

Особенно необходимо отметить актуальность массового использования золы в качестве мелкого заполнителя для бетонов. Это связано не только с необходимостью утилизации огромных объемов данного материала в отвалах, но и с существующим в настоящее время дефицитом традиционного мелкого заполнителя.

Решению проблемы утилизации отходов ТЭС способствует использование золы уноса для производства золобетонов. Для определения основных характеристик золобетонов были изготовлены образцы вибрационным способом и методом вибровакуумирования. Подвижность исходной бетонной смеси характеризовалась осадкой стандартного конуса – ОК = 3...4 см. Из каждого вида бетонной смеси формовали образцы размером 15 × 15 × 7 см для определения прочности в возрасте 28 суток при следующих режимах и способах уплотнения. Из бетонной смеси исходного состава образцы формовали вибрационным способом продолжительностью 5...10 с и вибровакуумированные (режим вакуумирования принят таким же, как и в предыдущих исследованиях). Общая продолжительность вибровакуумирования составляла 9 мин, при этом было удалено 63...80 л воды в пересчете на 1 м<sup>3</sup> золобетона. Все образцы твердели в нормальных условиях.

Составы золобетонов и результаты их испытаний приведены в табл. 7.

Таблица 7

Состав, плотность и прочность золобетонов

Вид бетона	В/Ц	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа
		Цемент	Зола	Вода		
Виброуплотненный (исходного состава)	1,73	277	831	479	1587	2,6
	1,75	291	873	508	1672	2,7
Вибровакуумированный	1,44	274	1096	394	1764	4,8
	1,53	267	1068	408	1743	4,2

Вакуумная обработка золобетонной смеси при ее уплотнении предоставила возможность повысить прочность бетона практически в 2 раза и получить бетоны класса В3,5 при умеренных расходах местного вяжущего.

Плотность сухого золобетона находится в пределах 1400...1500 кг/м<sup>3</sup>, что дает возможность использовать золобетон как стеновой материал (стеновые камни, крупные стеновые блоки и др.)

**Выводы.** Получены бетоны рационального состава на основе золошлаковых смесей, шлаков, зол ТЭС и на местном вяжущем (М 200). Показана высокая эффективность вакуумной обработки таких бетонов – предоставляется возможность повысить прочность в 2 раза. Широкое использование таких бетонов в строительстве дает возможность решить проблему местных заполнителей, а также утилизации отходов ТЭС, способствует охране окружающей среды.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И.А. Легкие бетоны на основе зол электростанций. – М.: Госстройиздат, 1972. – 127 с.
2. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности. – К.: Будівельник, 1984. – 120 с.
3. Сергеев А.М., Дибров Г.Д. и др. Применение местных материалов в строительстве. – К.: Будівельник, 1975. – 184 с.
4. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 208 с.
5. Бабачев Г. Зола и шлаки в производстве строительных материалов. – К.: Будівельник, 1987. – 136 с.
6. Сторожук Н.А. Вибровакуумирование бетонных смесей и свойства вакуумбетона: Монография. – Днепропетровск: Пороги, 2008. – 251 с.
7. Сторожук Н.А., Павленко Т.М., Романченко В.В. Вибровакуумированные мелкозернистые золошлаковые бетоны // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ПГАСА. – Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения, 2007. – Вып. 43. – С. 537-543.

#### УДК 624:131.22

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

д.т.н., проф. Приходько А.П., д.т.н., проф. Савин Л.С.,

к.т.н., доц. Сторчай Н.С., маг. Кононов Д.В., маг. Энвальт Е.А.

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

**Постановка проблемы.** В настоящее время наметившиеся тенденции в производстве строительных материалов определяют широкое применение различных вторичных продуктов производства (техногенных отходов). Это позволяет значительно повысить экономическую эффективность производства и снизить себестоимость современных материалов. Даже частичная замена природных сырьевых материалов отходами производств может дать значительный экономический эффект. Поэтому разработка теоретических основ модификации строительных материалов за счет реализации эффективного действия вторичных продуктов производства, является **актуальной проблемой**. Решение данной проблемы имеет большое научно-практическое значение, позволяющее расширить представления об изменении структуры и свойств в модифицированных строительных материалах, позволит также расширить сырьевую базу и, будет способствовать экологическому оздоровлению окружающей среды. К вторичным продуктам производства относятся крупнотоннажные отходы Вольногорского горно-металлургического комбината (ВГМК).

**Общие сведения.** Филиал «Вольногорский горно-металлургический комбинат» ЗАО «Крымский титан» расположен в северо-восточной части г. Вольногорска и юго-западной части Верхнеднепровского района Днепропетровской области. Комбинат разрабатывает Малышевское месторождение редкостных минералов, которое расположено на расстоянии 80 км

от г. Днепропетровска. Основными структурными подразделениями, которые входят в состав комбината, являются: горно-обогатительное производство с цехом горно-технологического транспорта; металлургическое производство.

Добыча рудных песков осуществляется с помощью роторных и ковшовых экскаваторов, транспортировка - автотранспортом. Вскрышные породы складированы в отработанное пространство. Добытые пески складированы на площадке в виде конуса, после этого транспортируются по системе магистральных трубопроводов на обогатительное производство в виде пульпы.

Обогатительная фабрика имеет в своем составе: участок рудоподготовки, участок получения коллективного концентрата, участок доведения вместе с участком обезвоживания и сушки, участок получения формовочных песков.

Непосредственно подготовка руды до обогащения осуществляется на участке обесшламливания обогатительного производства с помощью грохотов, гидrocиклонов и в струйных зумпфах.

На обогатительном производстве осуществляется подготовка песков к обогащению (просев, промывка, удаление глины), гравитационное обогащение и получение коллективного концентрата. Последний подвергается обезвоживанию и сушке. Коллективный концентрат представляет собой сумму тяжелых металлов, которые имеются в рудных песках. Для селективного выделения из него ценных минералов и доведения до моноконцентратов применяют специальные методы обогащения - электрическую и электромагнитную сепарацию. Готовыми продуктами отделения обогатительного производства являются концентраты: цирконовый, ильменитовый, рутиловый, дистен-силлиманитовый и кварцевый песок.

**Основной материал исследований.** На начальном этапе были исследованы физико-химические характеристики техногенных отходов Вольногорского горно-металлургического комбината.

Изучая техногенные отходы установлены, что по физическому виду хвостовая пульпа содержит следующие твердые ингредиенты: монтмориллонит - 52,5%; каолинит - 26,1%; кварц - 9,5%; полевые шпаты - 4,5%; железосодержащие минералы - 3,5%; титаносодержащие минералы - 1,5%; карбонаты - 2,0%. Удельная масса пульпы 1,015 - 1,025 кг/м<sup>3</sup>; содержание глины в твердом состоянии до 97%; содержание зернистого материала в твердом состоянии в пределах 0,5 - 2,0 г/л; рН 6,0 - 7,5; удельная плотность 2,65 - 2,70 т/м<sup>3</sup>.

Указанный материал представляет собой высокодисперсный порошок светло-коричневого цвета. Рентгенофазовый и комплексный термический анализы (рис. 1, 2) показали наличие в нем, в основном, таких минералов, как монтмориллонит (d = 0,306; 0,2606; 0,131 нм). Эндозффект при температуре 403 К связан с удалением адсорбционной воды. Эндозффект при температуре 493 К связан с удалением межплоскостной воды каолинита (d = 0,714; 0,357; 0,229; 0,199; 0,167; 0,165; 0,148; 0,131 нм). Максимальный эндозффект при температуре 823 К связан с выделением конструкционной воды и разрушением кристаллической решетки, экзозффект при 1223 К связан с кристаллизацией аморфного кремнезема или образованием муллита или силлиманита и β-кварца (d=0,427; 0,335; 0,247; 0,215; 0,182; 0,154; 0,138; 0,137 нм) (рис. 1).

Химический состав отходов обогащения ильменитовой руды представлен в табл. 1.

Таблица 1  
Химический состав отхода обогащения, мас. %

SiO <sub>2</sub> общ	SiO <sub>2</sub> несвяз	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub> +ZrO <sub>2</sub>
62,50	30,40	20,50	2,90	1,00	0,80	0,21	0,44	10,70

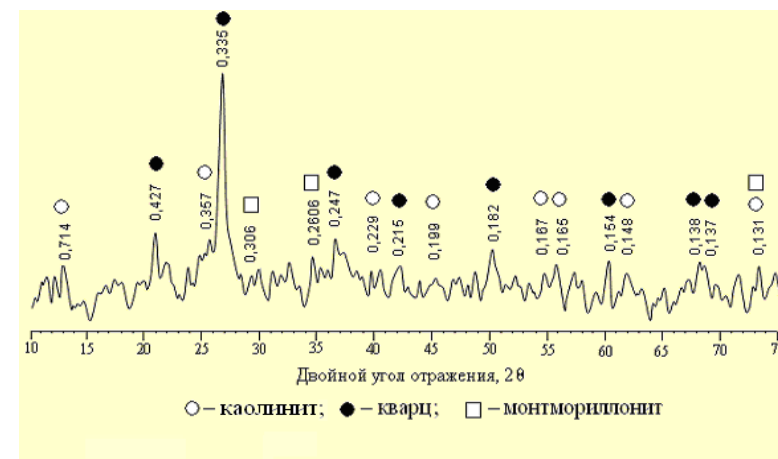


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ вторичных продуктов обогащения ильменитовой руды Вольногорского горно-металлургического комбината

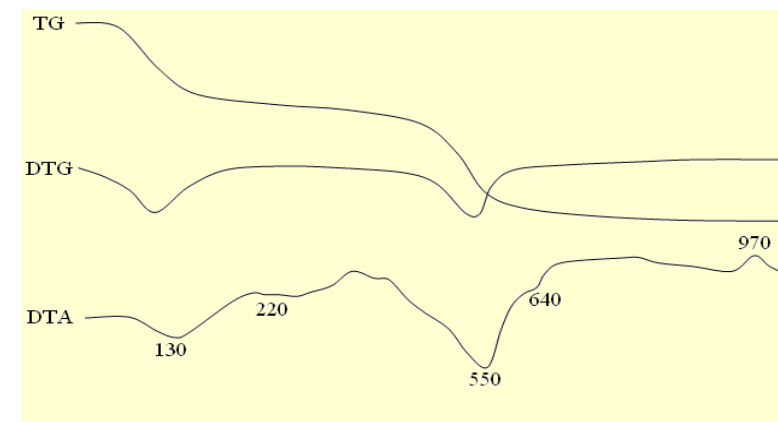


Рис. 2. Комплексный термический анализ вторичных продуктов обогащения ильменитовой руды Вольногорского горно-металлургического комбината

В результате проведенных исследований был получен портландцементный клинкер с использованием данных отходов [4, 5]. Расчет составов смесей осуществлялся по коэффициенту насыщения (КН = 0,92),

силикатному ( $n = 2,8$ ) и алюминатному ( $p = 1,6$ ) модулям, результаты представлены в табл. 2, 3 (состав 2 с добавлением отходов ВГМК).

Таблица 2

**Расчетный химический и минералогический состав клинкера, мас. %**

№ клинкера	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
1	21,88	4,81	3,01	65,35	4,81	0,15	63,19	15,05	7,65	9,14
2	21,92	4,82	3,01	65,48	4,47	0,13	63,32	15,08	7,66	9,16

Таблица 3

**Фактический химический и расчетный минералогический состав клинкера, мас. %**

№ клинкера	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
1	21,72	4,56	3,44	64,12	3,50	0,10	62,38	14,86	6,25	10,46
2	21,30	4,68	3,56	64,00	3,68	0,10	61,51	14,65	6,36	10,82

Предварительно измельченные до остатка на сите № 008, равном 10 – 12 массовых %, исходные сырьевые материалы смешивались в расчетных соотношениях и подвергались дополнительному совместному измельчению. Из полученных сырьевых смесей формовались таблетки диаметром 30 мм и высотой 10 мм (давление прессования – 30 МПа). Обжиг осуществлялся в печи с карбидкремниевыми нагревателями при температуре 1723 К с изотермической выдержкой 40 мин. Охлаждение продуктов обжига – резкое на воздухе. Содержание свободного оксида кальция в полученных клинкерах, которое определялось этил-глицератным методом, составило 0,46 и 0,24 мас.% для клинкера № 1 и № 2, соответственно, что свидетельствует о практически полной завершенности процессов минералообразования.

Синтезированные клинкеры измельчались совместно с гипсовым камнем в количестве 2,0 массовых % в пересчете на SO<sub>3</sub>. Дисперсность полученных цементов определялась в соответствии с ГОСТ 310.2. Нормальная плотность и сроки схватывания цементов – в соответствии с ГОСТ 310.3, а прочность при сжатии – на образцах-кубиках с размерами (1,41×1,41×1,41)·10<sup>-2</sup> м.

Из результатов исследований следует, что при использовании отходов обогащения в качестве алюмосиликатного компонента сырьевой смеси для обжига клинкера, снижается расход доменного гранулированного шлака при одновременном повышении расхода известняка, наличие в предложенной сырьевой смеси для кроме TiO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, таких компонентов как Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NbO<sub>2</sub> и др. повышает коэффициент насыщения до 99, улучшает спекание, улучшает декарбонизацию при обжиге, повышает термостойкость, снижает температуру обжига (спекания) портландцементного клинкера на 40°C.

По основным строительно-техническим показателям цемент, полученный при использовании отходов Вольногорского горно-металлургического комбината, практически не уступает таковым без

использования данных отходов. На предложенные сырьевые смеси получен патент на полезную модель [5].

**Выводы.** В результате выполнения научных исследований решаются актуальные научно-технические проблемы и обосновываются рекомендации по эффективному использованию отходов Вольногорского горно-металлургического комбината в качестве сырьевого компонента при производстве портландцементного клинкера. Частичная замена в сырьевой смеси глиняного компонента отходами ВГМК позволяет расширить сырьевую базу для получения портландцементного клинкера, эффективно влиять на технологический процесс обжига.

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Пашенко А.А. Вяжущие материалы / Пашенко А.А., Сербин В.П., Старческая Е.А. – К.: Вища школа, 1985. – 440 с.
2. О.П. Мчедлов-Петросян, В.И. Бабушкин / Термодинамика и термохимия цемента (основной доклад) // Шестой международный конгресс по химии цемента. Труды в трех томах. Том II Гидратация и твердение цемента. Книга I. Москва, Стройиздат. 1976, С. 6-16
3. Taylor H. F.W. The Chemistry of Cement. (Editor) Academic Press. London and New-York, 1964.
4. Модификация вяжущих техногенными отходами, содержащими s-,p-,d-элементы / В.И. Большаков, А.П. Приходько, Л.С. Савин, Ю.Д. Баранов, Н.С. Сторчай, Ю.И. Хоменко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2008. – № 31. – С. 36–44.
5. Пат. № 34907 Украина, МПК С 07С 7/00. Сировинна суміш для отримання портландцементного клінкеру / Большаков В. І., Приходько А.П., Савин Ю. Л., Савин Л. С., Баранов Ю. Д., Лисенко С.В., Шматков Г.Г.; заявитель и патентообладатель Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры. – № и 2008 04169; заявл. 02.04.2008; опубл. 26.08.2008. Бюл. № 16.

УДК [725.95:691.328].004.5:678.6

**ВЛИЯНИЕ ТИПА МОДИФИКАТОРА И ЕГО КОЛИЧЕСТВА НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ.**

д.т.н., проф. Приходько А.П., к.т.н., доц. Харченко Е.С.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

**Актуальность.** Эпоксидные смолы издавна находят широкое применение для получения коррозионостойких, износостойких покрытий, обладающих высокой механической прочностью и хорошей устойчивостью к химическим воздействиям. На практике высокая твердость и высокая прочность аминоотвержденных эпоксидных смол не всегда являются необходимыми, в то же время желательно наличие эластичности и уменьшение хрупкости.

Расширение требований, предъявляемых к растворам для восстановления эксплуатационных характеристик сооружений и их архитектурных элементов, в частности, к эпоксидным полимерным адгезивам, приводит к тому, что,