

Опыт применения доменного шлака в качестве искусственного основания фундамента здания

О.М. Шогенов, А. Рамадан, Р.А. Эдоков, А.А. Тапов

Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик

Аннотация: Рассматривается опыт применения доменных шлаков в качестве искусственного основания фундамента здания. В процессе строительно-монтажных работ было выявлено смещение столбчатых фундаментов вследствие изменения первоначальных свойств доменного шлака. По химическому составу шлак относился к группе инертных материалов. Фактически после послойного уплотнения начался процесс распада исходных его свойств. Анализ проведенных исследований показал, что в нормативной и научной литературе нет однозначных рекомендаций по применению данного материала в качестве основания зданий и сооружений. Имеющиеся рекомендации относятся исключительно к его применению в основаниях автомобильных дорог. Из опыта следует: применение шлака в строительстве возможно при условии подтверждения его соответствия конкретным условиям строительства.

Ключевые слова: доменный шлак, искусственное основание, послойное уплотнение грунта, гидравлическая активность и инертность, модуль основности, оксиды кальция, оксиды марганца, гранулометрический состав, инертный материал, химический распад.

На территории Челябинского металлургического комбината для строительства склада сырья рельсосварочного предприятия был выделен незастроенный участок, который использовался как свалка промышленных, строительных и бытовых отходов.

Гидрогеологические условия участка строительства до глубины 11 м характеризуются одним горизонтом подземных вод ненапорного типа с установившимся уровнем подземных вод на глубинах 1–7 м. Амплитуда сезонного колебания уровня подземных вод составляет $\pm 1,5$ м. Подземные воды неагрессивны к бетону на портландцементе и слабоагрессивны по содержанию хлоридов на арматуру железобетонных конструкций.

Работы по устройству оснований и фундаментов выполнялись подрядчиком ООО Трест «Ай-Би-Си Промстрой» в строгом соответствии с проектом, тем не менее были обнаружены смещения фундаментов в вертикальном и горизонтальном направлениях, особенно в зонах

интенсивного движения тяжелой строительной техники. Очевидно, что деформации фундаментов вызваны специфическими особенностями основания из насыпных грунтов, в качестве которых использовался доменный шлаковый щебень в соответствии с ГОСТ 3344-83 «Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия» и ТУ 14-11-196-86 «Технические условия. Шлак дробленый для дорожного строительства», поэтому возникла необходимость в проверке надежности принятого технического решения основания и установления причин её деформаций.

Фундаменты здания и оборудование по проекту должны возводиться на основании, созданном путем замены существующего грунта доменным шлаком с послойным уплотнением на глубину до 2 м. В качестве грунта для отсыпки основания насыпи площадки РСП-М применяется шлак по ГОСТ 3344-83 (ТУ 14-11-196-86) прочностью до 1000 кг/см^2 . Шлак является отходом, образующимся при выплавке чугуна и ферросплавов из железорудного сырья в доменных печах Челябинского металлургического комбината (ЧМК). По проекту отсыпку основания рекомендовано производить смесью, гранулометрический состав которой состоит в следующих пропорциях: 30 % фракции до 5 мм; 30 % – фракции 5-10 мм; 15 % – фракции 10-20 мм и 30 % – фракции 20-40 мм уложенные слоями по 250 мм.

Конструкция фундаментов здания приняты столбчатые, как на естественном основании, устанавливаемые на слой шлака без компенсирующих подушек. Расчет фундаментов произведен как для конструкций, расположенных на естественном основании, в соответствии с указаниями п. 6.6.15 и таблицы д.9 (СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений) исходя из расчетного сопротивления грунта основания $R_0 = 2 \text{ кг/см}^2$.

Многолетний опыт использования данного материала основан на его применении в дорожном строительстве, а также в качестве заполнителя при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций [1-5].

Химический состав шлака, производимый на ЧМК, по данным сертификатов (%) состоит: S (0,50-0,54); K (1,36-1,53); SiO₂ (37,80-41,00); CaO (38,05-43,63); MnO (0,35-0,58); Al₂O₃(9,01-12,51); MgO (4,18-8,67); TiO₂(0,49-0,94); FeO (0,49-0,55).

Приведенные данные химического анализа получены на основе результатов испытаний, в пределах ЧМК, свидетельствуют о широком разбросе показателей.

Основной характеристикой, определяющей область и технологию применения данного техногенного сырья в строительстве, является его химический состав. По соотношению основных оксидов: CaO, SiO₂, MgO, Al₂O₃ устанавливается их гидравлическая активность. В представленном сертификате качества на щебень доменный показатель гидравлической активности (модуль основности M₀) составляет:

$$M_0 = (\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) = (42.79+4.62) / (39.27+9.49) = 0.979 < 1$$

Аналогичный показатель модуля основности M₀ получается и для дробленного щебня с химическим составом, представленным в сертификате:

$$M_0 = (\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) = (41.93+5.93) / (38.78+9.73) = 0.98 < 1$$

Так как, модуль основности M₀ < 1, считается, что доменный шлак гидравлически не активен, т.е. материал относится к группе инертных, соответственно и технология его уплотнения будет аналогична уплотнению нерудных материалов [6-7]. Проведенные вычисления подтвердили указанную в сертификате в графе «активность шлака» его инертность буквами: «НА» - неактивный.

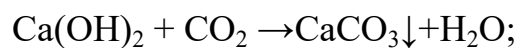
В случаях, когда модуль основности M₀ ≥ 1, т.е. доменный шлак гидравлически активный, но его применение в подготовке искусственных

оснований не ограничивается, однако технология уплотнения иная, и сопровождается определенной выдержкой и поливкой водой.

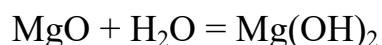
Таким образом, доменный шлак производства ОАО «ЧМК» с качественными показателями соответствующими представленными сертификатами качества, выданными ООО «РСП-М» не имеет ограничений в применении его для подготовки искусственных оснований зданий и сооружений.

В то же время сравнительный анализ химического состава, применяемых шлаков, с результатами многолетних исследований и нормируемыми показателями, приведенными в трудах известных ученых, указывают на неустойчивость структуры шлаков рассматриваемого типа, склонности материала к известковому, силикатному, марганцевому, магнезиальному и железистому распаду. Например,

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ – типичный основной оксид, который вступает в реакцию с водой, кислотами и углекислым газом:



Аналогично и оксид магния, который взаимодействуя с водой, образует гидроксид магния:



Основная часть минералов и стекловидная фаза описанных выше шлаков характеризуется высоким содержанием основных окислов, которые могут легко разрушаться кислотами, содержащимися в атмосферных осадках и техногенных стоках.

При замачивании шлаки набухают, вследствие соединения окиси кальция и магния с водой, при этом увеличение объема шлаков может составлять до 50% и более. Как показывает практика, способность к набуханию сохраняется до 40 лет. В соответствии с требованиями (СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений) обязательному учету при

проектировании объекта подлежат такие свойства шлака как неоднородность по составу, неравномерная сжимаемость, возможность набухания и усадки при замачивании и вибрационных воздействиях, за счет распада химических включений. Все указанные свойства должны быть подтверждены результатами испытаний в обязательном порядке. В исходных проектных данных такая информация не приведена.

Анализ проектных материалов свидетельствуют о том, что при разработке и устройстве оснований под фундаменты на объекте применяется шлак, использование которого допускается исключительно для оснований автомобильных дорог. Как известно [8-10], нагрузки на дорожное полотно, определяемые согласно (СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги), для которых допускается использовать шлак в соответствии с ТУ 14-11-196-86 по характеру и уровню воздействий существенно отличаются от нагрузок по (СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия), с учетом положений (СП 22.13330.2011) для зданий и сооружений.

Сведений о требованиях и возможности применения данного конкретного вида шлака, выпускаемого ОАО «Челябинским металлургическим комбинатом» для устройства оснований под здания и сооружения в нормативно-технической и научной литературе, отсутствуют либо их требования недостаточны.

Таким образом, проектирование оснований и фундаментов на объектах строительства с применением доменного шлака по ГОСТ 3344-83 (ТУ 14-11-196-86) должно осуществляться по «специальным техническим условиям» при обязательном наличии технического свидетельства о пригодности данного материала, выданного в установленном законом порядке, для конкретных условий строительства.

Литература

1. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол ишлаков в производствестроительных материалов. – М.: Стройиздат, 1984. – 246 с.
 2. Бикбау М.Я., Щеглова Н.Н., Максимов М.Б. Утилизация доменного шлака Череповецкого комбината в камнелитые плиточные изделия. // Строительные материалы. 1995. № 1. С. 18.
 3. Голубничий А.В. Камни бетонные стеновые на гранулированных металлургических шлаках и шлакощелочных вяжущих// Строительные материалы. 1994. №8. С. 24-25.
 4. Bozadjiev L., Dimova T. Blast furnace slag as a raw material for tiles // Tile and brick int. 1991. № 5. pp. 339-341.
 5. Spellman L.U. Granulated Blast Furnace Slag as a Mineral Admixture // Concrete International. 1982. № 4(7). pp. 66-71.
 6. Гончаров Ю.И., Гончарова М.Ю., Клименко В.Г., Иванов А.С. Композиты на основе низкоосновных доменных шлаков // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы пятых академических чтений РААСН. Воронеж: ВГАСА, 1999. С. 94-105.
 7. Гончаров Ю.И., Иванов А.С., Гончарова М.Ю., Евтушенко Е.И. Особенности фазовой и структурной неравновесности металлургических шлаков // Известия ВУЗов Строительство. 2002. №4. С. 50-53.
 8. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных микропористых грунтах. – М.: Стройиздат, 1968, – 165 с.
 9. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Логутин В.В, Кузнецов М.В. Проектирование оснований, усиленных структурными армоэлементами из цемента-грунта // Инженерный вестник Дона, 2011, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/336.
-



10. Крахмальный Т.А. Исследование влияния увеличения периметра ленточного фундамента на несущую способность основания // Инженерный вестник Дона, 2009, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2009/128

References

1. Volzhenskiy A.V., Ivanov I.A., Vinogradov B.N. *Primeneniye zol ishlakov v proizvodstvestroitel'nykh materialov* [The use of ash ishlakov in the production of building materials]. M.: Stroyizdat, 1984. 246 p.
2. Bikbau M.Ya., Shcheglova N.N., Maksimov M.B. *Stroitel'nyye materialy*. 1995. № 1. p. 18.
3. Golubnichiy A.V. *Stroitel'nyye materialy*. 1994. №8. pp. 24-25.
4. Bozadjiev L., Dimova T. *Tile and brick int.* 1991. № 5. pp. 339-341.
5. Spellman, L.U. *Concrete International*. 1982. № 4(7). pp.66-71.
6. Goncharov Yu.I., Goncharova M.Yu., Klimenko V.G., Ivanov A.S. *Sovremennyye problemy stroitel'nogo materialovedeniya: Materialy pyatykh akademicheskikh chteniy RAASN. Voronezh: VGASA, 1999. pp. 94-105.*
7. Goncharov Yu.I., Ivanov A.S., Goncharova M.Yu., Evtushenko E.I. *Izvestiya VUZov Stroitel'stvo*. 2002. №4. pp. 50-53.
8. Abelev Yu.M., Abelev M.Yu. *Osnovy proyektirovaniya i stroitel'stva na prosadochnykh mikroporistykh gruntakh* [Fundamentals of design and construction on subsidence microporous soils]. M.: Stroyizdat, 1968. 165 p.
9. Isayev B.N., Badeyev S.Yu., Logutin V.V., Kuznetsov M.V. *Inzhenernyy vestnik Dona (Rus)*, 2011, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/336.
10. Krakhmal'nyy T.A. *Inzhenernyy vestnik Dona (Rus)*, 2009, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2009/128