УДК 625.073(574)

ПЕСОК И ЩЕБЕНЬ ИЗ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ ДЛЯ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Рахимова Г.М., Тажибаева Д.М., Икишева А.О., Дадиева М.К., Дивак Л.А., Иманова М.А.

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: galinrah@mail.ru

Проведен анализ проблемы образования и путей утилизации техногенных отходов и рационального использования вторичных ресурсов предприятий черной металлургии. Рассмотрены вопросы об эффективных технологиях и внедрении специальных стандартов на использование большинства твердых отходов в промышленном, гражданском и дорожном строительстве. Затронуты вопросы утилизации отходов промышленности горно-обогатительных комбинатов и использовании их в производстве строительных материалов. Основными продуктами, получаемые из отходов обогащения железной руды, являются щебень и песок. Приведен анализ химического, минералогического состава отходов обогащения железной руды, а также сравнительный анализ физико-механических свойств щебня из естественного камня и щебня из отходов. Результаты показали, что предлагаемые материалы обладают физико-техническими характеристиками, не отличающимися от сырьевых материалов природного происхождения, а в некоторых случаях и превосходят их.

Ключевые слова: отходы обогащения железной руды, щебень, песок, мелкозернистый бетон

SAND AND RUBBLE FROM BENEFICIATION WASTES OF IRON ORES FOR FINE-GRAINED CONCRETE

Rakhimova G.M., Tajibaeva D.M., Ikisheva A.O., Dadieva M.K., Divak L.A., Imanova M.A.

Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: galinrah@mail.ru

The paper analyses the problems of generation and ways of utilization of technogenic wastes and rational use of secondary resources of ferrous metallurgy plants. The paper provides the issues of efficient technologies and introduction of special standards for the use of the majority of solid wastes in industrial, civil and road construction. The waste management issues in mining industry and processing plants and their use in the manufacture of building materials were touched. Crushed rock and sand are generally considered to be the main products of iron ore tailings. The analysis of the chemical and mineralogical composition of the tailings, as well as a comparative analysis of the physical and mechanical properties of crushed natural stone and rubble from waste has been carried out. The results indicate that there is no significant difference in physical and technical characteristics of the proposed materials and the raw materials of natural origin and in some cases they even showed better performance.

Keywords: industrial wastes, rubble, sand, iron ore

Горно-металлургический комплекс одна из базовых отраслей промышленности Республики Казахстан. Казахстан по производству железной руды занимает в мире 13 место, стали – 35-е. В Республике Казахстан эксплуатируется несколько месторождений железных руд с утвержденными запасами свыше 6 млрд т: Соколовско-Сарбайское месторождение (включая Качары) с утвержденными запасами более 2500 млн т и содержанием железа 38–43 %. В настоящее время оно является сырьевой базой Магнитогорского металлургического комбината. Лисаковское месторождение имеет утвержденные запасы более 3000 млн т, содержание железа 34–38 %.

АО «Соколовско-Сарбайское горнообогатительное производственное объединение» – крупнейшее в СНГ предприятие по добыче и обогащению железных руд. Основная продукция – офлюсованные железорудные окатыши и железорудный концентрат, поставляются в Республику Казахстан, Российскую Федерацию, Китай. Планируется к 2017 г. добыть до 52 млн т сырой руды и произвести 9,1 млн т ока-

тышей, 8 млн т концентрата и 2,4 млн т брикетов.

К числу важнейших проблем черной металлургии относятся накопление и использование техногенных отходов и вторичных ресурсов.

Анализ проблемы образования и путей утилизации техногенных отходов и рационального использования вторичных ресурсов предприятий черной металлургии показывает, что эти предприятия испытывают значительные экономические потери, связанные с накоплением твердых отходов. Расчеты показывают, что выход конечных продуктов горно-металлургического комплекса составляет лишь 2 % от общей массы. Все остальное – техногенные отходы, поэтому проблема их переработки, особенно в связи со значительным истощением запасов минерального сырья, становится сегодня ключевой для развития всего металлургического комплекса. Учеными и специалистами Республики Казахстан разработаны эффективные технологии и специальные стандарты на использование большинства твердых отходов (доменные шлаки, шламы,

золы и т.д.) в промышленном, гражданском и дорожном строительстве. Необходима координация усилий на государственном уровне для решения этих важнейших вопросов, имеющих системную основу, для устойчивого развития черной металлургии Республики Казахстан и снижения экологической напряженности в регионах.

При сложившейся преимущественно ресурсно-сырьевой системе природопользования экстремально высоки техногенные нагрузки добывающих и перерабатывающих предприятий, промышленных зон на экологически уязвимые природные системы и проживающее в них население. В период реформирования экономики в результате ненадлежащего учета экологической ответственности на некоторых ликвидируемых предприятиях остались отходы без надлежащего контроля.

Срок службы горнодобывающих предприятий тесно связан с запасами полезных ископаемых в недрах, и после их истощения предприятие ликвидируется, и весь груз проблем с отвалами, хвостохранилищами и брошенными горными выработками возлагается на плечи государства в виде исторических загрязнений, в том числе «бесхозных».

Однако многие исследования в области строительной технологии показывают, что возможно использование отходов производства при получении материалов в различных областях стройиндустрии. Например, в качестве пленкообразующих веществ могут применяться метастирольный латекс СКМС-30РН (ОАО «Карбид»), каменноугольный пек и каменноугольная смола побочные продукты (фирма «Митталстил-Темиртау»), вторичный полистирол (АО «Полипропилен»), инден-кумароновая смола и каучук СКН-18 (AOOT «Карагандарезинотехника»). В качестве растворителей возможно использование толуола (фирма «Митталстил-Темиртау»), растворителей P-646, P-647 и Э-80 (АО «Карбид»).

Большой интерес для производства средств защиты металла от коррозии представляют так называемые киры — природные битуминозные породы, залегающие в районах разведанных запасов нефти и газа Казахстана на территории Атырауской, Мангистауской, Актюбин-ской и Уральской областей. Киры — это пески, песчаники и другие осадочные породы, пропитанные битуминозными веществами. Из спектра природных сырьевых материалов отходов и побочных продуктов промышленности Казахстана, с точки зрения их применимости как компонентов антикоррозионных материалов, выбраны полистирол, инден-

кумароновая смола, каучук СКН-18, битум (выделенный из киров), толуол, фосфогипс, гранулированный фосфорный шлак. В качестве пластификатора применяли дибутилфталат, добавками ингибирующего и пассивирующего действия служили сернокислый цинк, двухромо-вокислый натрий, алюминиевая пудра [1].

В целях недопущения появления новых загрязнений необходимо разработать и внедрить правовые, экономические и иные механизмы, исключающие их появление, и экономическое использование природных ресурсов за счет вовлечения отходов в хозяйственный оборот. Отходы производства продолжают оказывать негативное воздействие на окружающую среду [3].

Отходами обогащения железных и марганцевых руд являются вмещающие породы, которые возможно выделять по мере раскрытия рудных и нерудных слоев и минералов. От текстурно-структурных особенностей перерабатываемых руд зависит крупность дробления и измельчения.

Горно-обогатительные комбинаты, как и мелкие предприятия, представляют собой комплекс сооружений, обеспечивающий добычу, дробление, обогащение руды, складирование концентратов и отходов обогащения.

На всех горно-обогатительных комбинатах разработка месторождений производится открытым способом, при котором из недр извлекаются огромное количество вскрышных пород, окисленные и некондиционные руды, а также пустые породы, которые складируются в отвалах. Количество вскрышных пород, накопленных в отвалах, исчисляются миллиардами кубических метров, поэтому использование их в качестве строительных материалов является одним из важных резервов комплексного использования сырья.

Хвосты, накопляясь в процессе многолетней эксплуатации комбинатов, занимают огромные площади плодородных земель, засоряют окружающие земли, чем наносится огромный ущерб сельскому хозяйству.

При обогащении железных руд после сухой магнитной сепарации получают отходы обогащения крупностью 0–10, 0–16, 0–20, 0–25, 0–40, 0–50 (70) мм.

По минералогическому составу отходы обогащения руд представлены железистыми карбонатами и силикатами [4].

Основными продуктами, получаемыми из отходов обогащения, являются щебень и песок различной крупности.

Щебень — материал крупностью более 5 мм, получаемый разделением на фракции отходов обогащения сухой магнитной сепарации и отсадки.

Песок — материал крупностью 0,14—3(5) мм, получаемый разделением на фракции отходов мокрой сепарации, флотации, и класс минус 5 мм, выделяемый сухой магнитной сепарацией. Тонкозернистый песок — материал крупностью менее 0,14 мм.

Щебень, полученных из отходов обогащения, используется для: производства тяжелых бетонов, строительства автомобильных дорог, устройства балластного слоя внутризаводских железнодорожных путей, создание искусственных оснований под фундаменты зданий, обратных засыпок, производства холодного асфальта.

При определении наиболее рациональных областей применения песков на основе хвостов обогащения руд необходимо исходить из фактической их крупности.

Пески крупностью плюс 0,14 используются в строительстве: в качестве мелкого заполнителя для приготовления тяжелого бетона и раствора, в асфальтобетонных смесях (в качестве заполнителя), для производства силикатного и шлакового кирпича, а также в качестве отощающей добавки для изготовления глиняного кирпича, в качестве балластного материала, при производстве деталей и конструкций широкой

номенклатуры для жилищно-гражданских промышленных зданий и сооружений.

Тонкозернистые пески крупностью менее 0,14 мм являются эффективным сырьем для автоклавного и безавтоклавного производства изделий и конструкций из тяжелого и ячеистого силикатобетонов, могут использоваться в асфальтобетонных смесях (в качестве минерального порошка) и для получения шлакового бесклинкерного цемента.

По технологическим и физико-механическим показателям ячеистые бетоны на тонкозернистых песках из отходов обогащения соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к ячеистым конструктивным и конструктивно-теплоизоляционным бетонам.

Несмотря на эффективность применения щебня и песка из отходов обогащения в строительном производстве, объемы их использования в настоящее время весьма незначительны [4].

Щебень и песок из отходов обогащения обладают рядом свойств, сходных со свойствами природного сырья, что подтверждается исследованиями. Химический и минералогический составы щебня представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1 Химический состав отходов обогащения

Горно-обогатительные комбинаты	${ m Fe}_{ m o6m}$	FeO	$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	MnO	Ь	S	TiO ₂	CO_2	Na ₂ O+K ₂ O	п.п.п	
Стойленский ГОК (г. Старый Оскол, Россия)	9,8–15,2	1,2–12,6	6,4–14,6	62,7–74,6	0,7–3,6	2,4–5,5	0,8–2,8	0,03-0,2	0,07-0,177	0,022-0,184	0,05-0,057	3,15–7,8	0,3–1,18	2,4–11,3	
ОАО ССГПО (г. Рудный, Казахстан)	8,3–13,4	1,3–10,8	5,3–12,4	78,9–79,1	1,9–2,7	0,9–1,2	1,8–2,3	0,04-0,1	0,133-0,15	0,05-0,10	0,04-0,048	2,5–2,71	0,18-0,4	4,2–4,7	

Сравнение физико-механических свойств щебня из естественного камня и щебня из отходов приведено в табл. 3.

Щебень из гранита и отходов обогащения имеет близкие физико-механические свойства. Щебень из отходов обогащения характеризуется высокой прочностью на сжатии — до 130 МПа, морозостойкостью (50–100 циклов попеременного замораживания и оттаивания), прочностью на истирание 18–20%, т.е. относится к первой категории.

Многообразие факторов, влияющих на качество строительных материалов, предопределяет необходимость установления их практической ценности по совокупности всех факторов применительно для каждого вида строительных работ. Одним из способов оценки качества заполнителей бетона является непосредственное испытание их в бетоне.

Согласно исследованиям бетон на заполнителях из отходов обогащения имеет преимущества по ряду свойств по сравнению с бетоном на гранитном щебне. Эти преимущества проявляются в лучшем сцеплении бетона со стальной арматурой и в повышенном сопротивлении изгибу Горно-

обогати-

тельные

комбина-

ты Стойленский ГОК (г. Старый

Оскол, Россия) ОАО ССГПО (г. Руд-

ный, Казахстан)

Магне-

тит

Fe M Fe

2.0 | 2.4

M

2,8

2,6 | 1,9

железобетонных элементов. Бетон на заполнителях из хвостов обогащения после 50–200 циклов замораживания и оттаивания не имел каких-либо деформаций, потерь в массе или прочности. Плотность бетона на основе отходов обогащения железных руд на 1,2 –2,5% выше, чем плотность бетона на граните. Бетон на таком

Гематит

1,7

3,0 | 2,1

щебне предохраняет стальную арматуру от коррозии. Обработка бетона на щебне из хвостов обогащения в пропарочной камере при температуре 85–90°С и в автоклаве 170°С дает более высокие показатели прочности. Прочность на сжатие и растяжение при изгибе таких бетонов выше требований ГОСТ 26633-91.

Кварц

47.4

46,4 0,4

Минералогический состав щебня

Нерудные карбонаты

0.3

7,3

Апатит

0.1

0,4

Пирит

M | Fe

0,5 0,3

Желе-

зистые

силикаты

Fe

5.0

7,0

M

17.4

38,6

Желези-

стые кар-

бонаты

Fe

11.7

0,25

M

28.8

1,7

Таблица 2

Сумма

100

0,2

Fe

20.7

100 | 11,45

Суль-

фиды

M | Fe | M

Таблица 3
Сравнительная характеристика физико-механических свойств щебня из естественного
камня и щебня из отходов обогащения

Наименова- ние матери- алов	Плотность, кг/м³	Насыпная плотность щебня, кг/м³	Пористость, %	Пустотность, %	Водопоглощение, %	Содержание в щебне пласт. и иглов.зерен, %	Дробимость	Сопротивление щебня удару	Истираемость щебня в помолочном барабане, %	Прочность при сжатии куби- ков выпиленных из породы, МПа	Морозостойкость
Гранитный щебень ТОО Аманский щебеночный завод (Казах- стан)	2500–2900	1410	3,1	43,0	0,3-0,5	24	_	_	_	120	100
Щебень ОАО ССГПО (Ка- захстан)	3150	1665	0,3	47	1,5	12,5–16,0	_	_	19–19,4	123–151	100–150

Физико-механические свойства песков из отходов фракции плюс и минус 0,14 мм в сравнении с природными песками представлены в табл. 4.

Результаты сравнений прочностей тяжелых бетонов на естественном песке и песке из отходов обогащения железных руд показывают, что последние имеют более

высокую прочность на осевое растяжение и растяжение при изгибе. Повышение прочности составляет соответственно 22 и 11%. Прочность сцепления с арматурой для бетона марки 200 на песке из отходов обогащения и естественной равна соответственно 3,3 и 3,1 МПа, а для бетона марки 400–5,2 и 4,3 МПа [3].

	Таблица -
Сравнительная характеристика физико-механических свойств песка	
из отходов обогащения и природного	

Материалы	Модуль крупно- сти	Удельная поверх- ность, см ² /г	Насыпная плотность, кг/м ³	Плот- ность, г/см ³	Пустот- ность, %	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %
Отходы обогатительных фабрики ОАО ССГПО (г. Рудный)	0,02-0,5	1000–4875	1200–1400	2,7–3,0	40–60	0,9–5,0
Песок тонкозернистый крупностью менее 0,14 мм	0,02-0,1	1000-5500	1050–1100	2,8-3,0	60–63	4,9
Песок крупностью плюс 0,14 мм	1,7–3,5	100–450	1460–1550	2,7–2,85	43–49	1,8–2,8
Песок природный речной (Тарановское II месторождение Костанайская область)	1,3–1,6	100–490	1350–1400	2,7–2,8	43–48	1,5–5,0

Результаты исследований показали, что водопоглощение, плотность, пористость бетона на продуктах из отходов обогащения руд не отличаются от бетона на природном песке, а по морозостойкости и водонепроницаемости даже их превосходят [2].

Отходы обогащения железных представляют собой огромный техногенный сырьевой запас для производства искусственных мелких заполнителей, а также микронаполнителя. Результаты исследований показывают, что предлагаемые материалы обладают физико-техническими характеристиками для производства мелкозернистого бетона, не отличающимися от сырьевых материалов природного происхождения, а в некоторых случаях и превосходят их. При этом 1 м³ готового изделия из техногенных заполнителей будет на 20% дешевле изделий на природном сырье, так как в этом случае исключаются расходы на добычу сырьевых материалов. Таким образом, можно совместить экономическую целесообразность введения отходов обогащения руд в производство строительных материалов с решением проблемы утилизации отходов горно-обогатительных комбинатов.

Список литературы

1. Абсиметов В.Э., Гуторов А.А., Калмагамбетова А.Ш., Круподер В.А. Разработка антикоррозионных материалов с применением сырьевых ресурсов и отходов предприятий металлургической и нефтеперерабатывающей отраслей // Промышленное гражданское строительство. — 2007. — № 8. — С. 19—21.

- 2. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М.: Стройиздат, 1984. 672 с.
- 3. Барышников В.Г. Вторичные ресурсы черной металлургии. Справочник / В.Г. Барышников, А.М. Горелов. М.: Экономика, 1986. 344 с.
- 4. Институт металлургии и обогащения. http://kz.mofcom. gov.cn/sys/ print.shtml?/ ddgk/zwcity/ d/201010/20101007169552 (дата обращения 08.10.2013).
- 5. Шевченко Б.Н. Конструкции из бетонов на основе отходов обогащения железных руд. Киев: Выща шк., 1989. 192 с.

References

- 1. Absimetov V.E., Gutorov A.A., Kalmagambetova A.Sh., Krupoder V.A., Razrabotka antikorrozionnykh materialov s primeneniyem syryevykh resursov i otkhodov predpriyatij metallurgicheskoj i neftepererabatyvayushchej otraslej. Promyshlennoye grazhdanskoye stroitelstvo. 2007, no. 8, pp. 19–21.
- 2. Bazhenov Yu.M., Komar A.G. Ttekhnologiya betonnykh i zhelezobetonnykh izdelij. Moscow, Strojizdat, 1984. 672 p.
- 3. Baryshnikov V.G., Gorelov A.M. Vtorichniye resursy chemoj metallurgii. Spravochnik. Moscow, Ekonomika, 1986. 344 p.
- 4. Institut metallurgii I obogochsheniya, available at: http://kz.mofcom.gov.cn/sys/print.shtml?/ddgk/zwcity/d/201010/20101007169552 (data obraschsheniya 08.10.2013).
- 5. Shevchenko B.N. Konstrukcii iz betonov na osnove otkhodov obogachsheniya zheleznykh rud. Kiev, Vyshha shk., 1989. 192 p.

Рецензенты:

Шайкежан А., д.т.н., профессор Карагандинского государственного технического университета, г. Караганда;

Байджанов Д.О., д.т.н., профессор Карагандинского государственного технического университета, г. Караганда.

Работа поступила в редакцию 06.11.2013.