Переработка и утилизация производственных отходов

Эффективность использования шлако – деловой смеси в качестве сырьевого компонента для производства цементного клинкера

Классен В.К., Шилова И.А., Текучева Е.В.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия
xtsm@intbel.ru

В настоящее время проблема использования производственных отходов является весьма актуальной. Значительный интерес к ней вызван ограниченным количеством запасов отдельных сырьевых ресурсов и стремлением улучшить экологическую обстановку региона. Цементная промышленность является одной из отраслей, на предприятиях которой могут быть использованы большие объемы техногенных материалов. Одним из видов отходов являются шлаки, которые в основном применяются в качестве добавки к цементу при получении шлакопортландцемента [1,2]. Сталеплавильные шлаки Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) гидравлически инертные и потому не могут использоваться как активная минеральная добавка. В то же время по химическому, минералогическому и фракционному составу они могут применяться как компонент сырьевой смеси [3]. Альтернативным решением является использование теплоты расплавленного шлака для частичной тепловой подготовки мела в шлако-меловой смеси, которая предлагается в качестве одного из сырьевых компонентов при производстве цементного клинкера [4].

По расчетным данным энтальпия шлака при температуре 1550°С составляет 1676 кДж/кг и включает в себя теплоту кри-сталлизации $Q_{кр}$ – 419 кДж/кг и охлаждения $Q_{охл}$ – 1257 кДж/кг. Тепловой баланс системы расплавленный шлак + мел и лабораторные эксперименты показали, что при их смешении в соотношении 54 : 46 декарбонизируется до 50% мела. При этом из 1676 кДж/кг используется ~ 50% на следующие процессы: нагрев и испарение воды – 55 кДж/кг, нагрев мела до 900°С – 55 кДж/кг, его частичную диссоциацию – 92 кДж/кг клинкера. Полученную шлако-меловую смесь (37 мас. %) рекомендуется использовать в качестве сырьевого компонента совместно с рядовым шламом, представляющим водную суспензию производственной сырьевой смеси, для получения цементного клинкера.

По предлагаемой технологии рекомендуется вводить до 20% шлака ОЭМК и 17% частично декарбонизированного мела. Это вызвано тем, что при работе ОАО «Осколцемент» на проектную произво-дительность возможно будет в течение 10 лет переработать все имеющиеся отвалы шлака, ежегодное производство которого составляет 600 тыс. тонн. При этом по результатам расчета будет достигаться существенная экономия топлива (табл.1).

Таблица 1. Сравнительные расчеты расходных статей теплового баланса печи по рядовой и шлако-мело-шламовой технологии

Удельный расход тепла, кДж/кг клинкера	Количество шлака, %	
	0	20
Теплота декарбонизации мела	1676	1341
Потери:		
- на испарение воды	2527	1944
- с отходящими газами	1236	733
- через корпус	629	503
- с клинкером	180	201
Сумма	6247	4722
Экономия топлива	-	1525

Экономия тепла достигается по следующим статьям теплового баланса:

– теплота декарбонизации мела ~ 335 кДж;

– теплота парообразования ~ 582 кДж;

– потери тепла с отходящими газами ~ 503 кДж;

– удельные потери тепла через корпус ~ 126 кДж.

Суммарная экономия тепла при использовании энтальпии расплавленного шлака составила 1525 кДж/кг или 25% от общего расхода тепла. В соответствии с этим производительность печи увеличится на 25% без дополнительной подачи топлива. Однако при этом наблюдалось некоторое снижение качества цементного клинкера, что не обеспечивало выпуск цемента марки 500.

В связи с этим было исследовано влияние предварительной тепловой обработки мела в шлако-меловой смеси на активность клинкера. Для этого синтезировались 5 шлако-мело-шламовых сырьевых смесей с одинаковым химическим и компонентным составами, но с различной степенью декарбонизации мела (табл.2). Шлако-мело-шламовая смесь требует на 1 кг клинкера: шлака – 200 г, частично декарбонизированного мела – 170 г, шлама – 1030 г. Синтез клинкеров проводился в силитовой печи при температуре 1450˚С с выдержкой 30 минут. Для сравнения при тех же условиях обжигалась рядовая сырьевая смесь. Химико-минералогический состав экспериментального клинкера был близок к рядовому (табл.3).

Таблица 2. Степень декарбонизации мела после тепловой обработки

Декарбонизированный мел, %	№ сырьевой смеси				
	№1	№2	№3	№4	№5
Шлако-меловая смесь	100	70	50	30	0
Шлако-мело-шламовая смесь	0	5	8,5	12	17

Таблица 3. Характеристика шлака и клинкера

Компонент	Оксиды, %					Фазы, %				
	CaO	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaOсв	C3S	C2S	C3A	C4AF
Шлак	38,8	23,3	4,1	15,1	8,1	-	-	-	-	-
Клинкер										
– опытный	64,3	20,8	5,0	6,2	2,5	0	62,4	12,5	3,0	18,5
– рядовой	66,2	21,5	5,7	4,0	0,9	1,7	61,9	14,9	6,5	12,2

C_3S – CA_3SIO_5; C_2S – $CASIO_4$; C_3A – $CA_3AL_2O_6$; C_4AF – $CA_4AL_2FE_2O_{10}$

Минералогический состав свидетельствует, что в экспериментальном клинкере преобладают трудноспекаемые высокоосновные силикаты кальция. В то же время усвоение оксида кальция в шлако-мело-шламовой смеси происходит активней, чем в рядовой. Это обусловлено высокой реакционной способностью шлака водного охлаждения, связанной с его фазовым составом, который в основном представлен гидросиликатом кальция – Ca2SiH2O5, кальциймагниевым силикатом – Ca5MgSi3O12, вюститом – FeO, брусситом – Mg(OH)2 и портландитом – Ca(OH)2.

Неожиданным оказалось то, что при одинаковом химическом составе исходных смесей прочностные свойства клинкеров, полученных при различной степени декарбонизации мела, значительно различаются, особенно, в начальные сроки твердения (табл.4). Причем зависимость активности от степени предварительной декарбонизации мела носит экстремальный характер

.

Таблица 4. Зависимость гидратационной активности клинкера от количества декарбонизированного мела в сырьевой смеси

Клинкер	**Доля декарбонизированного мела, %**	**Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сутки**					**Соответствие марке**
		1	**2**	**3**	**7**	**28**	
Рядовой	–	**16,9**	**23,5**	**29,4**	**49,3**	**54,9**	**500**
№1	**0**	**5,8**	**11,5**	**14,5**	**29,9**	**46,9**	**400**
№2	**5**	**9,8**	**14,4**	**14,7**	**41,6**	**48,3**	**400**
№3	**8,5**	**15,2**	**22,1**	**24,3**	**57,7**	**58,7**	**500**
№4	**12**	**12,9**	**21,5**	**27,8**	**50,9**	**54,8**	**500**
№5	**17**	**10,4**	**15,3**	**27,8**	**46,9**	**49,6**	**500**

Так, в 28 суточном возрасте твердения активность клинкера №1 на основе сырьевой смеси с недекарбонизированным мелом составляет 46,9 МПа. При увеличении доли декарбонизированного мела до 5%, активность клинкера несколько повышается и составляет 48,6 МПа. Максимальное значение активности клинкера, 58,7 МПа, достигается при содержании в сырьевой смеси до 8,5% декарбонизированного мела. Дальнейшее повышение доли диссоциировавшего мела снижает активность клинкеров №4 и №5 соответственно до 54,8 и 49,6 МПа, но при этом обеспечивается выпуск цемента марки 500.

Таким образом, при вводе шлака до 20% и частичной декарбонизации мела за счет теплоты расплавленного шлака можно обеспечить производство высококачественного цемента марки 500, увеличить выпуск высокомарочного цемента на 25%, а также полностью утилизировать текущие и отвальные шлаки ОЭМК в объеме 7 млн. тонн. При этом мощность завода увеличится на 600 тыс. тонн цемента в год без увеличения расхода топлива.

Предлагаемая шлако-мело-шламовая технология в результате частичной замены карбоната кальция шлаком и снижения удельного расхода топлива дополнительно обеспечит снижение выброса углекислого газа в атмосферу с 860 до 720 кг/т клинкера или на 0,85% на каждый процент введенного шлака, что имеет важнейшее экологическое значение, особенно с учетом Киотского соглашения.

ВЫВОДЫ

1. Использование расплавленного шлака в смеси с частично декарбонизированным мелом в качестве сырьевого компонента при производстве цементного клинкера обеспечит до 25% экономии тепла. При этом выпуск цемента на ОАО «Осколцемент» увеличится на 600 тыс. тонн в год без дополнительного потребления топлива.

2. Предлагаемая шлако-мело-шламовая технология позволит снизить выброс углекислого газа в атмосферу с 860 до 720 кг/т клинкера и утилизировать весь производимый шлак ОЭМК, что улучшит экологическую обстановку региона.

3. При введении в печь до 20% шлака и 8,5% декарбонизированного мела обеспечится получение высокоактивного клинкера и выпуск цемента марки 500.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Копелиович В.М., Здоров А.И., Златковский А.Б. Утилизация промышленных отходов при производстве цемента // Цемент.– 1998.– №3.– С. 35-39.

2. Пащенко А.А., Мясникова Е.А., Евсютин Ю.Р. Энергосберегающие и безотходные технологии получения вяжущих веществ– Киев: Вища школа, 1990.– 223 с.

3. Дроздов А.А., Шилова И.А., Классен В.К., Текучева Е.В. Характеристика шлака Оскольского электрометаллургического комбината. //Вестник БГТУ.– 2005.– №10.– С. 344-348.

4. Классен В.К., Шилова И.А. Исследование возможности использования теплоты расплавленного шлака при синтезе портландцементного клинкера // Сб. докладов 62-й Всерос. конф. «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика».– Самара, 2005.– Ч. 1.– С. 294-296

Проблемы передачи и обработки информации

Исследование фурье и вейвлет спектров изображений транспортных средств

Макарецкий Е.А, *Нгуен Лием Хиеу*
г. Тула, ТулГУ
(Республика Вьетнам)
Тульский Государственный Университет
Тула, Россия
E-mail: liemhieu@mail.ru

Для контроля дорожной обстановки на трассах с большой интенсивностью движения широко используются камеры видео наблюдения. Информация, поступающая с видеокамер, содержит данные о временном изменении пространственного положения автомобилей, находящихся в поле зрения системы. Обработка этой информации на основе алгоритмов, используемых в телевизионных измерительных системах (ТИС), позволяет определить скорость движения транспортных средств и обеспечить управление транспортными потоками. Именно этими факторами объясняется возрастание интереса к телевизионному мониторингу транспортных магистралей.

Для разработки методов фильтрации изображений транспортных средств на фоне помех необходимо знание их основных параметров и характеристик. Ранее авторами проведено исследование Фурье и вейвлет спектров природных и городских фонов [1]. Настоящая работа посвящена исследованию аналогичных спектров транспортных средств.

Авторами были исследованы пространственные и спектральные характеристики транспортных средств с использованием Фурье и вейвлет методов анализа. Методика исследования спектров заключалась в следующем:

- с помощью цифровой фотокамеры был создан банк исходных .bmp файлов монохромных изображений транспортных средств различных типов (легковые и грузовые автомобили, автобусы, по каждой группе количество изображений составляло 20-40 при различных ракурсах и условиях освещения); изображения имели размеры 400 пикселей по горизонтали и 300 пикселей – по вертикали; диапазон изменения яркости от 0 до 255 единиц;
- поскольку изображения содержали кроме транспортного средства также фоновую составляющую, для предотвращения ее влияния на результат она была искусственно подавлена до нулевого уровня;
- производился анализ характеристик изображений транспортных средств методами Фурье и вейвлет анализа.

Разработанная в среде MATLAB программа позволяет рассчитывать среднюю яркость (т.е. математическое ожидание яркости изображения), дисперсию яркости, Фурье-спектр отдельных и суммарных строк изображений, спектрограммы, а также вейвлет-спектры с использованием различных известных вейвлетов (Хаара, Добеши, Симлета и др.). Результаты анализа отражаются в виде двумерных и 3D спектров изображений.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- усредненные яркостные характеристики (средняя яркость, дисперсия) изображений различных транспортных средств имеют близкие значения для всех типов; существенное влияние на яркостные характеристики оказывают солнечные блики от стекол и поверхностей автомобиля; в зависимости от интенсивности и направления освещения автомобили черного цвета могут иметь яркостные характеристики, аналогичные светлым автомобилям;
- независимо от типа транспортного средства Фурье и вейвлет спектры имеют сходную структуру;
- ширина Фурье спектра транспортных средств слабо зависит от типа автомобиля; спектр имеет существенно неравномерную структуру, изменяющуюся при изменении освещения и ориентации автомобиля; спектр в горизонтальной плоскости имеет более неравномерную структуру, чем в вертикальной; на спектральные характеристики полугрузовых автомобилей и автобусов большое влияние оказываю рисунки и надписи (рекламы) на его поверхностях;
- при повороте автомобилей существенно изменение спектров изображений в горизонтальной плоскости, спектр в вертикальной плоскости остается достаточно стабильным; это особенно хорошо видно на вейвлет спектрах;
- анализ спектров отдельного транспортного средства и транспортного средства на фоне помех показывает, что они отличаются уровнями амплитуд спектральных составляющих; при отсутствии фона существенно равномернее вертикальный спектр; для изображений автомобилей без фона больше вероятность глубоких провалов в спектре (выше неравномерность), огибающая спектра изображений с фоном равномернее, чем без фона;
- проведенные исследования показали, что из-за сильного влияния большого числа факторов спектральные характеристики транспортных средств (как полученные с помощью Фурье-анализа, так и вейвлет-анализа) не позволяют выделить устойчивые спектральные признаки изображений транспортных средств; это снижает эффективность спектральной фильтрации изображений, проводимую для подавления фона;
- в автоматизированных системах контроля дорожного движения для выделения