

The synthetic zeolite additive received from aluminium fluoride production waste changes the processes of cement hydration thus binding portlandite formed within hydration and making new cement hydration products such as calcium hydro aluminium  $C_3AH_6$  as well as increasing the content of calcium hydro-sulphate-aluminates  $C_4ASH_{12}$  in hydrated hardened cement paste. While supplementing hardened cement paste with the synthetic zeolite additive received from aluminium fluoride production waste, the compressive strength and density of the specimens can be increased and the content of  $Ca(OH)_2$  can be reduced, which results in a decrease in the probability for corrosion, a growth in the density of hardened paste and a reduction in porosity, which causes reduced water permeability. Moreover, the latter zeolite additive can be included into the composition of concrete or mortar thus improving their performance. Also, this zeolite additive is characterized by low cost, as the main raw material to produce the supplement is aluminium fluoride production waste.

УДК 666.923/925

В. Л. Максименко, магистрант  
М. И. Кузьменков, проф., д-р техн. наук  
Е. В. Лукаш, канд. техн. наук  
Н. Г. Стародубенко, мл. науч. сотр.  
kuzmenkov.bgtu@mail.ru (БГТУ, г. Минск)

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ИЗВЕСТИ ИЗ ПЕРЕУВЛАЖНЕННОГО СЫРЬЯ**

В связи с ростом производства автоклавных материалов на основе строительной извести повышаются требования к её качеству, в том числе к стабильности её основных свойств.

До недавнего времени строительная известь производилась на всех заводах Республики Беларусь по мокрому способу. Несмотря на многие достоинства этого способа, такие как высокая реакционная способность получаемой извести и однородность её вещественного состава, ему присущ большой недостаток, а именно его высокая энергоёмкость, достигающая 310–320 кг условного топлива на тонну извести[1].

В связи с ростом стоимости углеводородного топлива технологию производства извести необходимо было модернизировать. Это привело к необходимости перехода на сухой способ, при котором количество испаряемой влаги из сырья снизилось с 38–40% до 26%, что сократило расход с 320 кг до 240 кг условного топлива на тонну извести. Производство извести по такой технологии впервые в Беларуси было налажено в филиале ОАО «Белорусский цемент-

ный завод» в г. Климовичи. Суть такой технологии заключалась в подаче во вращающуюся печь размером 3,6×110 мела с карьерной влажностью, не подвергая его предварительной обработке. Мел, поочередно проходя температурные зоны во вращающейся печи, подвергался процессу термической диссоциации. Поскольку его фракционный состав не однородный, имели место явления пережога и недожога. Частицы мелкой фракции, проходя температурную зону 1100–1200°C, пережигались, кристаллы СаО подвергались рекристаллизации и, как следствие – пассивации. Крупная фракция в поверхностном слое имела запассивированную известь, а сердцевина содержала неразложившийся СаСО<sub>3</sub>.

Вследствие вышесказанного молотая известь, полученная из комовой, имела частицы существенно отличающиеся по своей реакционной способности. Наличие быстрогасящихся и среднегасящихся частиц растягивает во времени процесс её гидратации, а следовательно, и тепловыделения, что является нежелательным для технологии производства газосиликатных блоков – самых масштабных строительных материалов на основе извести [2].

В связи с вышеизложенным, возникла необходимость проведения в лабораторных условиях исследования влияния гранулометрического (фракционного) состава карьерного мела на свойства получаемой из него строительной извести.

В работе использовался плотный ( $\rho=1182\text{кг/м}^3$ ) и рыхлый ( $\rho=989\text{кг/м}^3$ ) мел месторождения «Коммунары» (Костюковичский район), состав которого представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав мела месторождения «Коммунары»

Химический состав	Содержание, %
СаСО <sub>3</sub>	92,55
МgСО <sub>3</sub>	0,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,61
Влага	0,9
Нерастворимый в НС остаток	4,90

Для исследования влияния гранулометрического состава мела на качество строительной извести изготавливались гранулы размерами 25, 20, 15, 10мм, которые подвергались обжигу при температуре 1200 °С с выдержкой 20 минут. Общее время пребывания материала в печи составляло 1ч 50 мин. – 2 ч. Скорость подъёма температуры 17°С/мин. Полученную известь подвергали помолу в шаровой фарфоровой мельнице с последующим определением свойств (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние гранулометрического состава плотного и рыхлого мела на свойства строительной извести

Свойства извести по ГОСТ 22688-77	Мел рыхлый					Мел плотный				
	Размеры грапул, мм									
	25	20	15	10	<10	25	20	15	10	<10
Активность	81,3	81,0	81,59	81,18	72	84,1	83,4	88,8	86,1	74,3
Температура гашения, °С	69	72	71	68	70	92,4	90,1	89,3	81	80
Время гашения, мин	6,5	6	6	5,5	11	3	3	3,5	6	6
Содержание непогасившихся зёрен, %	0,04	0,04	0,011	0,031	0,023	0,58	2,1	1,77	1,08	0,21
Содержание пережога, %	0,81	0,56	0,5	0,84	12,6	0	0,3	0,3	0	0,56
Равномерность изменения объёма	Все образцы кроме фракция менее 10 мм соответствуют требованиям ГОСТ 22688-77									

Из таблицы видно, что активность извести из рыхлого мела ниже, чем из плотного. Это объясняется тем, что в рыхлой породе диффузия  $\text{CO}_2$  из зоны декарбонизации происходит легче, чем в плотной. Поскольку температура обжига для обеих пород одинаковая, а скорость протекания реакции различная, то образовавшиеся при температуре обжига  $1200^\circ\text{C}$  мелкие кристаллы  $\text{CaO}$  будут срастаться, дефекты на их поверхности будут залечиваться, что тем самым обеспечит снижение активности на 3–4% по сравнению с плотным мелом. Следовательно, содержание в рыхлой породе запассивированной фракции будет выше, что, в свою очередь, повысит время гашения с 3 до 6 минут. Но так как при таком режиме обжига гранулы из рыхлого мела лишь начинают пережигаться, не превращаясь в намертво обожжённые, то содержание непогасившихся зёрен в них ниже.

Изучение зависимости активности полученной извести от фракционного состава мела, поступающего в печь и аппроксимация полученных значений (рисунок 1), показала, что наименьшую активность имеет мелкая фракция с размером гранул менее 10 мм. Фракция такого размера пережигается при температуре  $1200^\circ\text{C}$ , пассивируется и тем самым негативно влияет на свойства извести. Зерна пережога гасятся медленно, увеличиваясь в объеме, что вызывает растрескивание и даже разрушение изделий.

Из крупной фракции мела размером 20–25 мм так же получается известь с низкой активностью. Это связано с тем, что температура обжига  $1200^\circ\text{C}$  является недостаточной. Наилучшие результаты дости-

гаются при обжиге фракции с размером гранул 10–15 мм. Температура обжига 1200°C является оптимальной для частиц именно такого размера, и известь, полученная из них, будет обладать наилучшей активностью. Из этого вытекает, что преобладающей фракцией мела, поступающего в печь, должна быть фракция с размером гранул 10–15 мм. Следовательно, в сырьевом отделении необходимо установить дробилки, которые будут обеспечивать указанный фракционный состав мела.

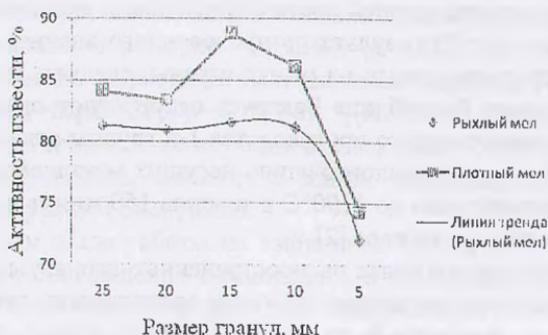


Рисунок 1 – Зависимость активности извести от фракционного состава мела

На основании предложенных мероприятий по оптимизации фракционного состава в 2015 году в Филиале №4 «Производство извести и мела» ОАО «Белорусский цементный завод» была проведена апробация одно-, двух-, и трёхступенчатого дробления на валковых дробилках.

Установлено, что двухступенчатое и трёхступенчатое дробление привело к появлению большого количества переизмельченной фракции, а одноступенчатое дробление обеспечило оптимальный фракционный состав и, как следствие, обеспечило получение высококачественной извести.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Кузьменков, М. И. Химическая технология вяжущих веществ / М. И. Кузьменков, О. Е. Хотянович. – Минск: БГТУ, 2008. – 263 с.

2 Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Производство извести и ее применение при изготовлении известково-песчаных изделий. – Режим доступа: <https://www.allbeton.ru/wiki/> Производство извести и ее применение при изготовлении известково-песчаных изделий. – Дата доступа: 07.09.2015.