

К вопросу об эффективности применения высококачественной каменной ваты в строительстве

Д.Д. ЖУКОВ, канд. техн. наук, доцент

Вести современное строительство без использования эффективных теплоизоляционных материалов, в том числе минеральной ваты на основе базальтовых волокон, практически невозможно. В настоящей статье рассказывается о ряде важных особенностей негорючих теплоизоляционных строительных плит производства международного концерна Paroc, а также о сравнительно новой сфере применения данной продукции, в том числе в России.

Актуальность статьи подкрепляется тем фактом, что многие отечественные специалисты, имеющие отношение к строительству, разделяют точку зрения известного российского ученого, доктора технических наук В.Г. Гагарина на долговечность эффективных теплоизоляционных материалов. В его статье «Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях рыночной экономики» говорится, что долговечность таких утеплителей неизвестна, но явно ниже, чем у традиционных материалов (кирпич, бетон и т.д.). Однако без анализа конкретных данных, позволяющих более или менее точно судить о долговечности, ее нижний предел по мере необходимости может задаваться сколь угодно низким.

Коррозия каменной ваты и стеклянной ваты в щелочном растворе

По заказу Paroc Group Oy Ab компания Tor Analytica Ltd (Турку, Финляндия) выполнила исследование, целью которого было проанализировать коррозию каменной ваты (образцы взяты из плиты Paroc FAS 4) и стеклянной ваты (образцы взяты из плиты Isover OL-P-100) в щелочном растворе. Оба материала относятся к минеральной вате. Исследователи пользовались методом электронной спектроскопии для химического анализа (ESCA) и сканирующим электронным микроскопом (SEM). Образцы ваты находились в щелочном растворе 1, 10, 30 и 60 суток. Щелочной раствор моделировал условия, в которых вата и влажный высокощелочной цемент контактируют и, возможно, вступают в реакцию друг с другом. Необработанные образцы ваты испытывались одновременно и в одинаковых условиях. Влияние фтора, как показал ESCA-анализ, было пренебрежительно малым.

Для получения насыщенной известковой воды 150 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$ растворили в 600 мл деионизированной воды. Было сделано 5 декантаторов раствора. Раствор смешивался с помощью магнитной мешалки в течение 24 часов. Нерастворенные частицы отфильтровывались на протяжении еще 24 часов.

Образцы ваты объемом 1 см³ и насыщенная известковая вода помещались в закрытые дека-

нтаторы. Температура растворов при выдержке в них образцов была 70°C. Первоначальное значение pH растворов составляло 13,3; это близко к pH влажного цемента. Значения pH для растворов приведены в табл. 1 как функция времени выдержки образцов. Исследуемые кусочки ваты вкладывались в мешочки, чтобы не произошло распада этих кусочков в растворе. Растворы перемешивались с помощью магнитной мешалки в ходе всего исследования. Образцы ваты извлекались из раствора через 1, 10, 30 и 60 суток и промывались деионизированной водой. Через 60 суток почти все они целиком разложились. Перед сушкой образцы отфильтровывались.

Основные результаты изучения образцов с помощью электронной спектроскопии представлены в таблицах 2 и 3. Глубина исследуемой поверхности – примерно 5 нанометров, длина исследуемых зон – 100 микрометров. Изучались три зоны каждого образца. Численные значения даны как среднее трех разных измерений. Недостоверные результаты из табл. 3 исключены.

Основные выводы по результатам исследования:

1. Величина pH щелочных растворов с течением времени уменьшалась, причем быстрее в случае стеклянной ваты;
2. Осадок в щелочном растворе приклеивался к поверхности стеклянной и каменной ваты через 10 суток после начала опытов. Внутренняя часть образцов ваты при этом еще оставалась чистой. Через 30 суток чистых волокон обнаружено не было.

Таблица 1. pH щелочных растворов

Материал	0 суток	1 сутки	10 суток	30 суток	60 суток
Стеклянная вата	13,3	12,9	10,5	9,7	9,7
Каменная вата	13,3	12,8	10,9	12,2	9,5

Таблица 2. Химический состав поверхности, %

Материал	Время, сутки	C	O	N	Si	Mg	Ca	Al	Fe	P	Na	Mn
Стеклянная вата	0	70	19	0,2	10						0,1	
	1	59	25	0,1	13							
	10	22	55	0,2	17	5,0	4,0	0,9			0,2	0,1
	30	5	66		13	0,2	11,3	0,3		0,2		
	60	13	62		16	1,6	7,6					
Каменная вата	0	64	24	1,5	11	0,3	0,1				0,1	
	1	70	21	1,0	6		1,6					
	10	70	21	1,7	6	0,5	0,6	0,2				
	30	38	44	0,9	5	5,1	4,1	2,0	0,8			
	60	17	59		13	1,6	6,5	1,8				

Таблица 3. Химически связанные состояния углерода

Материал	Время, сутки	C-C	C-O	C=O	O-C=O
Стеклянная вата	0	80	18	1,8	0,2
	1	84	15	1,4	0,1
	10	49	32	11,8	7,3
	30	-	-	-	-
	60	61	23	4,0	11,5
Каменная вата	0	92	7	0,2	0,3
	1	78	16	3,9	1,7
	10	72	19	6,0	3,4
	30	69	24	3,8	3,6
	60	60	24	5,3	10,7

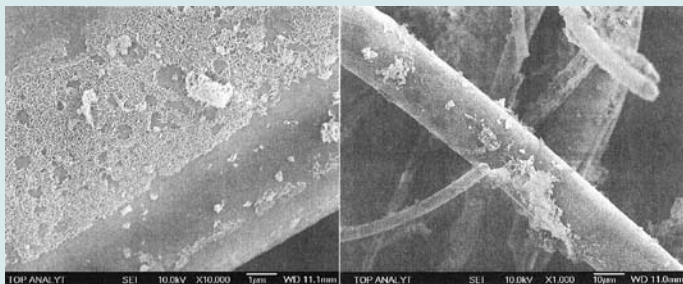


Рисунок. Сохранившиеся волокна каменной ваты через 60 суток

3. Загрязнение и эрозия поверхности стеклянной ваты выявлены через день после начала исследования.

4. Образцы стеклянной ваты разложились раньше, чем образцы каменной ваты. Через 60 суток остался лишь очень маленький кусочек каменной ваты (см. рисунок).

5. Обе ваты вступили в реакцию с насыщенной известковой водой. Эта реакция была выявлена как увеличение присутствия кальция и кислорода на поверхностях образцов и уменьшение pH раствора.

6. Количество функциональных групп (связи между углеродом и кислородом), которое относится к химической реакции между волокнами и раствором, уменьшалось как функция времени.

7. Каменная вата показала себя как весьма стойкий к агрессивной щелочной среде материал.

Испытания и свойства каменной ваты

В НИИ строительных материалов (г. Минск, Белоруссия) проводились исследования долговечности минераловатных плит строительного назначения разных производителей, в том числе плит производства компании Paroc. Образцы этих изделий изучались после 3, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 условных лет эксплуатации. Согласно ГОСТ 17177, определялись плотность, влажность, сжимаемость, прочность при 10% деформации и предел прочности на отрыв слоев. В один условный год эксплуатации включены 75 циклов температурно-влажностной нагрузки: 40 циклов по режиму «замораживание при -20°C (30 минут) – оттаивание при $+(18-20)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95-89% (20 минут)» и 35 циклов по режиму «замораживание при -20°C (30 минут) – оттаивание при $+(30-35)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95-89% (20 минут)». Все образцы испытывались при эксплуатационной влажности для условий эксплуатации «Б».

Некоторые результаты исследований следующие. Остаточная прочность на сжатие при 10% деформации после 30 лет условной эксплуатации для импортных плит составила 85-100% от начальной, а предел прочности на отрыв слоев – 64-88%. Стеклофаза образцов из плит, например, Paroc FAS 4 однозначно свидетельствовала об однородности их микроструктуры и устойчивости к кристаллизации. Предел прочности на сжатие в ходе испытаний у этих плит снизился незначительно. Что касается предела прочности на отрыв слоев, то у этих же плит он составил после 10 условных лет 20 кПа, после 15 условных лет – 18 кПа, а после 30 условных лет не опустился ниже декларируемого значения – 15 кПа. Данные этих испытаний позволили специалистам из минского НИИ строительных материалов с большой степенью уверенности прогнозировать высокую долговечность изделий из минеральной ваты – минимум 60-80 лет. Есть и другие подтверждения такой высокой долговечности.

Высокая водостойкость каменной ваты Paroc обусловлена ее хорошим модулем кислотности M_k , отвечающим процентному соотношению оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ и $(\text{CaO} + \text{MgO})$. Чем больше M_k , тем выше характеризующий водостойкость ваты показатель P_b ,

который соответствует значению pH раствора, полученного при растворении измельченной минеральной ваты в разбавленном растворе соляной кислоты. Однако увеличение доли $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ возможно лишь до наступления нежелательной величины модуля вязкости расплава M_v , отвечающего соотношению мольных долей оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ и $(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. Оно не должно превышать 1,2 (без подогрева дутья), иначе будет выходить излишне большой диаметр волокна. Сбалансированное сочетание указанных параметров в случае каменной ваты Paroc реализуется. Согласно одному из последних исследований, для этой ваты $\text{pH} = 1,22$, а $M_k = 2,74$. Следует отметить, что вата Paroc практически не впитывает влагу благодаря обработке эффективными водоотталкивающими добавками.

Качество волокон каменной ваты Paroc во многом обусловлено точным составом многокомпонентной шихты. Она содержит 95% древнейших датских и шведских базальтов, которые содержат мало технологически вредных тугоплавких металлов. За счет высокой температуры расплава (не менее 1500°C) эффективно выводятся вредные для изготавливаемых волокон компоненты шихты. Образуются волокна центробежно-валковым методом с помощью высокоскоростных (до 7000 оборотов в минуту) центрифуг. В итоге получаются волокна диаметром не более 5 мкм и длиной не менее 30 мм при минимальном объеме (менее 2% от объема всех волокон) неволоконистых включений. А качество каменной ваты главным образом зависит от диаметра и длины составляющих ее волокон (чем меньше диаметр и больше длина волокна, тем качественнее вата), а также от объема и структуры неволоконистых включений (чем меньше их объем и количество, тем качественнее вата).

Для связки волокон каменной ваты Paroc применяется поликонденсация фенолформальдегидных смол в присутствии нейтральной аммиачной воды и силиконовых масел. За счет выверенного режима тепловой обработки, достаточной длины линии полимеризации, надлежащего срока хранения и надежного способа внесения связующего обеспечивается необходимая скорость отверждения связующего. Исследования государственного института технических исследований VTT (Финляндия) показали, что степень полимеризации связующего каменной ваты Paroc составляет 100%.

Важный аспект заключается в том, что имеется заключение Европейской комиссии по охране окружающей среды и здоровья человека о безвредности каменной ваты производства концерна Paroc. Поэтому она давно исключена из списка потенциально канцерогенных материалов.

Рассмотренные и другие свойства каменной ваты предоставили возможность концерну Paroc разработать исчерпывающую номенклатуру эффективных утеплителей, охватывающую большую часть строительных применений как в случае нового строительства, так и в случаях ремонта и реконструкции.

Заключение

1. Каменная вата Paroc обладает высокой стойкостью к влажной щелочной среде. Это обстоятельство косвенным образом свидетельствует о длительном сроке службы этого материала.

2. Существуют достоверные данные, позволяющие оценивать долговечность строительных изделий из высококачественной каменной ваты, в том числе производства концерна Paroc, не менее чем в 60 лет. Этот срок сопоставим с долговечностью кирпича, бетона и т.д.

3. Высококачественная каменная вата предоставляет возможность реализовывать проекты даже пассивных домов, в которых расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию не превышает $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год.