоративных плиток «под мрамор» из натурального гипса. Суть этого процесса – перекристаллизовать исходный гипс в «монолите» и получить красивую фактуру.

Впервые работы в этом направлении проводились в ГИСИ им. В.П. Чкалова [5] и ВНИИСтром [6, 7]. Данная технология выполняется по схеме полное или поверхностное обезвоживание материала на открытом пространстве → гидратация в закрытой таре. Этот метод аналогичен методу отверждения материала с использованием внешнего давления, потому что, когда гипс «сжимается» и полностью гидратируется, возникает внутреннее напряжение, и кристаллическая структура полуводного гипса действует как пресс-форма. При этом гипсовый камень дегидратировался в блоках, а затем после перекристаллизации упрочненные блоки разрезались на отдельные плитки.

Исследования автора [6, 7] позволили получить высокопрочный гипс марокот Г-16 до Г-25 гидротермальной обработкой гипсового камня в автоклавных условиях после механохимической активации в присутствии модификаторов. При этом

продолжительность гидротермальной обработки сокращена с 7 (без МХА) до 4,5 ч. Согласно исследованию, в процессе гидротермальной обработки паронасыщением в автоклаве из природного гипса за счет межатомных и межмолекулярных связей образуется каркас из  $\alpha$ -полуhydrата с хаотично расположенными кристаллами. Это обеспечивает «стесненный» рост кристаллов  $\alpha$ -фазы внутрь породы, их сближение, сцепление и успешное формирование полуводной структуры.

Автором [8] были изучены сложные макрокинетические и структурные процессы фазового превращения природного гипсового камня в полностью полуhydrатированную структуру при низких температурах и атмосферном давлении, а также процессы регидратации. Исследование заключается в упрочнении заготовок на конвейере путем их упрочнения при атмосферном давлении. Предварительно вырезанные плиты из натурального гипса толщиной 15 мм на держателях погружаются в термокамеру, где обезвоживаются и, затем отверждаются водным окрасочным раствором. Затем их поверхности сглаживаются и полируются. Но при этом рекомендуется применение гипсового камня прочностью не менее 18-26 МПа.

Республика Казахстан располагает огромными запасами гипсового камня, причем месторождения их находятся почти во всей территории нашей страны. В настоящее время ведутся исследования в месторождениях Атырауской (Индер, Карасу и Карашунгыл), Жамбылской (Улькен-Бурылтау) и Карагандинской (Кокдомбак) областей. Имеются также промышленные запасы гипсового камня и в Актюбинской, Южно-Казахстанской и Алматинской областях.

Согласно ГОСТ 9479-2011 к гипсовому камню для производства облицовочных изделий предъявляются следующие требования: прочность при сжатии должна быть не менее 15 МПа, снижение прочности при насыщении водой – не более 35%. Как показали испытания, некоторые месторождения Казахстана сложены из гипсового камня низкого качества: прочность образцов на их основе не превышает 8-14,5 МПа, коэффициент размягчения 0,4-0,5, что не позволяет получать облицовочные изделия по традиционной технологии. В отличие от других каменных материалов изделия из природного гипса могут подвергаться глубокой технологической переработке, в результате которой можно существенно изменить не только физико-механические свойства материала, но и его цвет.

Особый интерес представляет исследование влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ) на структурообразование вторичного гипсового камня, при котором дегидратированные гипсовые плиты подвергались гидратации в водных растворах различных ПАВ: суперпластификатора С-3, лигносульфоната технического (ЛСТ) и низкомолекулярного ПАВ типа хлоралкилсульфоната. Наибольший эффект достигнут при использовании низкомолекулярного ПАВ – хлоралкилсульфоната, при котором

прочность образцов повышается в 2,5-3 раза в сравнении с образцами, гидратированными в воде без добавки. Более низкая прочность изделий при гидратации гипсового камня в водном растворе высокомолекулярных ПАВ обусловлено тем, что последние вследствие разветвленности структуры своих молекул в большей степени экранируют поверхностные поры материала, в результате чего затрудняется диффузия молекул в глубинные его слои. Оптимальная температура дегидратации составляет 160-180°C [9, 10].

**Результаты исследования и рекомендации.** В Казахской головной архитектурно-строительной академии проведены исследования по перекристаллизации природного гипсового камня в монолите. Основное направление исследований посвящено изучению влияния СВЧ-поля, как средства дегидратации гипсового камня. Дегидратация гипсового камня в монолите основана на создании искусственно стесненных условий для формирования прочной структуры вторичного двугидрата сульфата кальция.

Исследования проводили с использованием образцов природного гипсового камня Жамбылского месторождения, характеристика которого приведена в табл. 1. В качестве объектов исследования применены образцы плит размерами 5\*5\*2 см и образцы-кубы 2\*2\*2 см.

Таблица 1

Физико-механические свойства гипсового камня Жамбылского месторождения

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Водопоглощение, %	R <sub>сж</sub> в сухом состоянии, МПа	R <sub>сж</sub> в водо- насыщенном состоянии, МПа	Коэффициент размягчения
2,35-2,36	2,05-3,1	1,98-3,05	10,2-14,5	4,7-7,25	0,39-0,5

Физико-механические свойства гипсовых образцов и плит исследовали, руководствуясь ГОСТами и методиками, принятыми для облицовочных изделий из природного камня.

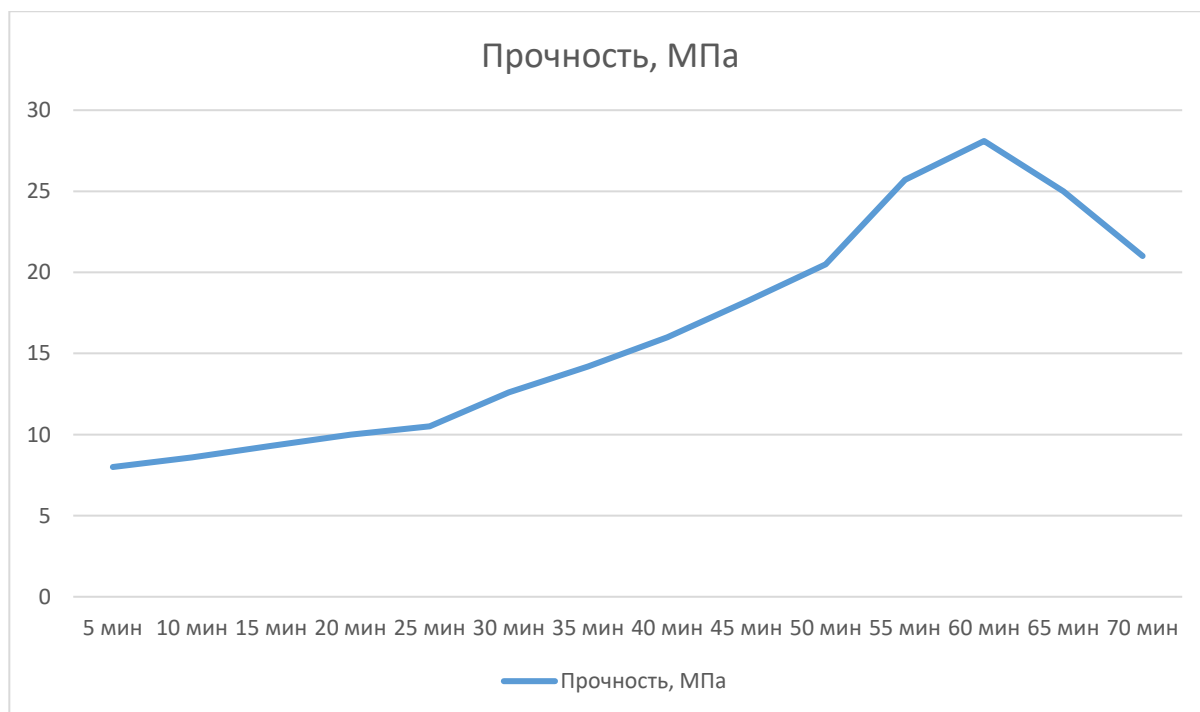
Изучение фазового состава продуктов дегидратации показывает, что при «обжиге» гипсового камня в СВЧ-печи образуется α-полугидрат сульфата кальция. Это объясняется тем, что СВЧ-печь работает при небольшом избыточном давлении водяных паров (порядка 0,2-0,5 атм) от удаления части кристаллизационной воды в форме перегретого пара и температуре 100-105°C. Процесс «обжига» длится порядка

30-60 минут в зависимости от размеров образца. Для объяснения образования  $\alpha$ - $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  отходы от пиления гипсового камня также были подвержены дегидратации в СВЧ-печи. При этом полученный после дегидратации гипсовый порошок показал водопотребность 38%.

После завершения процесса дегидратации образцы погружаются в водный раствор красителей для повышения прочности природной структуры гипсового камня (регенерации). Температура водных растворов солей поддерживается на уровне 40-55°C для ускорения процесса регенерации. Общая продолжительность процесса регенерации составляет 1-1,5 часа в зависимости от толщины образцов.

После завершения процесса регенерации образцы выдерживаются в «парниковых» условиях в течение 3-5 часов с целью наиболее полного выкристаллизовывания вторичного  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и упрочнения структуры.

Оптимальная продолжительность и завершенность процесса дегидратации определена по изменению прочности при сжатии образцов регидратированного гипсового камня (рис. 1) при гидратации в воде в течение 1 часа. Снижение прочности вторичного гипсового камня с увеличением продолжительности дегидратации дольше 1 часа связано с тем, что начинает образовываться безводный сульфат кальция от чрезмерного перегрева камня.



*Рисунок 1 – Изменение прочности регидратированного гипсового камня в зависимости от продолжительности дегидратации*

В качестве красящих веществ могут быть использованы водорастворимые сульфаты и хлориды кобальта, хрома, никеля, меди.

При механической обработке гипсовых плит наряду с их упрочнением, раскрываются и декоративные качества. В процессе дегидратации из гипсового камня удаляются органические примеси, вследствие чего изделия приобретают светло-белую фактуру, что позволяет придать изделиям разнообразную цветовую поверхность. Примеси в виде песка или глины, нанося на поверхность камня рисунки из темных прожилок придают плитам большую декоративность при фактурной обработке (шлифовка, полировка).

Таким образом, из природного гипсового камня, сохраняя при этом его природные показатели можно получить искусственный мрамор с повышенными декоративными и физико-механическими характеристиками.

Для комплексного использования сырья отходы, полученные при разрезке блоков на плиты и при «обжиге», могут быть использованы для получения гипсового вяжущего.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

1) *Искусственный мрамор на основе смолы, гипса и бетона, 06.07.2018 // <https://kamsaddeco.com/iskusstvennyj-kamen/iskusstvennyj-mramor.html>*

2) *Хаев Т.Э. Эффективный гипсовый материал для реставрационных работ // Дисс. ...канд. техн. наук. М.: 2019, 175 с.*

3) *Сафонова Т.Ю. Улучшение физико-механических свойств многокомпонентного гипсового вяжущего // Альманах современной науки и образования: Тамбов, Издательство "Грамота", 2011. № 10 (53)*

4) *Анисимова С.В., Навдаева М.В., Невоструева А.С., Дубинин Е.Д. Возможности упрочнения гипсовых изделий с использованием сульфатных солей // IX Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум – 2017», ННГАСУ*

5) *Панин А.И. Разработка и исследование основных вопросов технологии получения облицовочных изделий из упрочненного гипсового камня для общественных зданий и сооружений. Дисс. ... канд. техн. наук. М.: 1979. 199 с.*

6) *Сучков В.П. Механохимическая активация в технологии переработки гипсового сырья // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура, 2011, № 4.*

7) *Сучков В.П. Механохимическая активация природного и техногенного сырья при производстве гипсовых строительных материалов и изделий // Дисс. ... докт. техн. наук, Самара. 2012, 271 с*

8) *Грацианский В. И. Разработка технологии упрочненных декоративно-облицовочных плит на основе пиленого гипсового камня. Автореф. Дисс. ... канд. техн. наук. Красково. 1983. 24 с.*

9) *Ибраимбаева Г.Б. Влияние различных ПАВ на структурообразование гипсового камня // Вестник КазГАСА, 2007, №1(23), с.83*

10) *Ибраимбаева Г.Б. Перекристаллизация структуры двуводного гипса «в монолите» // Труды междунар. научно-практической конференции «Архитектура и строительство Казахстана в новом тысячелетии». Алматы. КазНТУ им.К.И.Сатпаева, 2008, с.306-310*