

DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-32-39

*Погромский А.С., доцент,
Аниканова Т.В. *, кандидат технических наук, доцент,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия*
*Ответственный автор E-mail: anik-tv@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ В ОТВАЛАХ НА ИХ СВОЙСТВА

Аннотация: строительство, ремонт и реконструкция автомобильных дорог требуют больших затрат минерального сырья в виде песка, щебня, минерального порошка. Однако его запасы по территории нашей страны распределены неравномерно, что вызывает значительные транспортные расходы по доставке минерального сырья к объектам строительства. Кроме того, запасы минерального сырья со временем неизбежно сокращаются, что требует широкого вовлечения в строительство автомобильных дорог нетрадиционных видов сырья, а также отходов промышленного производства.

В работе приводятся результаты исследований свойств электросталеплавильных шлаков, текущего выхода и хранившихся в отвалах несколько лет. Основным компонентом электросталеплавильных шлаков как свежих, так и отвальных, пролежавших в отвалах около 20 лет, является шеннонит или γ -модификация ортосиликата кальция C_2S . Установлено, что минералогический состав шлака ОЭМК представлен гематитом, вюститом, кальцитом, периклазом, а также портландитом, образующимся при гашении извести. Анализ дифрактограмм шлаков различного срока хранения показывает, что в начальные сроки хранения шлака в отвалах происходит окончательное гашение извести и ее карбонизация с образованием кальцита. Результаты определения гранулометрического состава шлака различного срока хранения показали уменьшение со временем количества мелких фракций и увеличение крупных фракций. Установлено, что при использовании электросталеплавильных шлаков при строительстве и ремонте автомобильных дорог, необходимо учитывать изменения физико-механических свойств материалов. Процессы, происходящие при выдерживании шлаков в отвалах, определяют пригодность применения шлаковых минеральных материалов в дорожном строительстве.

Ключевые слова: электросталеплавильный шлак, процессы гидратации, гранулометрический состав, шлак текущего выхода, хранение в отвалах

Введение

Одним из перспективных направлений при строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог является использование шлаков черной металлургии, значительная часть которых на сегодня складывается в отвалах. Их утилизация позволит существенно расширить сырьевую базу дорожного строительства, обеспечив дорожную отрасль минеральным сырьем на 15-20 лет, улучшить экологическую обстановку в районах металлургического производства, значительно удешевить строительство и ремонт автомобильных дорог.

В отличие от достаточно изученных и широко применяемых в строительстве доменных шлаков [1-7], шлаки электросталеплавильного производства используются при строительстве автодорог значительно в меньшей степени [8-14], что связано с изменением состава и свойств таких шлаков при их продолжительном хранении в отвалах.

В настоящее время в отвалах ряда металлургических предприятий, таких как Череповецкий, Тульский, Новолипецкий, Оскольский и др., скопились миллионы тонн шлаков. В этой связи целесообразно использование камневидной составляющей, что в настоящее время и происходит. В районе Оскольского электрометаллургического комбината камневидную составляющую забирают и используют в качестве заполнителя при производстве низкомарочных бетонов. Происходит это без должного научного сопровождения. Однако, в процессе эксплуатации в шлаках происходит силикатный распад, что приводит к снижению прочностных характеристик материалов.

Еще одно направление применения таких шлаков – использование их в качестве материалов при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд и в составе композитов для устройства покрытий при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Использование шлаков разного срока хранения требует комплексного изучения влияния сроков и условий хранения шлаков на изменение их физико-механических свойств.

Данная работа посвящена изучению состава и свойств электросталеплавильных шлаков в зависимости от сроков хранения в отвалах.

Материалы и методы

Для исследования фазового состава минеральных материалов использовали рентгенофазовый анализ [15-17]. Сущность этого анализа заключается в том, что изучается дифракционная картина, полученная при отражении рентгеновских лучей атомными плоскостями в структуре кристаллов. Исследования проводились на дифрактометре ДРОН-3Н.

Комплексно-термический анализ проводился с использованием дериватографов фирмы MOM [18, 19]. Скорость подъема температуры 20°C/мин. При изучении процессов фазообразования в исследуемых образцах температура поднималась до 1000°C.

Результаты и обсуждение

Основным компонентом электросталеплавильных шлаков как свежих, так и отвальных, пролежавших в отвалах около 20 лет, является шеннонит или γ -модификация ортосиликата кальция C_2S (рис. 1), высокое содержание которого обусловлено значительным количеством оксида кальция по отношению к оксиду кремния ($d = 2,74; 3,01; 1,91, 3,82 \text{ \AA}$).

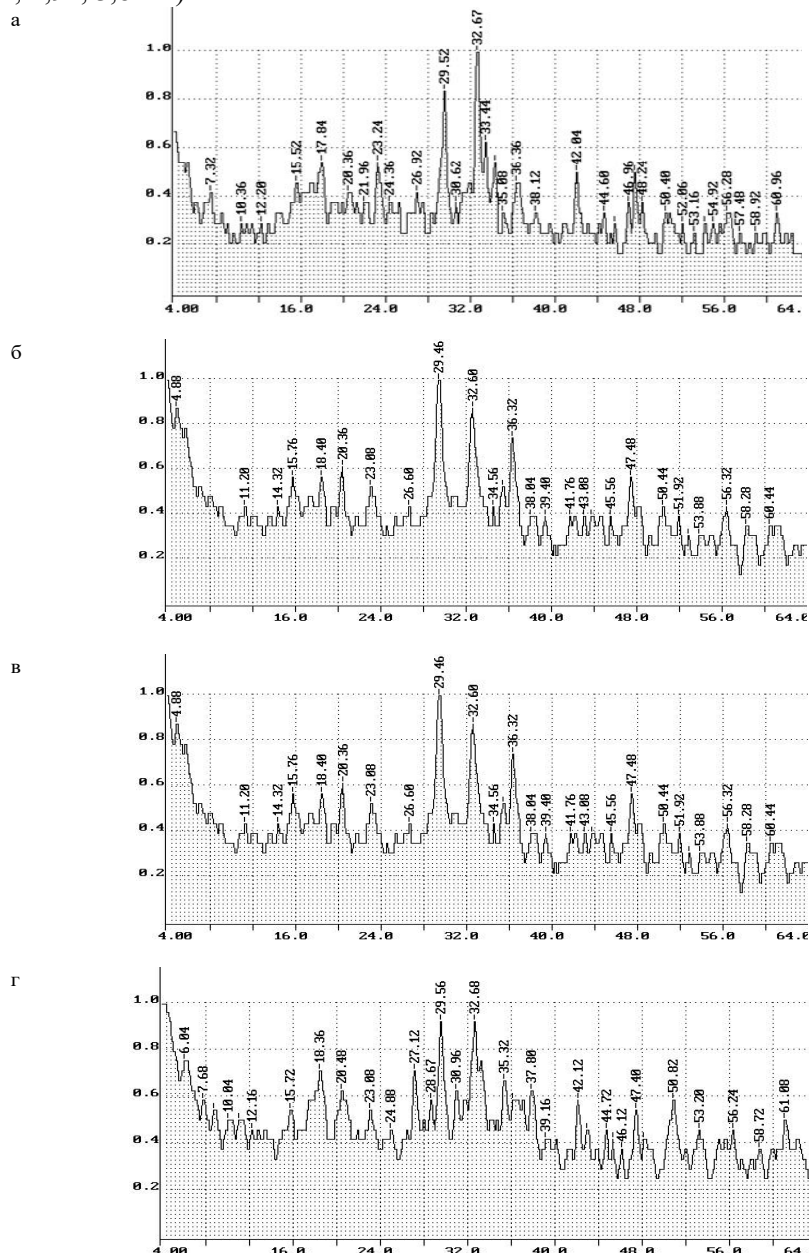


Рис. 1. Рентгенограммы шлака ОЭМК: а – текущего выхода; б – пролежавшего в отвале 5 лет; в – пролежавшего в отвале 10 лет; г – пролежавшего в отвале 18 лет
Fig. 1. X-ray diffraction patterns of OEMK slag: a - current output; b - lying in the dump for 5 years; c - lying in the dump for 10 years; g - lying in the dump 18 years

Результаты рентгенофазового анализа показали, что в шлаке ОЭМК (рис. 1, а, б, в) также содержатся существенные количества ларнита β - C_2S с отражениями $d = 2,74; 2,71; 2,49$, обладающего довольно высокой гидратационной активностью. Кроме того, по данным авторов [18, 20] в шлаке ОЭМК содержится высоко-температурная разновидность двухкальциевого силиката – бредигит α' - C_2S , отличающаяся от остальных форм C_2S высокой гидратационной активностью. Гидратационные свойства бредигита и ларнита, а также геленита $Ca_2Al_2O_3SiO_7$ ($d = 2,85; 1,75; 3,07; 2,44$ Å), обладающего слабой гидратационной способностью, обуславливают использование электросталеплавильных шлаков ОЭМК в дорожном строительстве.

Кроме того, минералогический состав шлака ОЭМК представлен гематитом Fe_2O_3 ($d = 1,52; 2,24; 2,46$ Å), вюститом ($d = 1,51; 2,14$ Å), кальцитом $CaCO_3$ (линия 3,04 Å), периклазом MgO (линия 2,1 Å), а также портландитом $Ca(OH)_2$, образующимся при гашении извести CaO .

Анализ дифрактограмм шлаков различного срока хранения показывает, что в начальные сроки хранения шлака в отвалах происходит окончательное гашение извести и ее карбонизация с образованием кальцита, о чем свидетельствует наличие характерных линий на дифрактограмме (рис. 1, а) и их отсутствие на дифрактограммах (рис. 1, б, в, г). При этом на дифрактограммах, соответствующих срокам хранения шлака 5-18 лет присутствуют линии, соответствующие кальциту. Кроме этого, в первое время происходит увеличение количества γ -модификации ортосиликата кальция C_2S за счет протекания процессов известкового распада, т.е. перехода β - C_2S в γ -форму. Данный процесс сопровождается увеличением объема (до 10%), что в начальные сроки хранения приводит к повышению дисперсности шлака.

Далее, присутствующие в электросталеплавильных шлаках α' - C_2S и β - C_2S с начальных сроков хранения начинают гидратировать с образованием высокоосновных гидросиликатов кальция, что подтверждается наличием пиков $d = 3,07; 10,0; 1,83$ Å на дифрактограммах (рис. 1, б, в, г), причем этот процесс заканчивается примерно через 10 лет хранения шлака в отвалах, о чем свидетельствует отсутствие пиков, соответствующих ларниту на дифрактограмме (рис. 1, г). Помимо этого, дифрактограммы (рис. 1, б, в, г) показывают наличие в шлаке ОЭМК гидрогеленита – продуктов гидратации геленита с основными отражениями $d = 2,87; 4,18; 2,49; 1,66$ Å.

В подтверждение вышесказанному был произведен дифференциально-термический анализ проб шлака различного срока хранения, результаты которого приведены на рис. 2-5.

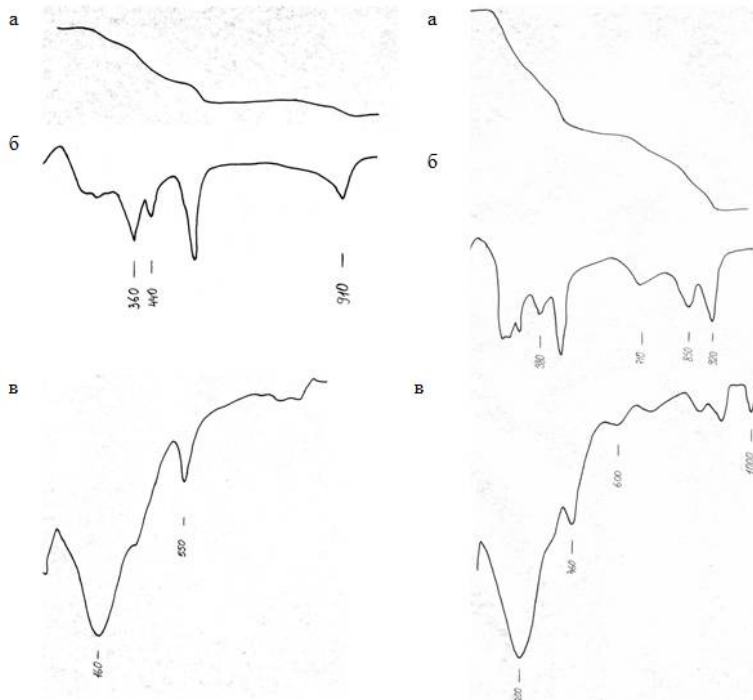


Рис. 2. Результаты дифференциально-термического анализа шлака ОЭМК текущего выхода: а – TG; б – DTG; в – DTA
Fig. 2. The results of differential thermal analysis of current output OEMK slag: а - TG; б - DTG; в - DTA

Рис. 3. Результаты дифференциально-термического анализа шлака ОЭМК, хранившегося в отвалах 5 лет: а – TG; б – DTG; в – DTA
Fig. 3. The results of differential thermal analysis of lying in the dump for 5 years OEMK slag: а - TG; б - DTG; в - DTA



Рис. 4. Результаты дифференциально-термического анализа шлака ОЭМК, хранившегося в отвалах 10 лет: а – TG; б – DTG; в – DTA

Fig. 4. The results of differential thermal analysis of lying in the dump for 10 years OЭМК slag: a - TG; b - DTG; in - DTA

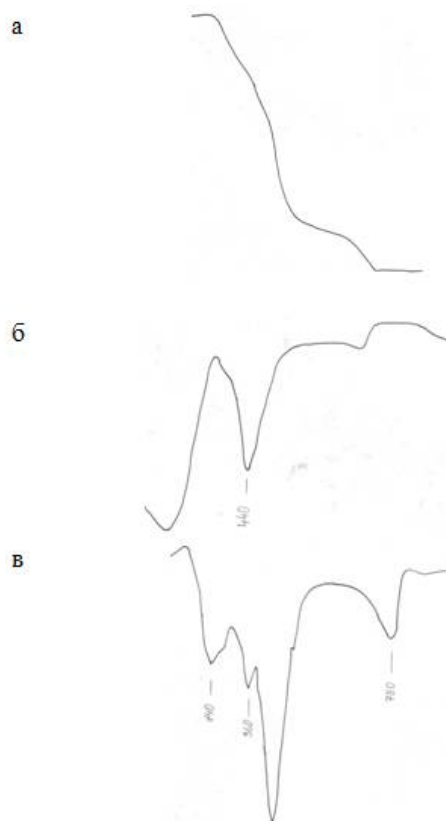


Рис. 5. Результаты дифференциально-термического анализа шлака ОЭМК, хранившегося в отвалах 18 лет: а – TG; б – DTG; в – DTA

Fig. 5. The results of differential thermal analysis of lying in the dump for 18 years OЭМК slag: a - TG; b - DTG; in - DTA

Анализ кривых TG показывает, что потеря массы образца свежего шлака (рис. 2, а) составила 20 г, для остальных образцов, т.е. для шлака, пролежавшего в отвале 5, 10 и 18 лет, потеря массы (рис. 3, а; 4, а; 5, а) составила по 60 г, что говорит о существенных изменениях минералогического состава в первые годы хранения шлака в отвалах за счет завершения процесса силикатного распада и появления существенного количества гидратных новообразований.

Как видно из рисунка 2 у шлака текущего выхода имеются эндотермические эффекты потери массы при следующих температурах: 160-170; 360; 440; 550 и 910°. Первый эндотермический эффект связан с удалением свободной и физически связанной воды и свидетельствует о том, что происходило достаточно сильное увлажнение шлака водой, которая совсем не испарилась.

Эндотермический эффект при температуре 360°, по-видимому, связан с дегидратацией алюмосодержащих фаз.

Эндотермические эффекты при температурах 440 и 550° вызваны удалением воды, которая образуется при дегидратации гидроксильных групп, входящих в структуру двухосновного гидросиликата кальция $C_2SH(A)$ (α -гидрат двухкальциевого силиката). Наличие этого гидросиликата является очень интересным, так как в работе большинства авторов отмечается, что он может образовываться лишь при автоклавной обработке силикатных материалов, в том числе портландцемента. В данном случае он образовался при охлаждении струей воды шлакового расплава температуры 1200°C. Впервые наличие этого гидросиликата кальция в шлаках ОЭМК было отмечено в работе [21].

Эндотермический эффект при температуре 550° является не только вторым эндоэффектом системы $C_2SH(A)$, который имеет диагностическое значение, но также свидетельствует о наличии в образцах портландита $Ca(OH)_2$. Эндоэффект при 910° вызван декарбонизацией карбоната кальция.

После 10 и 18 лет хранения в отвалах существенного изменения термограмм шлаков не произошло, если не считать того, что появился небольшой эндоэффект при температуре 710 и 850°, который присущ высо-

коосновным гидросиликатам кальция, кроме того эти два эффекта могут свидетельствовать об образовании при карбонизации метастабильных карбонатов кальция (ватерита, арагонита).

После 10 и 18 лет хранения на ДТА шлака появился экзотермический эффект при температуре 800°, который свидетельствует о разложении гидросиликатов кальция с превращением их в менее основные фазы, вплоть до полного разложения на карбонат кальция и кремнекислоту. Через 10 и 18 лет хранения возросли эндоэффекты при 440 и 780°, которые присуще либо α-гидрату двухкальциевого силиката, либо гидроксиду и карбонату магния.

Косвенным подтверждением наличия процессов гидратации электросталеплавильных шлаков ОЭМК может служить изменение во времени гранулометрического состава шлака (табл. 1-3).

Таблица 1

Гранулометрический состав шлака ОЭМК свежего слива

Table 1

Granulometric composition of fresh plum OEMK slag

| Наименование показателей | Размер отверстий сит, мм | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|--------|
| | 20 | 15 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 | 0,071 | <0,071 |
| Частные остатки, % | 11,7 | 7,6 | 6,0 | 9,8 | 8,5 | 9,4 | 11,1 | 5,5 | 10,1 | 7,5 | 12,8 |
| Полные остатки, % | 11,7 | 19,3 | 25,3 | 35,1 | 43,6 | 53,0 | 64,1 | 69,6 | 79,7 | 87,2 | 100,0 |

Таблица 2

Гранулометрический состав отвального шлака ОЭМК (срок хранения – 5 лет)

Table 2

Granulometric composition of OEMK dump slag (storage period - 5 years)

| Наименование показателей | Размер отверстий сит, мм | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|--------|
| | 20 | 15 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 | 0,071 | <0,071 |
| Частные остатки, % | 11,7 | 7,6 | 6,0 | 9,8 | 8,5 | 9,4 | 11,1 | 5,5 | 10,1 | 7,5 | 12,8 |
| Полные остатки, % | 11,7 | 19,3 | 25,3 | 35,1 | 43,6 | 53,0 | 64,1 | 69,6 | 79,7 | 87,2 | 100,0 |

Таблица 3

Гранулометрический состав отвального шлака ОЭМК (срок хранения –18 лет)

Table 3

Granulometric composition of OEMK dump slag (storage period - 18 years)

| Наименование показателей | Размер отверстий сит, мм | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|--------|
| | 20 | 15 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 | 0,071 | <0,071 |
| Частные остатки, % | 28,7 | 6,0 | 9,0 | 13,0 | 9,0 | 12,2 | 12,0 | 4,0 | 3,2 | 1,2 | 1,7 |
| Полные остатки, % | 28,7 | 34,7 | 43,7 | 56,7 | 65,7 | 77,9 | 89,9 | 93,9 | 97,1 | 98,3 | 100,0 |

Анализ результатов определения гранулометрического состава шлака различного срока хранения показывает уменьшение со временем количества мелких фракций (с 33% в свежем шлаке до 5,5% в шлаке, пролежавшем в отвале 18 лет) и увеличение крупных фракций.

Выводы

Результаты дифференциально-термического анализа показали наличие в шлаках двухосновного гидросиликата кальция C₂SH(A), ранее считалось, что его образование возможно лишь в автоклаве, при повышенном давлении насыщенного водяного пара. Установлено, что при длительном хранении шлаков в отвалах, в шлаковой массе происходит уменьшение содержания фракций, склонных к силикатному распаду и гидратационному диспергированию. Таким образом, можно сделать выводы об изменениях физико-механических свойств материалов на основе электросталеплавильных шлаков, связанных с происходящими при выдерживании шлаков в отвалах процессами, и различной степени пригодности шлаковых минеральных материалов как при устройстве укрепленных и неукрепленных слоев оснований дорожных одежд, так и при приготовлении композитов на их основе.

В настоящее время саморассыпающиеся высокоосновные шлаки недостаточно изучены, что ограничивает их применение в различных отраслях, в том числе при строительстве автомобильных дорог. В нашем случае рассмотренный подход позволяет расширить области применения шлаков ОЭМК в дорожном строительстве. Показано, что одним из способов избежать силикатный распад является использование лежалого шлака, однако научное исследование силикатного распада недостаточно изучено.

В ходе выполнения работы были получены новые знания о фазовом составе высокоосновных саморассыпавшихся шлаков, подвергнутых резкому охлаждению водой в нормальных атмосферных условиях (на примере шлаков ОЭМК). Установлено, что при обработке раскаленных шлаков, состоящих из шеннонита и других силикатов кальция и магния, образуются гидросиликаты кальция группы гиллебрандита, а также афвиллит и кальциевый хондродит. Ранее считалось, что эти соединения образуются при длительной обработке силикатов кальция в автоклаве при повышенном давлении насыщенного водяного пара.

Полученные результаты относятся не только к этому виду шлаков, но и к многотоннажному отходу. К высокоосновным шлакам относятся все шлаки электросталеплавильного производства, конвертерные шлаки. Сходный фазовый состав имеет белитовый шлак, который получается при технологии производства алюминия. Их производство составляет десятки миллионов тонн, которые не находят рационального применения. Проведенные исследования процессов, происходящих при хранении электросталеплавильных шлаков в отвалах, позволяют сделать вывод о необходимости дифференцированного подхода к использованию шлаков ОЭМК. Их использование с учетом состава, физических и физико-механических свойств позволит вовлечь в строительный комплекс большие массивы шлаков длительного хранения, которые ранее считались малоперспективным сырьем при строительстве автомобильных дорог.

Литература

1. Дюльдина Э.В., Кочержинская Ю.В. Физикохимия доменных шлаков // Известия Челябинского научного центра. 2003. 4 (21). С. 96 – 104.
2. Эренберг А. Свойства цементов, содержащих хранившийся гранулированный доменный шлак // Цемент и его применение. 2013. №6. С. 34 – 38.
3. Приходько Э.В. Физико-химическая модель структуры шлаковых расплавов // Сталь. 1990. №10. С. 14 – 21.
4. Masson C.R., Smith I.B., Whiteway S.G. Molecular Size Distribution in Multichain Polymers: Application of Polymer theory of to Silicate Metls // Can J Chem. 1970. V. 48. P. 33 – 45.
5. Masson C.R., Smith I.B., Whiteway S.G. Activities and Ionic Distribution in Liquid Silicates: Application of Polymer theory // Can J Chem. 1970. V. 48. P. 1456 – 1464.
6. Gaskell D.R. The Thermodynamic properties of the Masson Polymerization Models of Liquid Silicates // Met. Trans. 1973. V. 4. №1. P. 185 – 192.
7. Gaskell D.R. Activities and Free Energies of Mixing in Binary Silicate Melts // Met. Trans. 1977. V. 8. №1. P. 131 – 145.
8. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю., Шкарин А.В. Шлаки металлургического производства – эффективное сырье для получения сухих строительных смесей // Фундаментальные исследования. 2013. №1-1. С. 167 – 172.
9. Подольский В.П., Духовный Г.С., Погромский А.С. Опыт использования электросталеплавильных шлаков в составе минеральной части асфальтобетонов // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Дорожно-транспортное строительство. 2004. №2. С. 136 – 138.
10. Духовный Г.С., Логвиненко А.А. Вяжущие бетоны на основе электросталеплавильных шлаков // Автомобильные дороги. 2008. №12. С. 126 – 128.
11. Бусел А.В., Калыска О.А., Смыковский А.И. Применение самоотверждающихся шлаковых смесей для устройства слоев дорожных одежд // Автомобильные дороги и мосты. 2011. №1. С. 65 – 68.
12. Рахимбаев Ш.М., Яшуркаева Л.И., Мосьпан В.И. Отходы обогащения железных руд КМА – сырье для производства цемента. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 154 с.
13. Калыска О.А., Бусел А.В. Активация процессов твердения электросталеплавильных шлаков и блокирование ионов тяжелых металлов // Строительство. Прикладные науки. Строительные материалы. 2015. №8. С. 83 – 87.
14. Подольский В.П., Слепцова О.В., Кукина О.Б., Лукашук А.Г. Результаты качественных исследований композитов на основе сталеплавильных конвертерных шлаков НЛМК // Научный журнал строительства и архитектуры. 2015. №3 (39). С. 45 – 53.
15. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов / Под ред. В.А. Франк-Каменецкого. Л.: Недра, 1975. 399 с.
16. Рентгенография. Спецпрактикум / В.А. Авдохина и др. Под общей редакцией А.А. Канцельсона. М.: Изд-во Моск. Университета, 1986. 240с.
17. Уманский Л.С., Скаков Ю.Л., Иванов А.Н. и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982. 632с.

18. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высш. школа, 1981. 335 с.
19. Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов / В. Рамачандран, Р. Фельдман М.: Стройиздат, 1977. 408 с.
20. Журавлев П.В. Синтез низкоосновного малоэнергоёмкого клинкера с использованием шлаков и получение высококачественного смешанного цемента: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Белгород: БелГ-ТАСМ. 2000. 16 с.
21. Шилова И.А. Энергосбережение и повышение качества цементного клинкера с использованием шлако-мело-известкового компонента: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. 19 с.

References

1. Djul'dina Je.V., Kocherzhinskaja Ju.V. Fizikohimija domennyh shlakov. Izvestija Cheljabinskogo nauchnogo centra. 2003. 4 (21). P. 96 – 104. (rus)
2. Jerenberg A. Svoystva cementov, sodержashhih hranivshijsja granulirovannyj domennyj shlak. Cement i ego primenenie. 2013. 6. P. 34 – 38. (rus)
3. Prihod'ko Je.V. Fiziko-himicheskaja model' struktury shlakovyh rasplavov. Stal'. 1990. 10. P. 14 – 21. (rus)
4. Masson C.R., Smith I.B., Whiteway S.G. Moleciuar Size Distribution in Multichain Polymers: Application of Polymer theory of to Silicate Metls. Can J Chem. 1970. 48. P. 33 – 45.
5. Masson C.R., Smith I.B., Whiteway S.G. Activities and Ionic Distribution in Liquid Silicates: Application of Polymer theory. Can J Chem. 1970. 48. P. 1456 – 1464.
6. Gaskel D.R. The Thermodynamicproperties of the Masson Polymerization Models of Liquid Silicates. Met. Trans. 1973. 4 (1). P. 185 – 192.
7. Gaskel D.R. Activities and Free Energies of Mixing in Binary Silicate Melts. Met. Trans. 1977. 8 (1). P. 131 – 145.
8. Shapovalov N.A., Zagorodnjuk L.H., Tikunova I.V., Shhekina A.Ju., Shkarin A.V. Shlaki metallurgicheskogo proizvodstva – jeffektivnoe syr'e dlja polucheni suhih stroitel'nyh smesej. Fundamental'nye issledovani-ja. 2013. 1-1. P. 167 – 172. (rus)
9. Podol'skij V.P., Duhovnyj G.S., Pogromskij A.S. Opyt ispol'zovanija jelektrostaleplavil'nyh shlakov v sostave mineral'noj chasti asfal'tobetonov. Nauchnyj vestnik VGASU. Serija: Dorozhno-transportnoe stroitel'stvo. 2004. 2. P. 136 – 138. (rus)
10. Duhovnyj G.S., Logvinenko A.A. Vjazhushhie betony na osnove jelektrostaleplavil'nyh shlakov. Avtomobil'nye dorogi. 2008. 12. P. 126 – 128. (rus)
11. Busel A.V., Kalyska O.A., Smykovskij A.I. Primenenie samootverzhdajushhihsja shlakovyh smesej dlja ustrojstva sloev dorozhnyh odezhd. Avtomobil'nye dorogi i mosty. 2011. 1. P. 65 – 68. (rus)
12. Rahimbaev Sh.M., Jashurkaeva L.I., Mos'pan V.I. Othody obogashhenija zheleznyh rud KMA – syr'e dlja proizvodstva cementa. Belgorod: Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova, 2012. 154 p. (rus)
13. Kalyska O.A., Busel A.V. Aktivacija processov tverdenija jelektrostaleplavil'nyh shlakov i blokirovanie ionov tjazhelyh metallov. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. Stroitel'nye materialy. 2015. 8. P. 83 – 87. (rus)
14. Podol'skij V.P., Slepčova O.V., Kukina O.B., Lukashuk A.G. Rezul'taty kachestvennyh issledovanij kompozitov na osnove staleplavil'nyh konverternyh shlakov NLMK. Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. 2015. 3 (39). P. 45 – 53. (rus)
15. Rukovodstvo po rentgenovskomu issledovaniju mineralov. Pod red. V.A. Frank-Kameneckogo. L.: Nedra, 1975. 399 p. (rus)
16. Rentgenografija. Specpraktikum. V.A. Avdohina i dr. Pod obshhej redakciej A.A. Kancel'sona. M.: Izd-vo Mosk. Universiteta, 1986. 240 p. (rus)
17. Umanskij L.S., Skakov Ju.L., Ivanov A.N. i dr. Kristallografija, rentgenografija i jelektronnaja mikroskopi-ja. M.: Metallurgija, 1982. 632 p. (rus)
18. Gorshkov V.S., Timashev V.V., Savel'ev V.G. Metody fiziko-himicheskogo analiza vjazhushhih veshhestv. M.: Vyssh. shkola, 1981. 335 p. (rus)
19. Ramachandran V.S., Fel'dman M. R. Primenenie differencial'nogo termicheskogo analiza v himii cementov.: Strojizdat, 1977. 408 p. (rus)

20. Zhuravlev P.V. Sintez nizkoosnovnogo maloenergoemkogo klinkera s ispol'zovaniem shlakov i poluchenie vysokokachestvennogo smeshannogo cementa: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Belgorod: BelGTASM. 2000. 16 p. (rus)

21. Shilova I.A. Jenergoberezhenie i povyshenie kachestva cementnogo klinkera s ispol'zovaniem shlako-melo-izvestkovogo komponenta: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova. 2007. 19 p. (rus)

*Pogromsky A.S., Associate Professor,
Anikanova T.V. *, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia*

*Corresponding author E-mail: anik-tv@yandex.ru

THE EFFECT OF LONG-TERM STORAGE OF ELECTRIC STEEL SMELTING SLAGS IN DUMPS ON THEIR PROPERTIES

Abstract: construction, repair and reconstruction of roads require high costs of mineral raw materials in the form of sand, gravel, mineral powder. However, its reserves on the territory of our country are distributed unevenly, which causes significant transportation costs for the delivery of mineral resources to construction sites. In addition, mineral resources are inevitably reduced over time, which requires extensive involvement in the construction of roads of non-traditional types of raw materials, as well as industrial waste.

The paper presents the results of studies of the properties of electric steel slag, the current output and stored in the dumps for several years. The main component of electric steel-smelting slags, both fresh and dumped, lying in dumps for about 20 years, is shannonite or γ -modification of calcium orthosilicate C2S. It has been established that the mineralogical composition of the Oskol Electrometallurgical Combine's slag is represented by hematite, wustite, calcite, periclase, and also portlandite, formed during quenching of lime. Analysis of diffractograms of slags of different shelf life shows that in the initial periods of slag storage in the dumps there is a final quenching of lime and its carbonization with the formation of calcite. The results of the determination of the granulometric composition of the slag of different storage periods showed a decrease with time of the number of fine fractions and an increase in large fractions. It is established that when using electric steel-smelting slags in the construction and repair of highways, it is necessary to take into account changes in the physical and mechanical properties of materials. The processes that take place during the maintenance of slags in dumps determine the suitability of the use of slag mineral materials in road construction.

Keywords: electric steel-smelting slag, hydration processes, granulometric composition, slag of the current outlet, storage in dumps

Для цитирования: Погромский А.С., Аниканова Т.В. Влияние длительного хранения электросталеплавильных шлаков в отвалах на их свойства // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №1. С. 32 – 39. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-32-39

For citation: Pogromsky A.S., Anikanova T.V. The effect of long-term storage of electric steel smelting slags in dumps on their properties. Construction Materials and Products. 2018. 1. (1). P. 32 – 39. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-1-32-39

Поступила в редакцию 28 декабря 2017 г.
Принята в доработанном виде 14 февраля 2018 г.
Одобрена для публикации 7 марта 2018 г.

Received: December 28, 2017.
Revised: February 14, 2018.
Accepted: March 7, 2018.