УДК 625.855.3:658.562

Б.М. Сеитов, Кошмамат у. К
Д.т.н. проф. ОшТУ, ст.преп.ОшТУ
B.M. Seitov, Koshmamat u. K.
d.t.s., prof.OshTU, senior teacher OshTU.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ УГОЛЬНОЙ ЗОЛЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящей статье рассмотрены актуальные проблемы использования производственных отходов (шлаков) ТЭС. Дано краткий обзор применение золы и шлаков как сырье для производства цемента и повышения их качества. Приводиться технологические схемы и пути их оптимизации, а также технологические требования к золошлаковых отходам, используемых в производства цемента.

Ключевые слова: уголь, электростанции, строительство, производства цемента.

PROSPECTS OF USE OF SECONDARY RAW MATERIALS OF COAL ASHES OF THERMAL POWER PLANTS IN CONSTRUCTION

In this article the current problems of industrial waste (slag) TPP. A brief overview of the use of fly ash and slag as a raw material for cement production and improve their quality. Driven technological schemes and ways to optimize and technological requirements for ash waste used in cement production.

Keywords: coal, power, construction, cement production.

В настоящее время в за рубежом для выпуска низкомарочных цементов используется зола-унос в Тепло- электро станции (ТЭС). Использование золы- унос в качестве компонента вяжущих веществ началось в конце 20-х годов [1], когда стали применять сжигание топлива в мелкодисперсном состоянии. В течение XX века средняя марка цемента значительно возросла. Однако высокомарочных вяжущих материалов все еще недостаточно. Это объясняется тем, что повышение средней марки часто достигается не столько благодаря увеличению выпуска высокомарочных цементов, сколько за счет сокращения производства вяжущих средних и низких марок, нужных для приготовления низкомарочных бетонов и растворов. Это приводит к неэффективному использованию высокомарочных цементов. Впервые В. В. Суровцев отметил, что известково-зольный цемент состава 80% золы и 20% известки при испытании состава 1:3 проявил активные свойства. М. А. Бахмутовой опубликованы данные, характеризующие активность золы углей Кизеловского месторождения. С. А. Бернштейн и Д. И. Латыш опубликовали результаты исследования золы-унос Красногорской ТЭС с целью использования ее замены портландцементом. Замена (20÷30)% портландцемента золой показала при испытании хорошие результаты. Л. С. Коган указал на целесообразность использования в цементной промышленности топливных зол в качестве добавки при помоле клинкера на портландцемент. Несколько позднее были опубликованы результаты использования зол ТЭС при получении портландцемента и местных вяжущих веществ. С. А. Бернштейн приводит результаты использования золы в строительстве промышленных и жилых зданий и сооружений. Г. М. Рущук и Е. Г. Егерева опубликовали результаты исследований золы-унос Иркутской ТЭС в качестве добавки к портландцементу. Л. Г. Судакас и И. Б. Махлина сообщили о проведенных исследованиях по использованию золы-унос Воркутинской ТЭС на Воркутинском цементном заводе. Л. Я. Гольдштейн и В. Н. Манцурова показали возможность использования золы-унос Кузнецких

и кизеловских углей в качестве активной добавки при производстве цемента. М. Г. Толочкова, В. Ф. Березовой, Н. В. Алимова, Л. Е. Никулина и др. привели результаты работы, показывающие целесообразность частичной замены шлака при производстве шлакопортландцемента золой ТЭС. 3.Б. Энтин, Е.Т. Яшина, Г.Г. Лепешкова, Н.3. Рязанцева отметили, результаты глубокого исследования процессов гидратации цементов с «золо-унос», показывающие, что вовлечение зольных частиц в процессы твердения происходит в результате их поверхностной коррозии при взаимодействии с выделяющимися в контактной зоне гидратами окиси кальция, [1…9].

Установлено, что оптимальный расход золы, служащей компонентом сырьевой смеси, составляет 300-500 кг на 1 т клинкера. Замена глины золой ТЭС, водопотребность которой меньше, чем у глины, дает возможность снизить влажность цементного шлама до (33÷34)%, уменьшить расход топлива на обжиг клинкера и увеличить производительность печей. Особенно эффективно использование золы ТЭС на новых цементных заводах, работающих по сухому способу производства. Применение в качестве сырьевого компонента высококальциевых зол с содержанием оксида кальция (20÷45)% позволяет значительно уменьшить расход технологического топлива. Заслуживает внимания опыт комплексного использования высококальциевых зол горючих сланцев Российской Федерации на Сланцевском цементном заводе. Содержание оксида кальция в этих отходах составляет соответственно 39, 38 и 23%.

В последние 30 лет Сланцевский цементный завод ежегодно использует 250-300 тыс. т золы, что позволяет экономить до 100 тыс. т Российской Федерации известняка и до 50 тыс. т глины. Благодаря широкому применению отходов переработки горючих сланцев, расход условного топлива на этом заводе снижен со 165 кг/т клинкера в 1966 г. до 133 кг/т в 1981 г.

Производство сланцезольного портландцемента налажено на цементном заводе «Пауне Кунда» в Эстонии [7]. Ежегодно выпускается около 300 тыс. т. сланцезольного портландцемента марок 550 и 500, в котором около 28% клинкера заменено сланцевой золой. С использованием этого цемента построены различные сооружения, в частности, Таллинская телевизионная башня высотой 330 м.

На Ангарском цементно-горном комбинате золу-унос Иркутской ТЭС в количестве 400 тыс. т в год применяют в качестве компонента сырьевой смеси, полностью заменяющего глину. Многолетний опыт использования золы свидетельствует о высокой экономической ее утилизации. Удельный расход топлива на обжиг в клинкере снижен на 30 кг, а активность клинкера превышала 50 МПа. Большой объем научно-исследовательских и опытно-промышленных работ позволил установить эффективность применения золы в качестве активной минеральной добавки [1…7]. Зола- унос улучшает основные строительно-технические свойства бетона и снижает расход цемента. Для этой цели в производстве цемента рекомендовано использовать до 15% золы-унос, а при производстве пуццоланового портландцемента - до 40%. В качестве добавки к цементу употребляют сухую и гидроудаленную золу-унос, а также золошлаковую смесь из отвалов ТЭС.

В соответствии с ТУ 34-70-10347-81 «Золы ТЭС. Отходы золошлаковые для производства цемента» золошлаковые отходы, служащие добавкой к портландцементу, должны отвечать следующим требованиям: конец схватывания не позднее 7 суток после затворения теста, состоящего из золовой смеси и извести-пушонки; сохранение водостойкости теста в течение 3 суток после конца схватывания; содержание SO_3 не более 2%, горючих остатков- не более 2%, свободного CaO - не более 10%; потери при прокаливании (ППП) - не более 5%.

Портландцемент с добавкой золы ТЭС отличается от обычного портландцемента более длительным нарастанием прочности, меньшей скоростью твердения в начальные сроки, повышенной сульфатостойкостью, пониженным тепловыделением и деформациями усадки и набухания, меньшей водопотребностью и морозостойкостью. На Здолбуновском цементно-шиферном комбинате [1] в качестве активной минеральной добавки ежегодно употребляют

от 8 до 22 тыс. т золы-унос Бурштырской ГРЭС. Экономический эффект составляет 38 тыс. руб. в год. Добавка золы-унос Ангренской ГРЭС при помоле клинкера на Навоийском цементном заводе позволила улучшить его качество и уменьшить расход топлива на 2-3 кг/т клинкера. В качестве активной гидравлической добавки можно успешно использовать золу-унос и топливные гранулированные шлаки, получаемые при сжигании экибастузских углей на ТЭС [4]. Золу-унос тепловых электростанций широко применяют в производстве цемента в ряде зарубежных стран. В Болгарии золу-унос ТЭС «Вулкан» и «Марица-1» добавляют к цементу в количестве 10-40%- На цементном заводе «Девис» в сырьевой шлам вместо мергеля вводят 20-30 тыс. т золы-уноса в год. В Венгрии в цементной промышленности ежегодно используется 150-170 тыс. т золы- уноса, как компонент сырьевой смеси. Активными потребителями золы являются Финляндия, ФРГ, Дания, Франция и другие страны. В Кыргызстане пока золы шлаков отходов не потребляется в цементном производстве.

В строительной практике золами называют твердые очаговые остатки с частицами крупностью 0,15 мм, образующиеся при сжигании твердого топлива. Частицы большого размера относятся к шлаковому песку и щебню. Свойства золы зависят, главным образом, от вида сжигаемого топлива, условия сжигания и способа удаления золы за пределы котельной или ТЭС. Так как зола является продуктом обжига минеральной части топлива, то состав последнего, в первую очередь, и обуславливает свойства золы.

Обычно золы классифицируют по виду и качеству топлива. По этому признаку золы подразделяются на угольные, сланцевые и торфяные. Угольные, в свою очередь, подразделяются на антрацитовые, каменные и золы бурых углей. По этой классификации зола-унос Бишкекской ТЭС является каменно- и буроугольной, так как она получается из 60% Карагандинских каменных углей и 40% местных Ташкумырских бурых углей. В зависимости от вида подготовки и условий сжигания топлива различают золы пылевидного сжигания и слоевого. По этому признаку зола- унос Бишкекской ТЭС относится к золам пылевидного сжигания.

В зависимости от принятого способа удаления очажных остатков золы могут быть сухими или влажными. Сухая зола по сравнению с влажной более активна, содержит меньше несгоревших частиц и зимой не смерзается. Вместе с тем она имеет серьезные недостатки: пыление, возможное содержание частиц непогасившейся извести, а также относительно большое количество свободной серы. Как отмечают А. Т. Баранов и Г. А. Бужевич, золы, удаляемые различными способами, имеют различные свойства, главным образом, в связи с тем, что режим охлаждения у них разный. На современных тепловых электростанциях наибольшее распространение получили системы гидроудаления с золо- отстойниками. По гранулометрическому и химическому составу золы из отвалов гидроудаления, по данным отечественных исследований, крайне неоднородны. На некоторых электростанциях осуществлено сухое золоулавливание в электрофильтрах и пневматическое золоудаление. Потребитель в этом случае получает для своих нужд тонкодисперсную золу в сухом виде. На Бишкекской ТЭС зола в основном улавливается в электрофильтрах, а транспортирование в отвалы производится пневматическим и гидравлическим способами.

Высокая дисперсность, соответствующий минералогический состав и гидравлическая активность золы-унос делают ее одним из наиболее эффективных и удобных видов активной минеральной добавки при производстве цемента, местных вяжущих веществ, а также строительных растворов и бетонов. Пригодность для применения золошлаковых отходов в промышленности строительных материалов и изделий зависит от их химического, минералогического состава, а также от физических свойств. Физические и химические свойства золы-унос, в свою очередь, зависят от вида сжигаемого топлива, а также способа и конструкции золоулавливающих устройств.

В настоящее время золу улавливают двумя способами: мокрым и сухим. Мокрый способ улавливания золы обладает рядом существенных недостатков: неоднородностью состава, высокой влажностью равной (25÷30)%, в зимнее время смерзается в бункерах и

затрудняет подачу ее в мельницу или бетоносмесители. Мокрое золоулавливание производится в скрубберах, где коэффициент улавливания составляет (80÷90)% [1…7]. Сухой способ улавливания более перспективен, так как зола по своим физико-химическим свойствам наиболее пригодна при транспортировании, хранении и производстве цемента, а также строительных изделий и конструкций из мелких и тяжелых бетонов. Степень улавливания сухой золы в циклоне составляет в среднем (60÷70)%, в батарейных циклонах - (80÷85)%, а в электрофильтрах - (95÷98) %.

Сухую золу-унос в настоящее время на цементные заводы и на заводы стройиндустрии доставляют железнодорожным, автомобильным и речным транспортом. Наиболее совершенными являются железнодорожные цементовозыцистерны с пневматической разгрузкой, при использовании которых потери материалов от распыления сводятся к минимуму. Преимущество данного способа заключается в обеспечении транспортирования при помощи сжатого воздуха золы-унос в силоса, установленные выше вагона цементовоза на высоту 10-12 м и на расстояние до 50 м. Для транспортирования сухой золы-унос на расстояние до 100 км наиболее целесообразными являются автоцементовозы с пневматической выгрузкой, не требующие создания на местах специальных приемных и дополнительного оборудования для разгрузки материала. Для выгрузки золы-унос из вагонов и автоцементовозов используют пневматические разгрузчики марки С-577, ТА-17, ТА-10 и др. Хранится сухая зола-унос в основном на складах силосного типа емкостью от 150-1500 м^3 каждая. Склады силосного типа оборудуются камерными или винтовыми насосами, а также пылеулавливающими установками (рукавными фильтрами, батарейными циклонами или электрофильтрами). Использование золы-уноса в промышленности строительных материалов и строительстве осуществляется по двум направлениям: непосредственным введением золыуноса в растворные и бетонные смеси на месте ее приготовления и приготовлением в заводских условиях цемента путем совместного измельчения портландцементного клинкера с золой-уносом или интенсивным смешиванием портландцемента и золы-уноса. Первое направление особенно характерно для строительства в США, Японии, Англии. По второму пути пошла Франция, где зола вводится в состав портландцемента непосредственно на цементных заводах.

Технология приготовления бетона с добавкой золы-унос аналогична приготовлению обычного тяжелого бетона. В расходных бункерах бетоносмесительных установок для золы выделяется один из отсеков или дополнительно строится новый. Зола вводится в смеситель в сухом виде через отдельный дозатор. Как минеральная добавка она используется в пределах 50-200 кг на 1 м^3 бетона. Введение золы в состав легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона позволяет экономить 20-30 кг цемента на 1 м^3. Технология приготовления конструкционно-теплоизоляционного бетона с добавкой золы аналогична технологии приготовления бетона без добавления ее. Поэтому при приготовлении указанного бетона следует руководствоваться «инструкцией по изготовлению конструкций и изделий из бетонов, приготавливаемых на пористых заполнителях СНиП 493-76» Бетонные смеси подвижностью более 2 см могут приготавливаться в бетоносмесителях гравитационного действия, а жесткие и малоподвижные - в бетоносмесителях принудительного действия. Продолжительность перемешивания 3-5 минут.

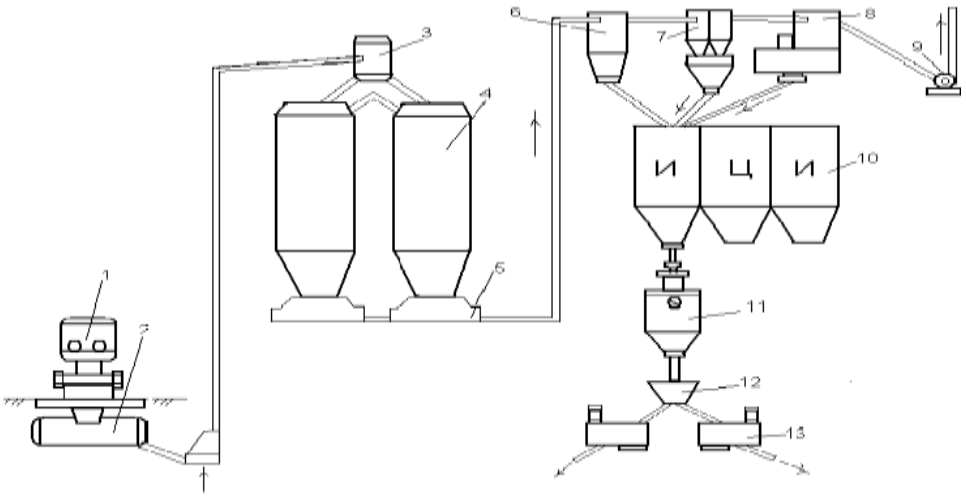

Рис. 1.Принципиальная схема технологического режима
1 – приемное устройство; 2 – золоприемник; 3 – распределительное устройство;
4 – силосный склад золы; 5 – пневмонасосы; 6 – золоприемник БСУ;
7 – батарейный циклон; 8 – рукавный циклон; 9 – вентилятор; 10 – бункера;
11 – циклон; 12 – распределитель; 13 - фильтр

На рис. 1 приведена схема механизированного склада сухой золы-унос и способ ее транспортирования и подачи в бетоносмесительный узел [7…8].

Технологическая схема использования золы-унос как активной минеральной добавки при производстве цемента может производиться по трем вариантам: по первому варианту: клинкер, гипс и зола-унос подаются в мельницу совместно; по второму варианту: клинкер и гипс подаются совместно, а зола-унос подается во вторую камеру мельницы; по третьему варианту: благодаря высокой дисперсности зола-унос вводится в цемент после размола клинкера в зону действия камерных или винтовых насосов.

Однако, как показала практика, зола-унос, введенная совместно с клинкером и гипсом в первую камеру мельницы, оказывает буферное действие, снижая ее производительность [7…8]. В связи с этим «Гипроцемент» рекомендует вводить золу-унос во вторую камеру, где клинкер находится уже в измельченном состоянии. Такой способ подачи золы-унос в мельницу при помоле цемента разработан «Гипроцементом» для Ангарского цементного завода. Введение тонкодисперсной золы-унос в цемент вне мельницы наиболее экономично, так как производительность возрастает пропорционально количеству использованной золы. Об этом свидетельствует опыт цементной промышленности Франции. Исследования, проведенные в «Гипроцементе» [7…8], показали, что введение в клинкер золы-унос при помоле увеличивает удельную производительность мельницы на 9% при добавлении 15% золы и на 18% -при добавлении 30% золы.

Таблица 1

Технические требования к золошлаковым отходам, используемым в производстве цемента

№ п/п	Наименование показателей	Кислые золошлаковые отходы	Основные золошлаковые отходы
1	Содержание двуокиси кремния (SiO_2)	не менее 40	не нормируется
2	Содержание ангидрита серной кислоты (SO_3)	Не более 2	Не более 5
3	Содержание свободной извести ($CaO_{св}$)		Не более 10
4	Содержание щелочной окислов R_2O в пересчете на Na_2O	Не более 2	Не более 2

5	Содержание несгоревших остатков топлива для зол подмосковных, экибастузских, канскоачинских, донецких газовых, длиннопламенных углей и горючих сланцев	Не более 5	Не более 5
6	Для зол других углей, кроме АШ и тощих	Не более 10	Не более 10

Таблица 2

Технические требования на золу-унос тепловых электростанций для бетона

№ п/п	**Наименование показателей**	**Значение показателя для золы вида и класса**		
		I (АиБ)	**II (АиБ)**	**III (А)**
1.	Содержание SiO2+AL2O3+Fe2O3 % по массе, не менее для золы: Антрацитовой и каменноугольной	70 50	Не нормируется	70 50
2.	Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете SO3, % по массе, не более	3	3,5	3
3.	Содержание свободного оксида кальция (CaO), % по массе, не более	3	5	2
4.	Содержание оксида магния (MgO), % по массе, не более	5	5	5
5.	Потери при прокаливании (ППП), % по массе, не более для золы: антрацитовой каменноугольной буроугольной	15 7 5	20 10 5	5 5 3
6.	Влажность, % по массе, не более	3	3	3

Удельная поверхность золы класса А должна быть не менее 2800 см2/г, а золы класса Б - не менее 1500 и не более 4000 см2/г. Остаток на сите № 008 для золы класса А не должен превышать 15% по массе. Зола должна обеспечить равномерность изменения объема смеси цемента и золы при испытании образцов кипячением в воде.

Таким образом, утилизация промышленных отходов в последние годы становится особенно актуальной и у нас в стране. Уровень полезного применения угольной зол ТЭС Кыргызской Республики может составить около 100 тыс. тонн в год. Большими потенциальными возможностями по их использованию располагают: цементная промышленность, производство строительных растворов и бетонов, производство легких заполнителей (аглопорита и глинозольного керамзита), строительной керамики, силикатного кирпича. При комплексном использовании угольной золы ТЭС как вторичные сырья повышается рентабельность в строительстве. Успешное решение данной проблемы требует проведения научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, а также оптимизации рецептурно-технологических режимов при производстве цемента.

Литература:

1. Использование зол, шлаков ТЭС и отходов угледобычи и углепереработки в производстве строительных материалов. Обзорная информация, серия 2, вып. 2. ВНИИЭСМ. – Москва, 1984.
2. Судакас Л.Г., Махлина И. М. Техническая информация. Серия «Цементная и асбоцементная промышленность», вып. 9. ВНИИЭСМ. – Москва, 1971.
3. Алехин Ю.А., Люсов А.Н. и др. Использование зол ТЭС в производстве строительных материалов. Использование отходов попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды. Обзорная информация ВНИИЭСМ, - Москва 1983. Вып. 2.
4. Гольштейн Г.Я., Штейерт Н.П. Использование топливных зол и шлаков при производстве цемента. – Л.: Стройиздат, 1977.
5. Бигильдеева Г.М. Требования к золе ТЭС как сырьевому материалу для производства глинозольного – промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей Реф. инф. ВНИИЭСМ. – Москва, 1976. Вып.6