

УДК 666.94.01

В.В. Мустафович, Б.Т. Таймасов*, Н.В. Шестова

магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
д.т.н., профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
магистр, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: taimasovukgu@mail.ru

ПРОЦЕССЫ ОБЖИГА СЫРЬЕВЫХ СМЕСЕЙ ТОО «КАСПИЙ ЦЕМЕНТ» С ДОБАВКАМИ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛИЗАТОРОВ

Аннотация

Высокотемпературные процессы обжига клинкера являются энергоемкими. На обжиг 1 т клинкера расходуется 110-130 кг условного топлива. Другой проблемой является загрязнение окружающей среды выбросами углекислоты. При обжиге 1 т клинкера в атмосферу выделяется до 700-800 кг CO_2 . Изучено влияние минерализаторов на процессы обжига сырьевых шихт ТОО «Каспийцемент». Установлено, что CaF_2 и комплексные минерализаторы « CaF_2 + фосфогипс» снижают температуру диссоциации, мела на 30 °С. Процессы клинкерообразования завершаются при температурах 1400 °С или на 50-100 °С ниже. Содержание СаО свободной составляет 1,2-2,0 %. Снижение температуры обжига клинкера и введение в состав сырьевой шихты фосфорных шлаков позволит уменьшить выбросы углекислоты в атмосферу, снизить загрязнение.

Ключевые слова: сырьевая шихта, обжиг, диссоциация карбоната, обжиг клинкера, минерализаторы, свободная СаО.

Введение

Важнейшим процессом в технологии портландцемента является обжиг сырьевой смеси и получение цементного клинкера. В процессе обжига в сырьевой шихте происходит ряд физических и физико-химических превращений, в результате которых образуется клинкер, представляющий собой спекшиеся гранулы черного цвета диаметром 1...3 см. Минералогический состав клинкера коренным образом отличается от минералогического состава исходных сырьевых материалов, что обуславливает приобретение им совершенно новых, заданных нами свойств [1].

В процессе обжига сырьевой шихты происходит химическое взаимодействие основного оксида СаО с кислотными оксидами. Вначале реакции взаимодействия происходят в твердой фазе, затем при повышении температуры обжига появляется жидкая фаза и образование большей части клинкерных минералов происходит через жидкофазные реакции. Высокотемпературные процессы обжига клинкера являются энергоемкими. На обжиг 1 т клинкера по сухому способу расходуется 110-130 кг условного топлива. Другой проблемой является загрязнение окружающей среды выбросами углекислоты. При обжиге 1 т клинкера в атмосферу выделяется до 700-800 кг CO_2 [1,2].

Теоретические основы процессов обжига клинкера и влияние минерализаторов

При обжиге клинкера после разложения исходных сырьевых материалов на отдельные оксиды происходят твердофазовые реакции в процессе которых образуются белит, трехкальциевый алюминат, четырехкальциевый алюмоферрит и около 10-15% алита. При повышении температуры до 1250°С появляется жидкая фаза в количестве 15...35% в результате расплавления образовавшихся ранее C_3A и C_4AF . Внешним признаком жидкофазного спекания является резкое уменьшение пористости и увеличение плотности клинкера. Интенсифицировать процесс жидкофазного спекания можно снижением вязкости расплава и уменьшением размера твердых частиц, увеличением количества жидкой фазы и

повышением коэффициента диффузии.

Фтористые соли вызывают значительное ускорение реакций диссоциации и способствуют понижению температуры ее начала на 30...120⁰С [1,2]. Соли Na₂CO₃, K₂CO₃, NaCl, а также триполифосфат натрия Na₅P₃O₁₀ интенсифицируют реакцию разложение карбоната кальция. По предположениям ионы Na⁺ могут заменять Ca²⁺ в кристаллической решетке кальцита, что искажает строение поверхностного слоя кристаллов, приводит к ослаблению связей между ионами. Ускоряется скорость перемещения ионов, из которых складывается процесс термического разложения CaCO₃.

Фтористые и хромистые соли образуют с CaCO₃ промежуточные соединения, твердые растворы, а также низкотемпературные эвтектические расплавы, возникновение которых облегчает диссоциацию карбоната и сопровождается снижением температуры начало реакций. Сульфаты и фосфаты также катализируют разложение CaCO₃, но их влияние незначительное. Также диссоциацию ускоряют CaCO₃ и MnO, B₂O₃, FeS, NaNO₃. MgCO₃ и FeCO₃ образуют с CaCO₃ твердые растворы. Их разложение проходит при повышенных температурах [3,4].

Установлено, что свинцовые шлаки, клинкер вельцевания цинковых руд ачисайского металлургического завода оказывают минерализующее действие на процесс обжига сырьевых шихт для получения цементного клинкера. Температура обжига снижается на 50-100⁰С, улучшается структура клинкеров [5-7].

Целью исследования является разработка комплексных минерализаторов для снижения температуры спекания клинкера ТОО«Каспийцемент», уменьшения расхода топлива, повышения производительности печи и снижения выбросов углекислоты в атмосферу.

Экспериментальная часть

На цементном заводе ТОО «Каспий Цемент» международной фирмы HeidelbergCement (Германия) для получения цементного клинкера используется мел месторождения «Шетпе Южное», глина месторождения керамзитовых глин «Аусарское» (таблица 1). В качестве корректирующих добавок используются: песок месторождения кварцевого песка «Шакырганское» и железосодержащий компонент – огарки, представляют собой влажный тонкий порошок, отход химического гидрометаллургического завода (ХГМЗ) г. Актау, с. Баянды [8]. Клинкер обжигают в печи сухого способа размерами Ø4 x 60 м.

В таблице 1 представлен химический состав сырьевых материалов.

Таблица 1 - Химический состав сырьевых материалов ТОО «Каспийцемент»

Сырьевой материал	Химический состав сырьевых материалов, масс. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Wet Cl	ППП
Мел	3,87	1,29	0,48	51,82	0,45	0,08	0,26	0,08	0,045	41,11
Глина	65,3	14,01	4,24	2,82	1,34	0,43	2,57	1,97	0,134	5,95
Песок	84,4	8,17	1,38	0,44	0,16	0,09	3,34	1,56	0,02	0,26
Огарки	9,59	0,2	83,16	2,06	0,83	1,66	0,14	0,1	0,143	1,81
Фосфорный шлак	42,68	0,74	0,17	41,18	4,55	0,4	-	-	-	-

Мел состоит в основном из карбоната кальция и небольших примесей кремнезема – 3,87% и глинистых минералов. Влажность мела небольшая – 2,34%. Глина содержат 65,3% SiO₂, 14% Al₂O₃ и более 4% Fe₂O₃. Кварцевый песок состоит из 84,41% SiO₂ и более 8%

Fe₂O₃. Огарки содержат достаточно много железа - 83,16% Fe₂O₃.

Электротермофосфорный шлак Ново-Джамбульского фосфорного завода представляет собой гранулированный материал с размером зерен 0,5-2мм. Химический состав представлен в основном оксидами кремния 42,68% и СаО – 41,18%. По ГОСТ 3476-2018 [9] содержание P₂O₅ в шлаке не должно превышать 2,5%, так как оксид фосфора в повышенных количествах отрицательно влияет на процесс обжига клинкера и гидратацию цемента. Содержащийся в фосфорном шлаке фтор оказывает минерализующее действие на процесс обжига клинкера, понижает температуру спекания, способствует снижению расхода топлива и повышению производительности печи.

Сырьевые материалы были высушены до постоянной массы в сушильном шкафе при температуре 90-100°C. Затем в фарфоровой ступке материалы тщательно измельчили до прохождения через сито №008 и передали в лабораторию «ИРЛИП» для выполнения растрово-электронно-микроскопического (РЭМ), термографического (ДТА) и ИК-спектроскопического анализов [10,11].

Дериватограммы сырьевых материалов приведены на рис. 1,2.

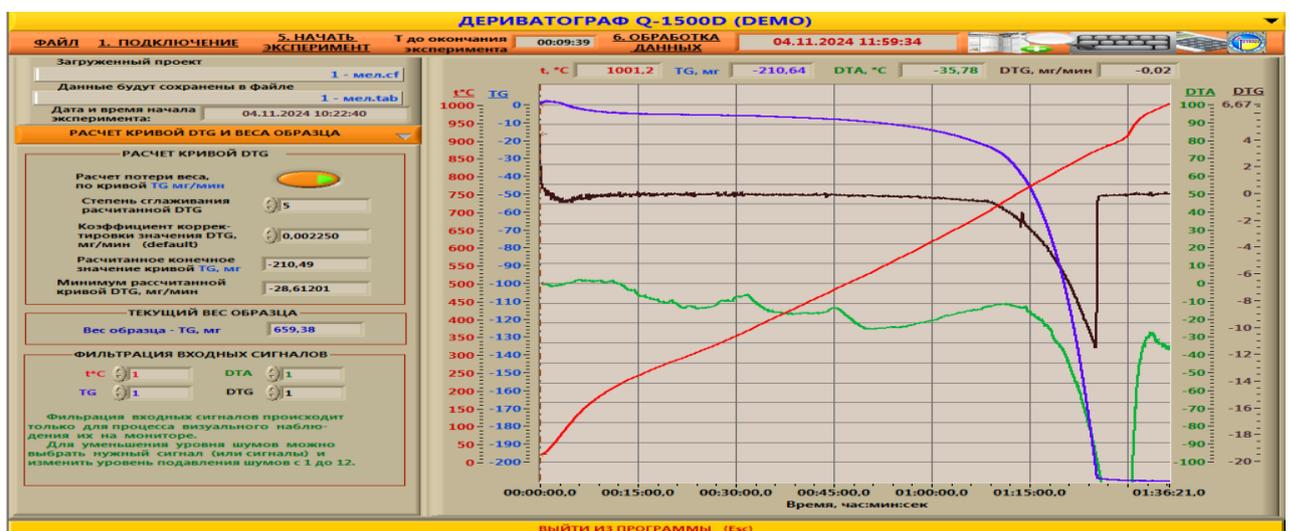


Рис. 1 - Дериватограмма мела месторождения «Шетпе Южное»

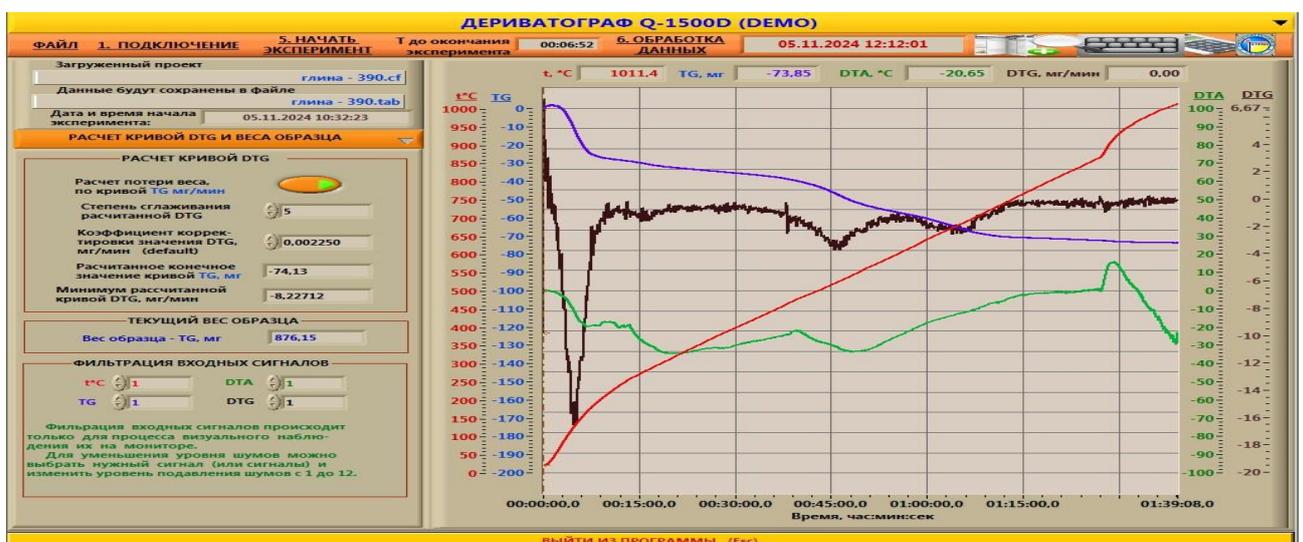


Рис. 2 - Дериватограмма глины месторождения «Аусарское»

На дериватограмме мела (рис. 1) имеется глубокий эндотермический эффект при 890°C обусловленный диссоциацией карбоната кальция. Первоначальная масса образца мела составила 659,38мг, потери массы при 900°C составили 210,49мг. Таким образом, потери при прокаливании мела месторождения «Шетпе Южное» по данным ДТА составили 31,92%, что несколько ниже, чем по данным химического анализа.

На дериватограмме глины (рис. 2) имеются несколько эндотермических эффектов связанных с дегидратацией глинистых минералов и один значительный экзотермический эффект при 900°C.

Результаты и обсуждение

Расчеты сырьевых смесей выполнили с использованием программы РСС-МС. Программа рассчитывает состав сырьевых компонентов, удельный расход сырья на 1т клинкера, химический состав сырьевой муки и клинкера, минералогический состав клинкера. Кроме этого рассчитываются количество жидкой фазы, индекс обжигаемости, коэффициент спекаемости шихты, критерий прилипания к футеровке и др. [12].

Выполнены расчеты трехкомпонентных сырьевых шихт «Мел «Шетпе Южное» + глина Аусарское месторождение + огарки». Коэффициент насыщения (КН) принимали равным 0,9; 0,92 и 0,95. Силикатный модуль принимали равным 2,0, 2,2 и 2,5. При силикатном модуле равном $n=2,0$ глиноземистый модуль был 0,9-0,91, при силикатном модуле $n=2,5$ значение n увеличилось и составляло 1,48-1,5.

Удельный расход природного сырья составлял 1,519 – 1,535т/т клинкера. Согласно выполненным расчетам из сырьевых шихт № 1 – 6 можно получить алитовые низкоалюминатные цементы с содержанием 57-69% алита и 9-19% белита. Расчетное содержание C_3A составляет от 3,84 до 7,88%. С повышением КН и силикатного модуля в клинкерах возрастает содержание алита и снижается доля белита (таблицы 2 и 3).

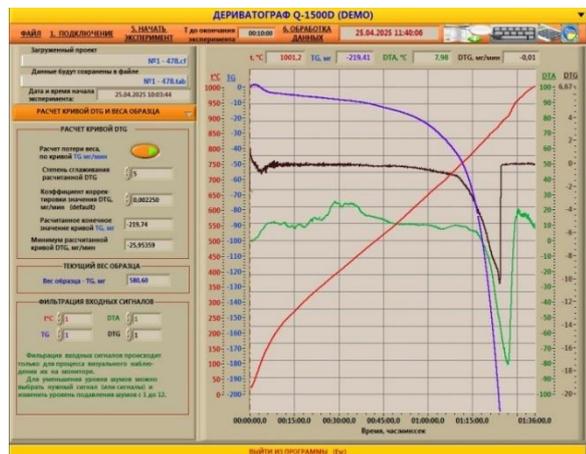
Сырьевые смеси №1 и №3 имеют оптимальный индекс обжигаемости и коэффициент спекаемости (таблица 4). Повышение величины КН и силикатного модуля ухудшает спекаемость сырьевой смеси. Количество жидкой фазы составляет от 27 до 31%, что является оптимальным.

В результате расчетов трехкомпонентных сырьевых шихт «мел + фосфорные шлаки + огарки» установлено, что ввиду недостатка Al_2O_3 в фосфорном шлаке в клинкерах не образуется трехкальциевый алюминат. Программа показывает минусовое содержание C_3A . Поэтому нами предлагается комплексная глинистая шихта «Глина+фосфорный шлак (1 : 1)». Содержание фосфорного шлака в сырьевой шихте составляет около 10%, т.е. фосфорный шлак наполовину замещает природную глину. Удельный расход сырья на 1т клинкера составляет от 1,436 до 1,454т/т клинкера, что на 80 – 100кг меньше, чем при использовании сырьевой шихты, составленной из природных материалов – мела и глины. Это позволит значительно снизить расход топлива на обжиг клинкера, так как 80 - 100кг снижается масса материала, который необходимо нагреть до температуры спекания клинкера 1450°C. Кроме этого фосфорный шлак вносит в сырьевую шихту некарбонатную известь. Это позволит снизить расход тепла и топлива на эндотермическую реакцию разложения карбоната кальция в процессе обжига клинкера. В сырьевых смесях, содержащих 1,5 – 1,66% C_3A и 59 – 69% алита можно получить качественные сульфатостойкие цементы, отвечающие требованиям ГОСТа по минералогическому составу.

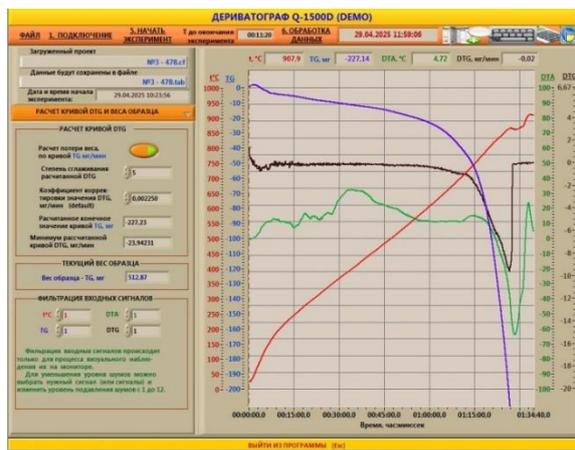
Согласно выполненным расчетам, наиболее оптимальными являются сырьевые шихты включающие мел месторождения «Шетпе Южное» + (глина «Аусарское» + фосфорные шлаки 1:1) + огарки. Оптимальным КН является 0,90 – 0,92, оптимальная величина силикатного модуля 2,5. Фосфорный шлак, вводимый в количестве около 10%, заменяет частично природные мел и глину, вносит в сырьевую шихту некарбонатную известь. Удельный расход сырья на 1т клинкера составляет от 1,436 до 1,454т/т клинкера, что на 80 –

100кг меньше, чем при использовании сырьевой шихты, составленной их природных материалов – мела и глины. Фосфорный шлак также будет оказывать минерализующее действие на процесс обжига клинкера, позволит понизить расход топлива, увеличить производительность печи и уменьшить выбросы вредных CO_2 в атмосферу.

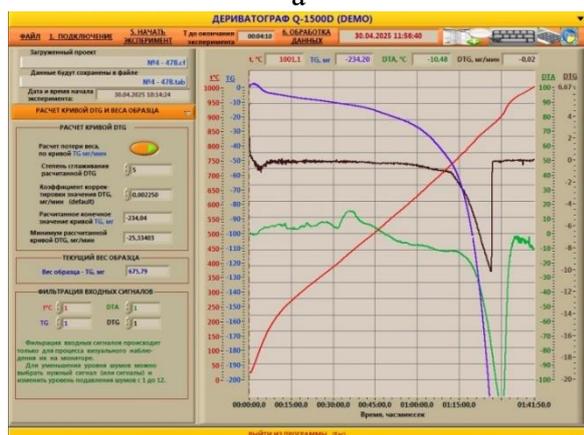
С помощью ДТА изучено влияние минерализаторов на процесс диссоциации карбоната кальция сырьевых шихт. Термограммы сырьевых шихт без добавки и с минерализаторами приведены на рис. 3. Как видно из термограммы бездобавочной сырьевой смеси с $\text{KH} = 0,90$ (рис. 3а) максимум пика диссоциации CaCO_3 происходит при 900°C . При введении в сырьевую смесь комплексной добавки 1% CaF_2 и 0,5% фосфогипса максимум пика диссоциации карбоната кальция смещается влево до температуры 870°C (рис. 3б), то есть снижается на 30°C . В бездобавочной сырьевой смеси с $\text{KH} = 0,92$ максимум процесса диссоциации CaCO_3 происходит при 910°C . При введении в эту сырьевую смесь добавки 1% CaF_2 и комплексной добавки 1% CaF_2 и 0,5% фосфогипса максимум пика диссоциации карбоната кальция снижается до температуры 880°C (рис. 3в, 3г и 3д). Это свидетельствует о том, что как флюорит, так и комплексная добавка флюорита с фосфогипсом оказывают разрушающее действие на кристаллические решетки кальцита, снижают температуру его диссоциации на 20 – 30 градусов, что в дальнейшем приведет к ускорению обжига клинкера.



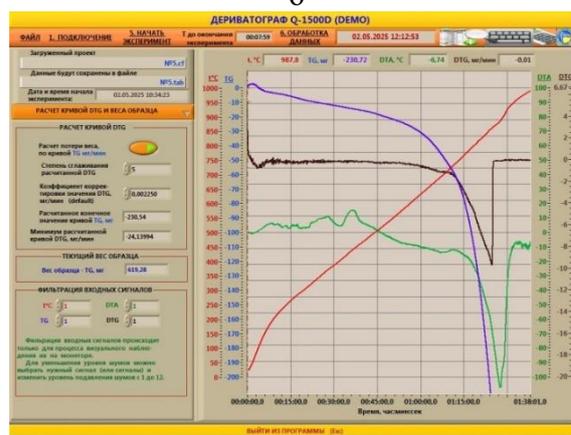
а



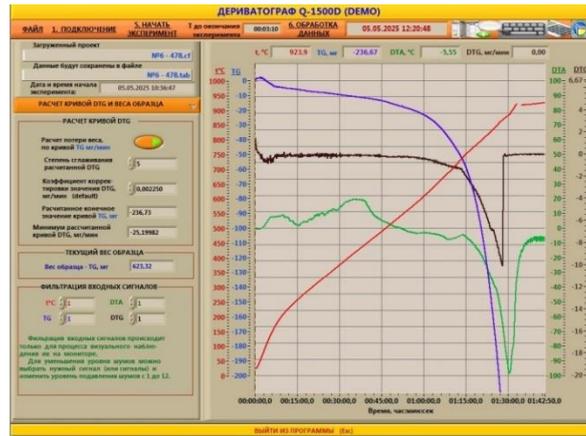
б



в



г



Д

Рис. 3. Термограмма сырьевых шихт

- а – сырьевая смесь без добавок минерализатора с $KH = 0,90$;
- б - сырьевая смесь с $KH = 0,90$ с добавкой комплексного минерализатора 1% CaF_2 и 0,5% фосфогипса;
- в – сырьевая смесь без добавок минерализатора с $KH = 0,92$;
- г - сырьевая смесь с $KH = 0,92$ с добавкой 1% CaF_2 ; д – сырьевая смесь с $KH = 0,92$ с добавкой комплексного минерализатора 1% CaF_2 и 0,5% фосфогипса

Исследованы процессы обжига 3-х компонентных смесей «мел «Шетпе Южное» + глина «Аусарское» + огарки) с добавками CaF_2 и комплексной добавкой « CaF_2 + фосфогипс». По результатам расчетов были приготовлены сырьевые шихты, тщательно перемешаны с добавками минерализаторов. Минерализаторы вводили в шихты сверх 100%. Затем сырьевая смесь увлажнялась до $W = 11\%$ и формовались таблетки диаметром 30мм и высотой 25-30мм под давлением 20МПа [10]. Обжиг таблеток проводили при температурах 1350 и 1400°C с выдержкой при максимальной температуре 30 минут. После резкого охлаждения на воздухе определяли содержание CaO свободный в клинкерах этилово-глицератным методом [11].

Как видно из данных таблицы 5, контрольные бездобавочные сырьевые смеси №1, 6 и 10 после обжига при температуре 1400°C имеют повышенное количество несвязанной CaO соответственно 3,2; 5,1 и 7,03%. При температуре обжига 1350°C содержание CaO свободной еще выше. Для получения качественного клинкера с содержанием свободной CaO не более 1,5 – 2,5% необходимо обжигать эти бездобавочные клинкера при температурах 1450 и более градусов.

Введение 1 и 2% фтористого кальция ускоряет процесс обжига. Содержание CaO свободной в пробах уменьшается, особенно в смесях с низким силикатным модулем, равным 2 (клинкер №3 – 1,68% $CaO_{своб}$).

Введение комплексного минерализатора 1 – 2% CaF_2 + 0,5 – 1% фосфогипса приводит к дальнейшему улучшению процесса обжига. Из сырьевых смесей №4 и 5, также сырьевой смеси №10 при температуре 1400°C можно получить качественные клинкера с достаточной степенью связывания CaO в клинкерные минералы. В этих клинкерах содержание CaO свободной не превышает 2,3%.

Существенное влияние на процесс усвоения CaO оказывает величина силикатного модуля. С повышением n до 2,2 и особенно до $n = 2,5$ процесс усвоения CaO в клинкерные минералы затрудняется, количество CaO свободной возрастает. Фтористый кальций и фосфогипс, в котором содержится фтор, оказывают сильное минерализующее действие на обжиг клинкера. При 1400°C при невысоких силикатных модулях можно получить качественный клинкер. Температура обжига снижается на 50-100°C. Это обусловлено тем, что фтор оказывает разрушающее действие на кристаллические решетки сырьевых

компонентов, снижается температура диссоциации CaCO₃, понижается температура появления жидкой фазы клинкера, количество жидкой фазы возрастает а ее качество улучшается, снижается ее вязкость, возрастает скорость диффузии ионов и катионов, вследствие этого ускоряется образование алита [10].

Таблица 2 - Результаты расчетов трехкомпонентных сырьевых шихт и удельный расход сырья (Мел «Шетпе Южное» + глина «Аусарское» + огарки)

Смесь	Состав шихты, %			Удельный расход сырья, т/т клинкера			КН	Модули		Химический состав шихты, %							
	мел	глина	огарки	мел	глина	огарки		п	р	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S O ₃	пп	прочие
1	80,5	16,31	3,16	1,223	0,248	0,048	0,9	2,0	0,9	14,07	3,33	3,71	42,25	0,61	0,19	34,13	1,71
2	81,54	17,0	1,45	1,246	0,26	0,022	0,95	2,1	1,48	14,4	3,44	2,32	42,77	0,61	0,16	34,56	1,75
3	80,91	15,99	3,10	1,231	0,243	0,047	0,92	2,0	0,9	13,87	3,29	3,65	42,44	0,60	0,18	34,27	1,69
4	81,92	16,66	1,42	1,254	0,255	0,022	0,92	2,1	1,49	14,19	3,39	2,28	42,95	0,60	0,16	34,69	1,73
5	81,45	15,53	3,02	1,243	0,237	0,046	0,95	2,0	0,91	13,58	3,23	3,56	42,71	0,60	0,18	34,46	1,67
6	82,45	16,18	1,37	1,266	0,248	0,021	0,95	2,1	1,55	13,89	3,33	2,22	43,21	0,60	0,16	34,88	1,71

Таблица 3 – Химико-минералогический состав клинкеров из трехкомпонентных сырьевых шихт (Мел «Шетпе Южное» + глина «Аусарское» + огарки)

Клинкеры	Химический состав клинкера, %							КН	Модули		Минералогический состав, %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	прочие		п	р	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ A F
1	21,36	5,06	5,63	64,15	0,92	0,28	2,60	0,90	2,0	0,9	56,83	18,37	3,84	17,10
2	22,0	5,25	3,55	63,35	0,93	0,25	2,67	0,90	2,5	1,48	58,52	18,92	7,88	10,79
3	21,10	5,01	5,55	64,57	0,92	0,28	2,58	0,92	2,0	0,9	60,95	14,52	3,84	16,86
4	21,73	5,20	3,49	65,76	0,92	0,25	2,65	0,92	2,5	1,49	62,74	14,95	7,84	10,62
5	20,73	4,93	5,43	65,17	0,92	0,28	2,55	0,95	2,0	0,91	66,94	8,91	3,84	16,51
6	21,32	5,12	3,41	66,36	0,92	0,24	2,62	0,95	2,5	1,5	68,88	9,17	7,76	10,37

Таблица 4 – Показатели индекса обжигаемости, коэффициента спекания, содержания жидкой фазы в трехкомпонентных сырьевых шихтах

Смес и	КН	Модули		Индекс обжигаемости (опт.2,5-3)	п*р	Коэф. спекаемости (опт. 0,5-0,6)	Гидравлический модуль (опт. 1,7-2,4)	Критерий прилипания к футеровке	Тепловой калометрический модуль (опт.0,3-1,8)	Количество жидкой фазы, L, %
		п	р							
1	0,90	2,00	0,93	2,71	1,8	0,51	2,0	4,22	1,71	31,19
2	0,90	2,5	1,48	3,13	3,7	0,61	2,12	4,19	2,23	27,24
3	0,92	2,0	0,9	2,94	1,8	0,55	2,04	4,21	2,06	30,84
4	0,92	2,5	1,49	3,4	3,72	0,66	2,16	4,18	2,76	26,93
5	0,95	2,0	0,91	3,3	1,82	0,62	2,1	4,20	2,78	30,33
6	0,95	2,5	1,5	3,8	3,75	0,74	2,22	4,17	3,92	26,48

Таблица 5 - Влияние индивидуальных и комплексных минерализаторов на процесс усвоения СаО в сырьевых шихтах ТОО «Каспийцемент».

№ смеси	Состав шихты, %					КН	Модули		Количество СаО своб., %	
	мел	глина	огарки	СаF ₂	фосфогипс		п	р	1350	1400
1	80,91	15,99	3,1	-	-	0,92	2,0	0,9	6,21	3,2
2	80,91	15,99	3,1	1,0	-	0,92	2,0	0,9	4,73	2,8
3	80,91	15,99	3,1	2,0	-	0,92	2,0	0,9	-	1,68
4	80,91	15,99	3,1	1,0	0,5	0,92	2,0	0,9	3,51	2,3
5	80,91	15,99	3,1	2,0	1,0	0,92	2,0	0,9	-	1,21
6	81,36	16,29	2,35	-	-	0,92	2,2	1,1	7,5	5,1
7	81,36	16,29	2,35	1,0	-	0,92	2,2	1,1	5,94	3,96
8	81,36	16,29	2,35	2,0	-	0,92	2,2	1,1	-	2,54
9	81,36	16,29	2,35	1,0	0,5	0,92	2,2	1,1	5,04	3,05
10	81,36	16,29	2,35	2,0	1,0	0,92	2,2	1,1	-	2,04
11	81,92	16,66	1,42	-	-	0,92	2,5	1,49	8,78	7,03
12	81,92	16,66	1,42	1,0	-	0,92	2,5	1,49	7,16	5,13
13	81,92	16,66	1,42	2,0	-	0,92	2,5	1,49	-	3,4
14	81,92	16,66	1,42	1,0	0,5	0,92	2,5	1,49	6,48	3,8
15	81,92	16,66	1,42	2,0	1,0	0,92	2,5	1,49	-	2,97

ВЫВОДЫ

1. Изучен химико-минералогический состав сырьевых материалов ТОО «Каспийцемент». Содержание вредных и нежелательных примесей серы, щелочей и хлора находится в допустимых пределах.

2. Рассчитаны составы трехкомпонентных сырьевых смесей для получения портландцементного клинкера с КН=0,9 и 0,92 при различных величинах силикатного модуля. Величины глиноземистого модуля находятся в приемлемых пределах. Установлены оптимальные составы сырьевых шихт для получения цементных клинкеров.

3. Введение 1 и 2% фтористого кальция ускоряет процесс обжига. Содержание СаО свободной в пробах уменьшается, особенно в смесях с низким силикатным модулем. Введение комплексного минерализатора 1–2% CaF₂ + 0,5–1% фосфогипса приводит к дальнейшему улучшению процесса обжига. Из сырьевых смесей №4 и 5, также сырьевой смеси №10 при температуре 1400°C можно получить качественные клинкера с достаточной степенью связывания СаО в клинкерные минералы.

4. Существенное влияние на процесс усвоения СаО оказывает величина силикатного модуля. С повышением n до 2,2 и особенно до n=2,5 процесс усвоения СаО в клинкерные минералы затрудняется, количество СаО свободной возрастает. Фтористый кальций и фосфогипс, в котором содержится фтор, оказывают сильное минерализующее действие на обжиг клинкера. При 1400°C при невысоких силикатных модулях можно получить качественный клинкер. Температура обжига снижается на 50-100°C.

Список литературы

1. Таймасов Б.Т., Классен В.К. Химическая технология вяжущих материалов: учебник / - 2-е изд., доп. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 448с.
2. Классен, В.К. Обжиг цементного клинкера: монография / В.К. Классен.- Красноярск: Стройиздат, - 1994.-323 с.
3. Классен, В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В.К.Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308 с.
4. Классен, В.К. Техногенные материалы в производстве цемента: монография / В.К. Классен, И.Н. Борисов, В.Е. Мануйлов; – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 126 с.
5. Kuandykova A.Ye., V.T. Taimassov, E.N. Potapova, V.K. Sarsenbayev, M.S. Dauletiyarov, N.N. Zhanikulov, V.B. Amiraliyev, A.A. Abdullin «Production of portland cement clinker based on industrial waste» // Journal of Composites Science 2024, 8, p. 257 <https://doi.org/10.3390/jcs8070257>
6. Куандықова А.Е., Таймасов Б.Т. Жаникулов Н.Н. Портландцемент клинкерін алуға Ащісай металлургиялық зауытының клинкерін реттеуші қоспа ретінде қолдануды зерттеу» - «ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ «ХАЛЫҚ» ЖҚ 2024, SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY, PUBLISHED SINCE JANUARY 1944. ISSN 22245227. 2023. -146 б.
7. Куандықова А.Е., Таймасов Б., Жаникулов Н.Н., Потапова Е.Н. Белитті клинкер синтездеу үшін Ащісай металлургиялық зауытының клинкерін қолдану. // Известия НАН РК, Серия Химии и технологии, ISSN 2224-5286, January-march 2024.1(458). – 83 б.
8. Технологический регламент производства цемента на ТОО «Каспий цемент». Шетпе. 2015.
9. ГОСТ 3476-2019. Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные. Технические условия.– Москва: изд-во Стандартиформ. 2019. – 7с. Дата введения 01.06.2020.
10. Таймасов, Б.Т. Планирование, постановка экспериментов в технологии вяжущих материалов: учебное пособие /- Москва; Вологда : Инфра- Инженерия 2024. - 136с.
11. Таймасов Б.Т., Т.М. Худякова, М.С. Даулетияров Физико - химические методы анализа вяжущих материалов: практическое пособие. – Москва; Вологда; Инфра-Инженерия, 2024. – 144 с.
12. Программа расчета состава сырьевой шихты для получения портландцементного клинкера РСС МС. Шымкент, 2020.

References

1. Tajmasov B.T., Klassen V.K. Himicheskaja tehnologija vjazhushhih materialov: uchebnik / - 2-e izd., dop. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2017. – 448s.
2. Klassen, V.K. Obzhig cementnogo klinkera: monografija / V.K. Klassen.- Krasnojarsk: Stroizdat, - 1994.–323 s.
3. Klassen, V.K. Tehnologija i optimizacija proizvodstva cementa: kratkij kurs lekcij: ucheb. posobie / V.K.Klassen. – Belgorod: Izd-vo BGTU, 2012. – 308 s.
4. Klassen, V.K. Tehnogennye materialy v proizvodstve cementa: monografija / V.K. Klassen, I.N. Borisov, V.E. Manujlov; – Belgorod: Izd-vo BGTU, 2008. – 126 s.
5. Kuandykova A.Ye., B.T. Taimassov, E.N. Potapova, B.K. Sarsenbayev, M.S. Dauletijarov, N.N. Zhanikulov, B.B. Amiraliyev, A.A. Abdullin «Production of portland cement clinker based on industrial waste» // Journal of Composites Science 2024, 8, p. 257 <https://doi.org/10.3390/jcs8070257>
6. Quandyqova A.E., Taimasov B.T. Janikulov N.N. Portlandsement klinkerin aluğa Aşısai metalurgialyq zauytynyñ klinkerin retteuşi qospa retinde qoldanudy zertteu» -«QAZAQSTAN RESPUBLİKASY ÜLTTYQ ĞYLYM AKADEMİASY» RQB «HALYQ» JQ 2024, SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY, PUBLISHED SINCE JANUARY 1944. ISSN 22245227. 2023. -146 b.
7. Quandykova A.E., Tajmasov B., Zhanikulov N.N., Potapova E.N. Belitti klinker sintezdeu yşhin Ashhisaj metallurgialyq zauytynyñ klinkerin qoldanu. // Izvestija NAN RK, Serija Himii i tehnologii, ISSN 2224-5286, January-march 2024.1(458). – 83 b.
8. Tehnologicheskij reglament proizvodstva cementa na TOO «Kaspıj cement». Shetpe. 2015.
9. GOST 3476-2019. Shlaki domennye i jelektrotermofosfornye granulirovannye. Tehnicheskie uslovija.– Moskva: izd-vo Standartinform. 2019. – 7s. Data vvedeniya 01.06.2020.
10. Tajmasov, B.T. Planirovanie, postanovka jeksperimentov v tehnologii vjazhushhih materialov: uchebnoe posobie /- Moskva; Vologda : Infra- Inzhenerija 2024. - 136s.
11. Tajmasov B.T., T.M. Hudjakova, M.S. Dauletijarov Fiziko - himicheskie metody analiza vjazhushhih materialov: prakticheskoe posobie. – Moskva; Vologda; Infra-Inzhenerija, 2024. – 144 s.
12. Programma rascheta sostava syr'evoj shihty dlja poluchennija portlandcementnogo klinkera RSS MS. Shymkent, 2020.

В.В. Мұстафович, Б.Т. Таймасов*, Н.В. Шестова

магистрант, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент, Қазақстан
т. ғ. д., профессор, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент, Қазақстан
магистр, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: taimasovukgu@mail.ru

КЕШЕНДІ МИНЕРАЛИЗАТОРЛАР ҚОСПАЛАРЫМЕН "КАСПИЙ ЦЕМЕНТ" ЖШС ШИКІЗАТ ҚОСПАЛАРЫН КҮЙДІРУ ПРОЦЕСТЕРІ

Түйін

Цемент клинкерін күйдіру процестерінің жылу сыйымдылығы жоғары. Бір тонна клинкер күйдіруге 110-130 кг шартты отын жұмсалады. Екінші проблема ол қоршаған ортаға тасталатын зиянды CO₂ газы. Бір тонна клинкер күйдіргенде атмосфераға 700-800 кг CO₂ бөлінеді. Минерализаторлардың «Каспийцемент» ЖШС шикізат қоспаларының күйдіру процестеріне әсері зерттелді. CaF₂ және комплексты қоспалар «CaF₂ + фосфогипс» бордың диссоциялану процесінің температурасын 30°C – ға төмендетті. Шикізат қоспаларда клинкерпайдаболу процестер 1400°C-та аяқталды, немесе 50-100°C – қа төмендеді. Байланыспаған бос CaO мөлшері 1,2-2,0% болды. Клинкердің күйдіру процесінің температурасын төмендету және шикізат қоспаның құрамына түйіршектелген фосфорлы шлақты енгізу атмосфераға тасталатын көмір қышқылды төмендетуге

мүмкіндік тұғызады, ластануды азайтады.

Кілттік сөздер: шикізат, күйдіру, карбонаттың диссоциациясы, клинкерді күйдіру, минерализаторлар, Бос СаО.

V.V. Mustafovich, B.T. Taymasov*, N.V. Shestova

Master's student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Doctor of Technical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Master's degree, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author's email: taimasovukgu@mail.ru

FIRING PROCESSES OF RAW MATERIALS MIXTURES OF "KASPIY CEMENT" LLP WITH ADDITIVES OF COMPLEX MINERALIZERS

Abstract

High-temperature clinker firing processes are energy-intensive. The production of 1 ton of clinker requires 110–130 kg of conventional fuel. Another issue is environmental pollution due to carbon dioxide emissions. During the firing of 1 ton of clinker, up to 700–800 kg of CO₂ is released into the atmosphere.

The influence of mineralizers on the firing processes of raw mixes at LLP "CaspianCement" has been studied. It has been established that CaF₂ and complex mineralizers based on "CaF₂ + phosphogypsum" reduce the decomposition temperature of chalk by 30 °C. Clinker formation processes are completed at 1400 °C or at temperatures 50–100 °C lower. The free CaO content is 1.2–2.0%. Lowering the clinker firing temperature and introducing granulated phosphorus slags into the raw mix will reduce CO₂ emissions into the atmosphere and mitigate environmental pollution.

Keywords: raw charge, roasting, carbonate dissociation, clinker roasting, mineralizers, free CaO.