

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа экономики и управления
Кафедра «Экономика и управление на предприятиях строительства и
землеустройства»

Оценка эффективности переработки отходов металлургического
производства для последующего использования при производстве
строительных материалов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–38.03.01. 2018.580 ПЗ ВКР

Научный руководитель,
старший преподаватель
_____ Ф.А. Зырянов
_____ 2018 г.

Автор работы студент
группы ЭУ-505
_____ Н.Н. Саъдиев
_____ 2018 г.

Нормоконтролер, старший
преподаватель
_____ А.А. Васильченко
_____ 2018 г.

Челябинск 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ.....8

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ОТХОДОВ.....
.11

1.1.Основная характеристика твердых промышленных отходов.....11

1.2.Твердые промышленные отходы металлоперерабатывающих
производств и их
переработка.....
.....14

2. ОСНОВНЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ОТХОДЫ,
ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ.....25

2.1. Металлургические шлаки.....25

2.2. Производство строительных материалов из металлургических
шлаков.....
...30

3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ.....
.....47

3.1. Концепция безотходного производства.....47

3.2. Повышение эффективности переработки металлургических
шлаков.....
...51

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....70

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....72

АННОТАЦИЯ

Саъдиев Н.Н. Оценка эффективности переработки отходов металлургического производства для последующего использования при производстве строительных материалов. – Челябинск: ЮУрГУ, ЭУиИ, 2018, С., 72 , 12 табл, библиогр.список – наим., 10 л. раздаточного материала ф. А4

Несмотря на важность проблемы переработки металлургических отходов, до настоящего времени в отечественной науке и практике не разработан единый подход определения и оценки переработки металлургических шлаков. Цель работы – оценка эффективности переработки металлургических отходов в технологии строительных материалов.

Рассмотрена концепция безотходного производства металлургических заводов. Произведена оценка эффективности переработки металлургических отходов в технологии строительных материалов. к наиболее значимым элементам научной новизны относятся: Уточнено понятие металлургических отходов при производстве строительных материалов. Рассмотрены основные способы и оборудование для переработки металлургических шлаков.

ВВЕДЕНИЕ

XX век принес человечеству немало благ, связанных с бурным развитием научно-технического прогресса, и в то же время поставил жизнь на Земле на грань экологической катастрофы. Рост населения приводит к увеличению образования бытовых отходов, интенсификация добычи ископаемых и связанные с этим увеличение промышленных отходов, загрязняющих Землю, приводит к коренным изменениям в природе, и отражаются на самом существовании человека.

В последнее время острой проблемой, имеющей приоритетное социальное и экономическое развитие, является продолжающиеся загрязнения природной среды твердыми, жидкими и газообразными отходами производства и потребления, вызывающими деградацию окружающей среды

Существует классификация отходов по их химической природе, техническим признакам образования, возможности дальнейшей переработки и использования и в нашей стране отходы характеризуются по пяти классам опасности, от чего зависят затраты на их переработку и захоронение. Класс опасности устанавливается с целью определения безопасных способов и условий размещения, перемещения, обезвреживания отходов.

При современном уровне науки и техники невозможно исключить образование не утилизируемых, не подлежащих сжиганию, не поддающихся нейтрализации токсичных отходов. В этом случае целесообразно захоронение такого рода отходов в специально создаваемых для этих целей хранилищах, для их использования в будущем.

Актуальность темы. Ежегодно на территории России образуется около 7 млрд. тонн всех видов отходов, из которых в той или иной мере используются лишь 2 млрд. тонн. На территории страны в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд. тонн отходов, причем токсичных из них более 1,4 млрд. тонн.

Сравнение данных классов опасности отходов установленных расчетным методом и определенных экспериментальным путем методом биотестирования. Наука и техника начала третьего тысячелетия развивается в темпах геометрической прогрессии, не является исключением и промышленность как одна из самых масштабных сфер деятельности человека.

Промышленность России, так или иначе, развивается все более стабильно и целенаправленно. В связи с не безупречностью технологических процессов на данном этапе неизбежно негативное воздействие промышленности на окружающую среду, промышленных отходов как компонента данного воздействия. Ежегодно во всем мире и в нашей стране миллиарды тонн твердых отходов поступает в биосферу, нанося тем самым непоправимый урон как живой, так и неживой природе.

Цель работы - оценка эффективности переработки отходов металлургического завода в технологии строительных материалов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- 1) Дать характеристику твердых промышленных отходов;

- 2) Определить твердые промышленные отходы металлоперерабатывающих производств и их переработку;
- 3) Охарактеризовать металлургические шлаки;
- 4) Рассмотреть производство строительных материалов из металлургических шлаков;
- 5) Рассмотреть концепцию безотходного производства;
- 6) Повышение эффективности переработки металлургических шлаков

Предмет работы - металлургические заводы, перерабатывающие отходы в строительные материалы.

Объект работы - эффективность переработки отходов металлургического завода.

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

1.1. Основная характеристика твердых промышленных отходов

Промышленные отходы являются неоднородными, сложными поликомпонентными смесями веществ, обладающими различными физико-химическими свойствами, представляют токсическую, химическую, биологическую, коррозионную, огне- и взрывоопасность. Существует классификация отходов по их химической природе, технологическим признакам образования, возможности дальнейшей переработке и использования. В нашей стране вредные вещества характеризуются по четырем классам опасности, от чего зависят затраты на переработку и захоронение:

1. Чрезвычайно опасные. Вещества, содержащие ртуть и ее соединения, в том числе сулему, хромовокислый и цианистый калий, бенз-а-пирен и др. Это особотоксичные сильнодействующие ядовитые соединения.

2. Высоко-опасные. Вещества, содержащие хлористую медь, содержащиеся сульфат меди, щавелевокислую медь, соединения свинца.

3. Умеренно-опасные. Вещества, содержащие оксиды свинца, хлорид никеля, четыреххлористый углерод.

4. Малоопасные. Вещества, содержащие сульфат магния, фосфаты, соединения цинка, отходы обогащения полезных ископаемых.

Принадлежность к группам определяется по классификатору промышленных отходов, расчетным путем, если известны гигиенические параметры вещества и экспериментальным путем. Отходы всех классов опасности делятся на твердые, пастообразные, жидкие, пылевидные или газообразные:

- твердые отходы: пришедшая в негодность тара из металлов, дерева, картона, пластмасс, обтирочные материалы, отработанные фильтроматериалы, обрезки полимерных труб, кабельной продукции.
- пастообразные: шламы, смолы, осадки с фильтров и отстойников от очистки емкостей теплообменников.
- жидкие: сточные воды, содержащие органические и неорганические вещества, не подлежащие приему на биоочистку ввиду высокой токсичности.
- пылевидные(газообразные): сдувки от дыхательных трубок емкостного оборудования, выбросы из участков обезжиривания, окраски продукции.

По химической устойчивости отходы различаются: взрывоопасные, самовозгорающиеся, разлагающиеся с выделением ядовитых газов, устойчивые. Все промышленные отходы делят на утилизируемые и не утилизируемые. Утилизируемые промышленные отходы не подлежат уничтожению или захоронению, а должны быть использованы в народном хозяйстве как топливо, стройматериалы, удобрения, исходное сырье для повторной переработки или регенерации отходов с целью получения вторичного сырья. Захоронение не утилизируемых отходов определяется их потенциальной опасностью для здоровья населения. В настоящее время не утилизируемые промышленные отходы в стране делятся на пять классов

опасности с учетом их токсичности, влияния на окружающую среду и технологии обезвреживания промышленных отходов на полигонах.

К I классу относятся особо токсичные сильнодействующие ядовитые соединения. Их прием и захоронение производят в металлических контейнерах.

К II классу относятся жидкие отходы с минеральными загрязнениями (кислоты, щелочи, соли, гидроокиси тяжелых металлов). Нейтрализуются в котлованах за счет взаимного смешения и добавления реагентов.

К III классу относятся условно-твердые отходы, в том числе пастообразные, которые смешиваются с опилками. Сгущенные таким образом отходы помещают в котлован и изолируют сверху слоем грунта.

К IV классу относятся жидкие отходы, содержащие органические загрязнения с ХПК около 25000 мг/л. Эти отходы частично испаряются в процессе сжигания органических загрязнений.

К V классу относятся не утилизируемые нефте-маслоотходы, которые содержат до 80% воды и до 10% грунта и механических включений. Обезвреживаются эти отходы сжиганием.

Твердые промышленные отходы следует подразделить на следующие основные группы:

- отходы металлоперерабатывающих производственных подразделений;
- отходы металлургических производственных подразделений;
- отходы стекольных и керамических производств;
- отходы при производстве полимерных материалов синтетической химии (в том числе отходов резины резинотехнических изделий);
- отходы из природных полимерных материалов (отходы древесины, картона, целлюлозно-бумажные отходы, отходы фиброина, кератина, казеина, коллагена);

- ОТХОДЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ;
- ВОЛОКНИСТЫЕ ОТХОДЫ;
- РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ.

1.2. Твердые промышленные отходы металлоперерабатывающих производств и их переработка

Металлоперерабатывающие производственные подразделения имеют даже при неполной загрузке большое количество металлической стружки и пыли. Металлическая стружка и металлическая пыль образуется при механической обработке, заготовке, при заточке, шлифовке изделий.

Зачастую на одном и том же оборудовании, на одном и том же станке могут образовываться отходы разных металлов, так как обрабатываются заготовки из разных металлов. Для отделения отходов разных металлов можно использовать магнитные свойства отходов железа. Притягиваясь к магниту стальные опилки отделяются от других металлических отходов и собираются отдельно в соответствующей таре. Далее они направляются на переработку.

В частности из однотипной стружки можно способом горячей штамповки при $t=+1000-1200^{\circ}\text{C}$ получать монолитную деталь не требующую дальнейшей обработки. Преимущество горячей штамповки: работа при более низких температурах (огромная экономия энергетики), отсутствие потерь,

100% использование ТПО. ТПО из нержавеющей стали собираются в отдельную тару и ни в коем случае их нельзя смешивать с другими металлическими отходами. После сбора такие ТПО направляются на переработку.

Во ВНИИ твердых сплавов разработан способ утилизации металлической стружки, который заключается в том, что стружка не перерабатывается в порошковую сталь. Это исключает дорогостоящий процесс литья, который для своего проведения требует значительного количества энергии. Этот способ может быть использован на любом металлоперерабатывающем производстве. Согласно этого способа, металлическая стружка, отмытая от масел в бензине или керосине, загружается в шаровую или в вибромельницу в среду этанола и размалывается до заданной степени помола. Полученный таким способом порошок замешивается в смесителе на растворе синтетического каучука в бензине и прессуется на 500-тоном прессе. Полученный таким образом полуфабрикат, обладающий значительной пористостью (около 30%), далее спекается в защитной атмосфере или в вакууме. С целью получения заданной формы заготовку подвергают горячей ковке или прокатке. Таким способом получают порошковую сталь с мелкими зернами.

В 80-х годах разработаны технологические приемы переработки ТПО сверхтвердых сталей, которые основаны на вакуумной и электрошлаковой переплавке в специальном пульсирующем магнитном поле. Проведенные в то время специальные исследования показали, что электрошлаковый переплав ТПО сверхтвердых сталей в пульсирующем магнитном поле – эффективный способ восстановления изношенного инструмента для горячей штамповки.

Брак, литники, металлическая стружка после механической обработки являются хорошим материалом для приготовления шихты. В то же время применение для плавки одних отходов не рекомендуется, так как при этом

может повыситься газонасыщенность металла и увеличится содержание окислов. При этом количественное содержание отходов, вводимых в плавку не должно превышать 35-40% от общей массы шихты. Если требуется проведение нескольких литейных сплавов, то нужно строго следить, чтобы не производилось смешивание ТПО металла различного состава. Поэтому возврат (ТПО металла) следует хранить строго по сплавам, ни в коем случае не допуская даже ошибочного разового смешения, в четко замаркированной таре и в разных местах для разного сплава так, чтобы случайное смешение свести к минимуму.

Для литейного производства характерно одновременное движение большого количества металла, песка и вспомогательных материалов. Важным этапом литейного производства является регенерация отработанных формовочных смесей. Эта регенерация включает следующие стадии технологического процесса:

- Дробление кусковой использованной формовочной массы.
- Очистка от металлических включений.
- Просев с одновременным продуванием воздухом и отсосом пыли.
- Оттирка зерен песка от связующего.
- Повторное обеспыливание.

Дробление формовочной смеси производится в два этапа:

- 1) Предварительное дробление на валковых дробилках.
- 2) Окончательное дробление на роторных дробилках.

Очистка раздробленной формовочной массы от металла производится с помощью магнитных сепараторов. Наиболее удобным способом конструктивного исполнения такого сепаратора является установка электромагнитной очистки формовочных. Ее конструктивное исполнение позволяет полностью извлекать металлические частицы из отработанной и хорошо раздробленной формовочной смеси.

При дроблении, магнитной сепарации и обеспыливания разрушаются частично глинистые корки и пленки связующих с поверхностью частиц песка. Для окончательной очистки песка производится его пневморегенерация (т.е. регенерация струей воздуха). Весьма часто для очистки песка используется способ «кипящего» слоя. Для этого в движущийся слой песка вводят вращающиеся лопатки. При этом скорость воздуха рассчитывается так, чтобы частицы песка не уносились с воздухом, а находились в потоке во взвешенном состоянии, т.е. как бы кипели. Скорость движения песка регулируется так, чтобы период нахождения частицы песка был вполне достаточным для ее полной очистки.

Сложнее переводится регенерация жидкостекольных самоотверждающихся смесей. Для восстановления таких смесей применяется способ химического восстановления свойств песка, который основывается на селективном растворении в кипящем растворе щелочи. Концентрация щелочи 1-15%; время обработки = 1 час, температура +100°C; степень извлечения жидкого стекла не менее 70%. Эффективность процесса регенерации на основе селективного растворения позволяет его использовать не только с обычными материалами типа кварцит, но и с дефицитными продуктами, такими как например электрокорундом. Способ селективного растворения обеспечивает высокое качество регенерации. Содержание примесей в регенерированном продукте составляет: SiO₂-0,6%; FeO₃-0,12%; Na₂O-0,04%.

Переработка ТПО основных материалов литейного производства не решает всех проблем и в частности использования вспомогательных материалов. К таким материалам следует отнести золу и шлак, которые образуются при сжигании. Шлаки в зависимости от места добычи содержат различные ценные компоненты. Сварочные шлаки из нагревательных печей богаты железом. Поэтому, такие шлаки добавляются в шихту в доменных

печах для частичной замены руды с целью ее экономии. Шлаки, содержащие фосфор, могут использоваться в качестве минеральных удобрений.

Однако здесь следует обратить пристальное внимание на то, чтобы в таких продуктах не содержались канцерогенные вещества. Бездумно использовать практически любой продукт, содержащий ценный компонент ни в коем случае нельзя. Особенно это касается сырьевых материалов, где могут участвовать галогены хлор, бром. Опыт подсказывает, что в некоторых случаях шлаки с успехом могут применяться в медицинской практике. Доменные шлаки с учетом вышесказанной оговорки содержат ряд химических соединений серы, кальция, магния, железа. Растворяясь в воде и используя такую воду после проведения тщательного анализа, можно излечивать ряд болезней: невралгические заболевания, различные формы костно-суставных заболеваний. Но разумеется перед применением для лечения такую воду следует проанализировать на содержание канцерогенов в том числе и на супертоксианты. Без проведения таких анализов использовать шлаки для приготовления минерализованной лечебной воды нельзя. Кроме данного применения шлаки используются в качестве наполнителя в строительной индустрии для формирования из цементной смеси шлакоблоков.

Под понятием полиметалла понимается масса ТПО металла, которые состоят из нескольких сортов различных металлов, нанесенных электрохимическим путем. Часто основой изделия является железо или медь, а в качестве покрытия используются цветные и редкие или даже драгоценные металлы: золото, платина, серебро. Это относится в первую очередь ТПО от радиоэлектронных изделий, некоторых типов контрольно-измерительных приборов, некоторых электротехнических агрегатов.

Собранные в зависимости от вида ТПО таких изделий подвергаются переработке в гальваническом производстве, где производится снятие металлических покрытий послойно электрохимическим способом. Например,

олово и его сплавы снимаются в растворе, содержащем 50-100 г/л NaOH при температуре +60-70°C. Серебряное покрытие удаляется смесью концентрированных азотной и серной кислот. Способы переработки солей серебра основаны на получении хлористого серебра AgCl, который при его образовании всегда выпадает в осадок. Металлическое серебро снятое с тонких поверхностей полиметаллов растворяются в азотной кислоте в виде азотнокислого серебра – AgNO₃ и также осаждаются далее из раствора подачей соляной кислоты и образованием осадка хлористого серебра AgCl. Далее после ряда preparаций (промывка водой, подкисление соляной кислотой HCl) осадок кипятят с цинком. После окончания реакции восстановления серебра, его отделяют от цинка и после ряда химических стадий очистки получается чистый готовый продукт.

Снятие золота с поверхности полиметалла производится также определенным химико-технологическим приемом с применением азотной кислоты. Работы выполняются при эффективной работающей тяге с вытяжкой воздуха для того, чтобы свести к минимуму выброс оксидов азота, которые должны улавливаться сорбентом (активированным углем или другим поглотителем).

Другой способ снятия золота заключается в обработке полиметаллических поверхностей раствором щелочи. Для этого поверхность полиметалла несколько раз обливается горячим раствором щелочи. Диффузия раствора щелочи нарушает адгезию (прилипание) с другим основным металлом и золотое покрытие снимается в воде губкой или щеткой. Если материал основной металлической поверхности медь, то вышеописанная обработка оказывается неэффективной. Изделие из полиметалла, где основная поверхность медь с целью отделения золота от меди направляется на соответствующее медеплавильное производство, где металлы разделяются обычным способом.

Следует отметить, что коэффициент использования металла в бывшем Советском Союзе по данным 1990г., составила всего 0,7, то есть 70%. Таким образом ~30% металла шло по данным 1990г. В так называемые отходы. Сейчас, очевидно, этот коэффициент только снизился для всех видов металла. Это конечно не допустимо. Использование вторичного сырья на сегодня приобретает еще большую значимость, так как крайне дорогими оказываются цены на энергетику. Использование ТПО черных и цветных металлов вместо руды дает значительную экономию энергетики в процентах:

- алюминия – 95%
- меди – 83%
- свинца – 64%
- цинка – 60%
- стали – 74.%

Очень много металла идет на создание стихийных несанкционированных свалок ТП.

ТПО металлургических производств можно несколько условно подразделить на 2 группы:

- ТПО в черной металлургии.
- ТПО в цветной металлургии.

Отходы в черной металлургии образуются уже на стадии добычи руды. При этом следует отметить, что ~ 70% вскрытых пород и отходов обогащения можно использовать для производства строительных материалов. Агломерационные производства также дают большой процент отходов. Так очистка агломерационных газов от пыли, которая содержит железосодержащий компонент осуществляется сухим или мокрым способом. Очистка газа с использованием электрофильтров и способ сухой транспортировки сорбируемой пыли позволяет устранить почти полностью сброс сточных вод.

Важным шагом использования шламов, содержащих железо и улавливания всеми способами пыли является присадка этих шламов к агломерационной шихте. Кроме того, необходимо, чтобы все шлаки и пыль, улавливаемые всевозможными способами полностью утилизировались по прямому назначению. Из мировой практики известно, что в ряде стран Европы пыль из рукавных фильтров ферросплавленных печей используется для выплавки углеродистого ферромарганца.

В черной металлургии применяется большое количество огнеупорных материалов, которые сравнительно быстро изнашиваются. Поэтому для того, чтобы использовать их повторно, предложена технология применения этих изношенных состарившихся огнеупорных материалов в производстве огнеупорного бетона в строительной отрасли производства.

Для этого огнеупорные состарившиеся материалы дробятся, а затем смешиваются с высокими марками цемента и замешивается обычный цементный раствор в 2-х лопастном смесителе Вернера – Пфлейдерера. Раздробленные огнеупорные материалы служат наполнителем в таком строительном растворе. Из полученного раствора формуется огнеупорный бетон или отдельные огнеупорные изделия.

В металлургическом производстве 80% от общего количества ТПО составляют шлаки. Шлаки определяют практически сущность организации безотходного металлургического производств. Доменный шлак широко применяется для массового производства широкого ассортимента строительных деталей (блоков, плит и т.п.). Главными товарными изделиями для реализации из ТПО металлургии являются следующие (в процентах):

- Различные виды гранулированного шлака – 54;
- Щебень – 35;
- Шлаковая пемза – 3,6;
- Обратный продукт для металлургии – 4.

В значительной степени используются и перерабатываются доменные шлаки. Все нормальные серьезные металлургические производства имеют участки по переработке доменных шлаков. Особенно важным товарным продуктом, получаемым на основе доменных шлаков, есть гранулированный шлак. У нас в 90-х годах около 30% цемента производилось на основе шлаков. При условии введения в шихту до 30% шлака энергетические затраты на производство особых видов шлакоцемента снижаются на 20%.

Широко применяется шлак для получения такого продукта, как шлаковая пемза. Шлаковая пемза используется как пенистый наполнитель ряда конструктивных бетонов. При этом старение таких бетонов в отличие от наполнителей на основе синтетических полимерных материалов не сопровождается выделением каких-либо продуктов синтетической химии.

Тяжелые фракции шлаковой пемзы применяются для получения минеральной ваты. Шлаковый щебень, получаемый медленным охлаждением шлака, способствует образованию кристаллической структуры. Щебень получается из жидких шлаков, из остывших шлаков и из отвалов. Широкое применение шлакового щебня позволяет избежать строительства новых карьеров. В металлургических производствах работают установки по производству минеральной ваты из огненно-жидких шлаков. Использование жидких шлаков позволяет не только экономить сырье, но и снизить энергетические затраты.

Трудоемкость производства минеральной ваты на основе жидких доменных шлаков ниже, чем изделий из щебня. За последние десятки лет возросла переработка шлаков сталеплавильного производства. Конвертерные шлаки, содержащие 40-50% CaO; 25% Fe₂O₃; 8% MnO₂; ~ 8% Fe используются для выплавки чугуна в аглошихте. Это восстанавливает имеющееся в шлаках содержание марганца, а дополнительное металлическое железо позволяет уменьшить потребность во флюсе.

В 90-е годы возросла переработка ферросплавных шлаков. Они перерабатываются на оборотный продукт для металлургии, для производства щебня, гранулированного шлака для стройиндустрии. При переработке шлаков из них извлекаются металлические включения различными способами в том числе магнитными сепараторами.

Ферросплавные шлаки, содержащие значительный процент ценнейших элементов и большой процент железа целесообразно использовать в самой металлургии. Использование при выплавке чугуна, содержащего существенный процент углерода, шлаков ферросилиция, смеси силикатов – 40-60%; корольков – 30-45%; и карбида кремния от 3 до 16% позволяет существенно увеличить производительность доменной печи и снизить расход кокса, при одновременном уменьшении расхода кварцита. Шлаки от производства марганцовых сплавов применяются при их производстве и при плавке чугуна. Это позволяет значительно экономить марганец в металлургическом производстве.

Примером безотходного производства в черной металлургии является бездоменный способ получения железа на Оскольском электрометаллургическом комбинате на основе высокосортных железных руд КМА. Применение бездоменной (бескоксовой) технологии получения стали обеспечивало в течение ряда лет отечественные предприятия высококачественной металлургической продукцией. Одновременно такая технология является более прогрессивной так как наносит меньше вреда окружающей природной среде.

При производстве цветных металлов также имеются ТПО. Так, например, обогащение руд цветных металлов расширяет применение предварительной концентрации в тяжелых средах, и различных видов сепарации. Процесс обогащения в тяжелых средах позволяет комплексно использовать сравнительно бедную руду на обогатительных фабриках, которые перерабатывают никелевые, свинцово-цинковые руды и руды других

металлов. Легкая фракция, получаемая при этом, используется в качестве закладочного материала на рудниках и в строительной индустрии. В Европейских странах используются отходы, образующиеся при добыче и обогащении медной руды, для закладки выработанного пространства и опять таки в производстве строительных материалов, в дорожном строительстве.

При условии переработки бедных низкокачественных руд широкое распространение получают гидрометаллургические процессы, которые используют сорбционные, экстракционные и автоклавные аппараты. Для переработки ранее выбрасываемых трудноперерабатываемых пирротиновых концентратов, которые являются сырьем для получения никеля, меди, серы, драгоценных металлов существует безотходная окислительная технология, проводимая в аппарате-автоклаве и представляющая из себя экстракцию всех основных вышеназванных компонентов. Эта технология используется на Норильском горно-обогатительном комбинате. Из отходов заточки твердосплавного инструмента, шлаков при производстве алюминиевых сплавов также извлекаются ценные компоненты. Нефелиновые шламы при производстве цемента также используются и позволяют повысить производительность цементных печей на 30% при снижении расхода топлива. Почти все ТПО цветной металлургии можно использовать для производства строительных материалов. К сожалению, пока еще не все ТПО цветной металлургии используются в строительной индустрии.

В ряде стран восточной Европы внедрена практически безотходная технология переработки бокситов, утилизируется так называемый красный шлам, уменьшены потери при производстве щелочных металлов. По специально разработанному технологическому процессу получают глинозем, оксиды железа, продукты для цементной промышленности. На Челябинском электролитном заводе действует гидрометаллический способ переработки цинкового сырья по практически безотходной технологии. На этом предприятии высоки показатели извлечения металлов, серы. .

Известно, что затраты на минеральное сырье в цветной металлургии составляют более 70% всех затрат на производство продукции. Сложный состав сырья, перерабатываемого на производствах цветной металлургии и низкое содержание полезных компонентов, создают условия для образования самых больших в добывающей отрасли отходов от добычи руды до переработки.

Однако, несмотря на ряд положительных фактов в наше трудное переходное время много действующих предприятий работает по старой традиционной технологии переработки сырья, предусматривающей полезное использование только сравнительно незначительной части сырья. Сейчас это особенно усилилось, так как, во-первых, сократились или полностью приостановлены все исследовательские работы по комплексному использованию сырьевых ресурсов и переработке всех отходов. Во-вторых, значительно снижены требования природоохранных организаций к выполнению ряда работ по разработке безотходных технологий. В-третьих, для полной реализации результатов исследовательских работ из большинства предприятий металлургического производства нет материальных средств, как и во всех других отраслях народного хозяйства.

2. ОСНОВНЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ОТХОДЫ, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1. Металлургические шлаки

Металлургическими шлаками называют легкоплавкие силикатные материалы, которые получают в виде отходов при выплавке металлов из руд. Они образуются в виде расплава различных окислов в процессе выплавки, рафинирования и переплавки металлов и их сплавов. Классификация металлургических шлаков приведена на рис. 1.

Шлаки являются сплавом окислов пустой породы, золы топлива и окислов флюсов, образующихся в различных металлургических печах как побочный продукт. Получаемое количество шлака на 1 т выплаваемого металла составляет при доменном процессе до 80 кг, мартеновском 30, конверторном — 18, ваграночном — 8 кг.



Рис. 1. Классификация металлургических шлаков

В зависимости от процесса, при котором получают шлаки, они различаются по химическому составу, температуре и вязкости в момент образования и выпуска, газонасыщенности и другим свойствам.

Обладая меньшими по сравнению с металлами объемной массой и текучестью, шлаковый расплав располагается над жидким металлом, что и позволяет отделять шлак от металла в процессе плавки.

В дорожном строительстве используют главным образом доменные, а затем мартеновские, медеплавильные, ферромарганцевые, электроплавильные, ваграночные, никелевые и другие шлаки.

В зависимости от химического состава и скорости охлаждения структура и прочность металлургических шлаков бывают различными.

Шлаки бывают высокой прочности и малопрочные. Однородные по окраске, плотные, кристаллической структуры шлаки обычно прочнее неоднородных, пористых и стекловидной структуры. Качество шлаков, особенно их способность к распаду, проверяют в лаборатории.

Шлаки содержат до 95% окислов Ca, Si и Al. CaO и в особенности Al₂O₃ придают шлаку гидравлические свойства, повышенное же содержание SiO₂ снижает их. Другие соединения — FeO, MgO, MnO, CaS, MnS — содержатся в небольшом количестве, но могут оказывать заметное влияние на свойство шлаков.

По соотношению основных окислов (CaO, MgO, FeO, MnO) к кислотным (SiO₂, Al₂O₃) шлаки характеризуют условным модулем основности:

- основные шлаки

$$M = \frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3} > 1, \quad (1)$$

$$M = (42+2)/(42+8) = 0,88$$

- кислые шлаки

$$M = \frac{CaO+MgO+Al_2O_3}{SiO_2} < 1, \quad (2)$$

$$M = (42+2+8)/42 = 1,2$$

- промежуточные шлаки

$$M = \frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3} < 1 \quad (3)$$

$$M=0,88$$

$$M = \frac{CaO+MgO+Al_2O_3}{SiO_2} > 1 \quad (4)$$

$$M = 1,2$$

Большинство металлургических шлаков имеют модуль основности $M = 0,7—1,6$, причем шлаки древесно-угольной плавки характеризуются модулями меньше единицы. Наиболее устойчивы кислые шлаки. Основные медленно охлаждающиеся шлаки обычно способны к самостоятельному

распаду, выражающемуся в растрескивании шлаковых глыб и частичном рассыпании в порошок.

Металлургические шлаки находят все более широкое применение в дорожном строительстве. В зависимости от качества и способов переработки они могут быть использованы для строительства простейших и усовершенствованных дорожных одежд.

В настоящее время ежегодный выход металлургических шлаков по стране составляет более 80 млн. т, из них более 30 млн. т ежегодно сливается в отвалы, в том числе сталеплавильные шлаки почти полностью сливаются в отвалы в количестве 18 млн. т в год. В отвалах имеется более 300 млн. т сталеплавильных шлаков.

Доменные шлаки — побочный продукт при выплавке чугуна из железных руд в доменных печах. Чугун и шлак образуются в доменной печи одновременно в процессе плавления компонентов шихты: руды, топлива и флюса — известняка или доломита. Шлаковый расплав, имеющий меньшую объемную массу, всплывает над чугуном. Чугун и шлак выпускают из доменной печи периодически. Вначале через верхнее отверстие (шлаковую летку) выпускают шлак, затем через нижнее отверстие (чугунную летку) сливают чугун. По мере слива чугуна его место занимает шлак, находившийся ниже шлаковой летки. Этот шлак выпускают через чугунную летку после слива чугуна. Шлак, выпущенный через шлаковую летку (верхний шлак), составляет 50—75% всего количества шлака. Шлак, выпускаемый через чугунную летку (нижний шлак), содержит чугун и поэтому при переработке требует специальных мер по отделению металлических включений. Шлак, выпускаемый из доменной печи, сливают в шлаковозные ковши и отвозят в места переработки или в отвал.

Состав и свойства доменных шлаков определяются составом железной руды, флюсов и топлива, технологическим процессом плавки, а также условиями остывания шлака.

В зависимости от режима охлаждения доменные шлаки разделяют на камневидные, гранулированные и стекловидные.

По строению (структуре) камневидные шлаки делятся на стекловидные, смешанные и кристаллические, по сложению — на плотные, пористые, ноздреватые и пемзоподобные.

Шлаки стекловидной структуры преимущественно кислые, характеризуются значительной твердостью и хрупкостью; излом раковистый, грани острые, режущие. Шлаки кристаллической структуры, как правило, плотные, характеризуются высокой прочностью, вязкостью; раскол правильный, шероховатый, грани острые и тупые. Шлаки смешанной структуры по сравнению с кристаллическими обладают меньшей вязкостью и прочностью.

Медленно охлажденные, закристаллизовавшиеся доменные шлаки в зависимости от химико-минералогического состава могут быть как устойчивые, так и распадающиеся с течением времени. Различают следующие виды распадов: силикатный, известняковый, железистый и марганцевый.

Силикатный распад возникает при переходе двухкальциевого силиката из бета-формы в гамма-форму. При этом происходит значительное увеличение объема вещества, что приводит к растрескиванию и распаду шлака в мучнистый порошок — шлаковую муку.

Известковый распад происходит при гидратации — «гашении» — пережога извести, в результате чего шлак самопроизвольно растрескивается на куски. Известковый распад более присущ мартеновским шлакам.

Железистый распад бывает при содержании соединений железа в пересчете на FeO более 1,5%; под влиянием влаги FeS переходит в $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{S}$ со значительным увеличением объема вещества (до 38%), что вызывает растрескивание шлака.

Марганцевый распад приводит к растрескиванию шлака в результате соединения во влажной среде марганца с сульфидной серой.

Камневидный кристаллический нераспадающийся шлак перерабатывается преимущественно в щебень, который используется в дорожных одеждах таким же образом, как и щебень природных каменных материалов.

Отвальные доменные шлаки получают в результате слива шлакового расплава в отвал и последующей разработки отвала, характеризуются большим разнообразием состава и свойства. Это вызывает необходимость тщательной сортировки разрабатываемых шлаков по устойчивости против распада, структуре, объемной массе и количеству посторонних примесей. Отвальный шлак представляет собой преимущественно кусковой материал с крупностью отдельных кусков до 100—120 мм. Куски большего размера составляют менее 15% объема всего шлака. Отвалы разрабатывают с таким расчетом, чтобы полученный щебень возможно больше был выдержан на открытом воздухе для освобождения его от распадающихся разновидностей и сернистых соединений.

Отвальные кислые доменные шлаки, переработанные (дробление и сортировка) на щебень, применяются для устройства щебеночных оснований и покрытий, для приготовления асфальтобетонной смеси, а также для устройства нижнего слоя цементобетонных покрытий.

2.2. Производство строительных материалов из металлургических шлаков

Производство цемента. Цементная промышленность использует шлак как активную минеральную добавку при производстве шлакопортландцемента – вяжущего вещества, твердеющего в воде и на воздухе. Шлакопортландцемент получают путем измельчения клинкера (обожженной до спекания смеси известняка и глины), доменного гранулированного шлака и гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Активные вещества, содержащиеся в шлаке, улучшают технические свойства цемента, повышают его качество и прочность изготовленных из него строительных конструкций. Это позволяет сократить расход шлакопортландцемента на 5% по сравнению с портландцементом при производстве бетона класса В-25, из которого делается до 80% всех сборных железобетонных конструкций.

Использование доменных шлаков при производстве шлакопортландцемента позволяет заменить глину, снизить в 1,2 — 1,6 раза расход известняка, увеличить объем производства цемента в 1,5 – 2 раза, снизить расход энергии на 40%, улучшить экологические характеристики в регионе.

Объемы использования доменных шлаков цементной промышленностью настолько велики, что их не хватает и проводятся работы по вовлечению в производство других металлургических шлаков (конвертерных, ферросплавных, мартеновских и др.).

При изготовлении цемента используют шлаки в гранулированном виде. В настоящее время грануляционные установки имеются на всех металлургических заводах.

Производство гранулированных шлаков. Грануляция шлаков – процесс производства стеклообразных гранул из жидкого шлака путем резкого его

охлаждения водой, паром, воздухом или другим газом. Размер получаемых гранул 1-5 мм.

Для последующего использования важны такие свойства гранулированных шлаков, как гидравлическая активность, способность к измельчению, влажность, гранулометрический состав.

Грануляция шлака производится либо у плавильного агрегата, либо на отдельно стоящих установках с транспортировкой к ним шлакового расплава в ковшах. Основная масса шлаковых расплавов пока перерабатывается во внепечных гидрожелобах, бассейновых и барабанных установках. Дробление шлака в этих установках производится водяной или водовоздушной струей. Установки потребляют большое количество воды, которая после использования нуждается в очистке.

В технологическом процессе в результате контакта воды с расплавленным шлаком образуется большое количество паро-газовой смеси, оказывающей неблагоприятное влияние на окружающую среду.

При бассейновом способе гранулирования шлака на качество гранул влияют режим охлаждения расплава, объем и температура воды в бассейне и даже погодные условия.

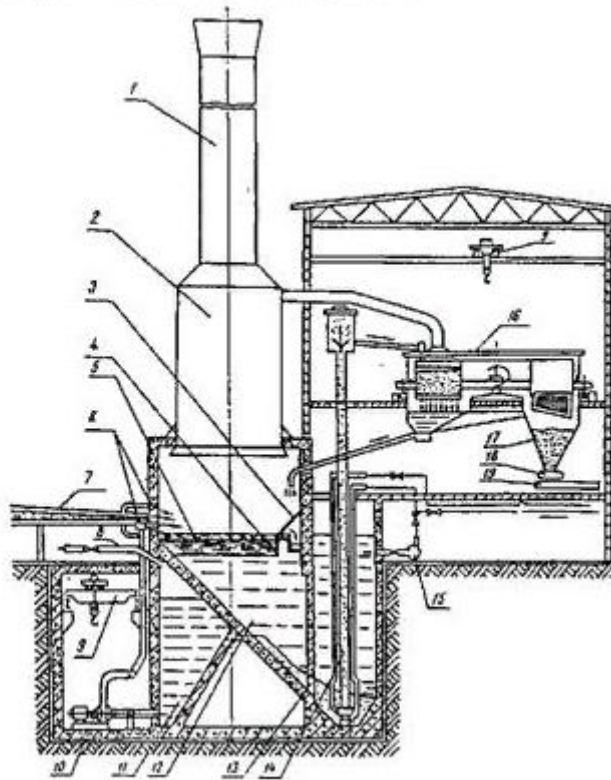


Рис. 2. Схема припечной гранулирующей установки шлака: 1 – вытяжная труба; 2 – скруббер; 3 – защитный экран; 4 – Скиммерная доска; 5 – решетка; 6 – гранулятор; 7 – шлаковый желоб; 8 – водовод подпиточной воды; 9 — мостовой кран; 10 – насос; 11 – камера оборотной воды; 12 – бункер-отстойник; 13 — окно; 14 – эрлифт; 15 — насос подачи воды на взмучивание; 16 ~ карусельный фильтр; 17 — промежуточный бункер; 18 – питатель; 19 — конвейер

Более прогрессивна припечная бесковшовая технология гранулирования шлака. При этом способе жидкий шлак из доменной печи по желобу 7 стекает в гранулятор б, состоящий из короткого лотка и гидронасадки, где струями воды дробится на частицы. Гранулы поступают в бункер-отстойник 12, откуда насосами (эрлифтом 14) перекачиваются в обезвоживатели. Обезвоживание осуществляется в специальных бункерах, оборудованных фильтрующими решетками 5, или в карусельных фильтрах 16, снабженных коробками с перфорированными откидными крышками. При вращении обезвоживателя каждая коробка проходит стадии заполнения

пульпой, фильтрации воды через отверстия в днище и разгрузки обезвоженного шлака в бункер 17. Установка герметична, паро-газовая смесь улавливается, очищается в скруббере 2 и удаляется в вытяжную трубу 1, а вода возвращается для повторного использования.

Технологические параметры процесса припечной грануляции шлака приведены ниже:

1) Температура шлака, °С = 1480-1620

2) Расход, т/мин:

- ТОС о «1-3» h z шлака = 8-13
- Воды = 30-60
- Давление воды, Мпа = 0,3 – 0,4
- Влажность гранул, % = 12-17
- Насыпная масса гранул, т/м³ = 0,9-1,2

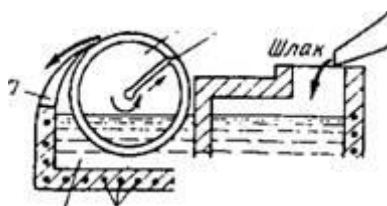


Рис. 3. Схема контактной грануляции шлака

Описанные способы грануляции шлака создают ряд экологических проблем в связи с содержанием в газовых выбросах токсичных газов и пыли, а в оборотной воде – извести, тиосульфатов и аммиака. Сброс такой воды в водоемы недопустим. Поэтому все установки гранулирования шлаков должны иметь в своем составе системы очистки воды и газов, что, естественно, удорожает стоимость готовой продукции.

В этом смысле более экологически чистой является контактная технология грануляции шлака (рис. 3). По этой технологии расплавленный шлак из шлакоприемника 1 по лотке 2 перетекает в ванну 3, где налипает на

барабан 4, наружная поверхность которого выполнена из змеевика 5, охлаждаемого водой. В зависимости от скорости вращения барабана толщина корки налипшего шлака составляет 2-15 мм. Шлак в ванне поддерживается в расплавленном состоянии за счет подогрева нагревателем 6, а налипшая отвержденная корка срезается шлакоснимателем 7, и полученные гранулы сбрасываются в бункер. Вода в змеевике превращается в пар, тепло которого может быть утилизировано.

Одним из способов утилизации шлаков является производство шлакобетона – легкого бетона, в котором в качестве облегченного заполнителя использован шлак. Причем вместо песка применяется мелкий гранулированный шлак, а в качестве крупного заполнителя (щебня) – кусковой топливный шлак. Шлак для изготовления армированного шлакобетона не должен содержать в больших количествах соединения серы (не более 3%) и частицы несгоревшего угля (не более 3%), так как при более высоком их содержании происходит коррозия стальной арматуры и снижение прочностных свойств конструкций.

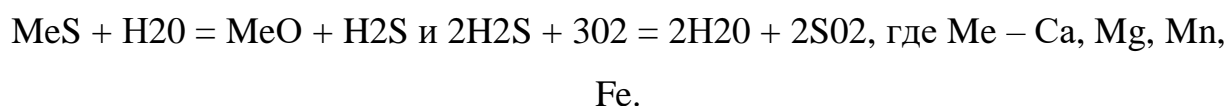
Объемная плотность шлакобетона составляет 1400 – 1600 кг/м, прочность при сжатии – до 10 Мпа. Его используют в строительстве для изготовления легких перекрытий, строительных блоков и камня, используемых для кладки стен.

Производство пемзы из доменных шлаков. При производстве легких бетонов и конструкций, а также теплоизоляционных засыпок используют термозит (шлаковую пемзу) – искусственный пористый заполнитель, получаемый вспучиванием расплавов металлургических шлаков при их быстром охлаждении ограниченным количеством воды с последующей кристаллизацией и отжимом образующейся пористой массы. Средняя плотность термозитного песка не превышает 1200 кг/м³. Термозитный щебень выпускается трех марок – с плотностью 400; 600 и 800 кг/м.

Использование термозита в качестве заполнителя для изготовления легких бетонов и теплоизоляционных строительных материалов позволяет снизить массу ограждающих конструкций зданий по сравнению с кирпичными на 10 – 15% и расход цемента на 15-20%.

Большинство свойств термозита зависит от его структуры. При содержании в нем 40-60% (масс.) микрокристаллических образований достигаются максимальные прочностные свойства материала. Чем больше размер пор, тем ниже прочность термозита и больше расход цемента при изготовлении бетонов с его применением.

Образование пор в расплавленном шлаке является следствием выделения газов при взаимодействии с водой сульфидов металлов, находящихся в шлаке. Химическая реакция протекает в два этапа:



Вода, помимо участия в реакции газообразования, выполняет роль охлаждающего агента и повышает вязкость шлака и его способность удерживать газы. Поэтому для правильной организации процесса необходим хороший контакт воды со шлаком.

Качество получающейся пемзы оценивается ее пористостью, от которой зависят прочность, морозостойкость, теплопроводность, жаростойкость и другие свойства. Пористость шлака определяется по формуле:

$$P_p = (1 - \rho^*/\rho_{\text{ш}})Ш, \quad (5)$$

Где Ш— пористость шлака, %; ρ_k — плотность пемзы в куске, г/см³; $\rho_{\text{ш}}$ – плотность исходного шлака в куске, см³.

Зависимость между плотностью пемзы в куске и насыпной плотностью выражается уравнением:

$$P_k = K/P_n, \quad (6)$$

Где K - коэффициент, обычно составляющий 1,6 - 2,5; p_n - насыпная плотность пемзы.

Существуют различные способы получения пемзы, из которых наиболее распространенным до недавнего времени был бассейновый, при котором шлак с температурой 1260 - 1320 °С обрабатывается в ваннах-бассейнах водой под давлением 0,08 - 0,1 МПа.

Вспучивание поступающего в бассейн шлака происходит в течение 2 — 3 мин за счет воздействия воды, подаваемой в бассейн под давлением через отверстия в его днище. Кристаллизация и формирование пемзы продолжаются 6-8 мин.

Расход воды составляет 0,2 - 0,4 м³/т шлака. После вспучивания получившуюся массу охлаждают в течение 3 - 5 ч до 100 — 150 °С на промежуточном складе, затем дробят на валковых дробилках и сортируют на грохотах.

Более прогрессивным является барабанный припечной способ получения пемзы (рис.4).

Шлак из ковша У сливается по наклонному желобу 2 в приемную ванну 3, где предварительно вспучивается под действием струй воды, выходящей из гидронасадки под давлением до 0,8 МПа. Затем вспучившаяся пластичная масса по направляющему лотку 5 подается на лопастной барабан 6, на наружной поверхности которого имеются перфорированные полые ребра. Вода, подаваемая внутрь барабана, за счет его вращения отбрасывается на цилиндрическую поверхность и через отверстия в ребрах

разбивает шлак на гранулы. Получаемая гранулированная пемза имеет размеры 8 - 16 мм и насыпную плотность 650 - 850 кг/м.

Несмотря на более высокий расход воды по сравнению с бассейновым способом, эта технология более экологична и эффективна, так как этот способ отличается небольшим выделением сернистых газов благодаря сравнительно короткому контакту горячих шлаков с водой.

Производство щебня из доменного шлака. До 20% образующихся доменных шлаков перерабатывается в щебень, который используется для устройства оснований всех видов дорог. Нулевую фракцию размером до 5 мм, которую называют шлаковой мелочью, обладающую вяжущими свойствами, используют при изготовлении монолитных шлакобетонных оснований.

Требования, предъявляемые к щебню, определяются областями его применения. Одним из важных показателей является морозостойкость щебня, за которую принимается количество циклов заморзания и оттаивания, выдерживаемых насыщенным водой щебнем без изменения прочности. Существующие марки щебня имеют морозостойкость 15, 25, 50, 100, 150, 200 и 300, т. е. выдерживают количество циклов замораживания-размораживания (МЗ.р), равное номеру марки. Для производства бетонов используют щебень с МЗ.р = 300. Формирование необходимой структуры щебня достигается регулированием скоростей слива и охлаждения расплавленного шлака. Получению кристаллической структуры способствует медленное охлаждение шлака.

Наиболее распространенным является траншейный способ производства щебня, при котором шлак сливается в траншеи около доменных печей. Технологическая схема производства щебня из доменного шлака показана на рис. 5.

Оптимальная толщина слоя шлака при сливе его в траншею составляет 100 — 200 мм. Обычно площадь траншей составляет на отечественных металлургических заводах 3-10 тыс. м.

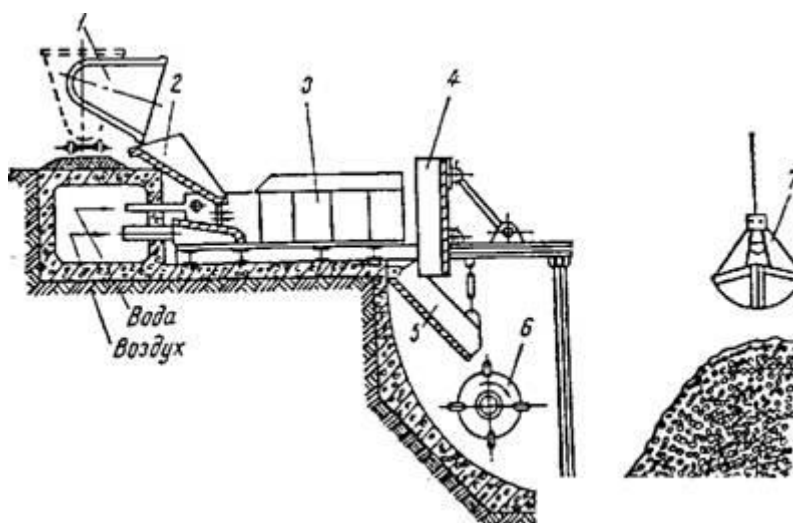


Рис. 4. Технологическая схема получения пемзы с применением лопастного барабана: 1 — ковш со шлаком; 2 - наклонный желоб; 3 - приемная ванна; 4 - экран; 5 - направляющий лоток; 6 - лопастной барабан; 7 — грейферный кран

В траншею сливают 25 - 40 партий шлака с интервалом 20 - 30 мин. После этого шлак медленно, в течение 3-4 сут, охлаждается, а затем застывший слой разрабатывается экскаватором и вывозится на дробление. Толщина слоя остывшего шлака составляет 4 - 5 м (высота реза экскаватора).

Металл

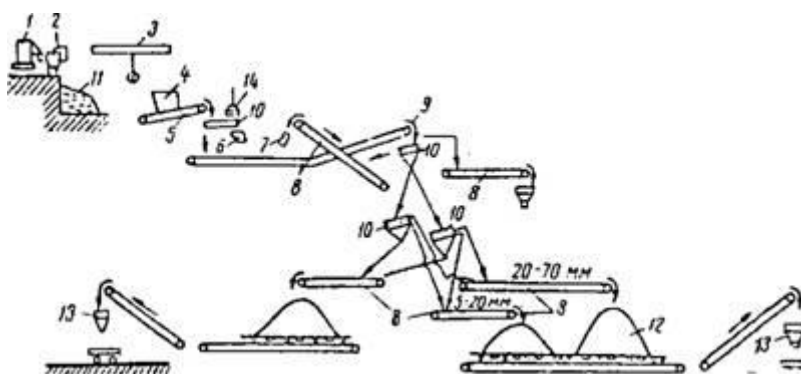


Рис. 5. Технологическая схема производства щебня из доменного шлака: 1 - самоходный копер; 2 - шлаковозный ковш; 3 - грейферный кран; 4 - приемный бункер; 5 - пластинчатый питатель; 6 - щековая дробилка; 7 - роторная дробилка; 8 - ленточный конвейер; 9 - электромагнитный шкив; 10 - грохот; 11 — промежуточный склад; 12 - склад готовой продукции; 13 - погрузочный бункер; 14 - подвесной электромагнит

Для дробления шлака используют щековые, конусные, валковые, роторные и другие дробилки. Наиболее широко применяются щековые дробилки производительностью 300 - 400 кг/ч. Степень дробления определяется отношением максимального размера куска до и после дробления, а эффективность дробления - массой дробленого шлака на единицу мощности дробилки (кг/кВт).

После дробления измельченный шлак сортируют на грохотах. Сортированный по фракциям щебень транспортируется с помощью ленточных конвейеров на склад готовой продукции.

Производство минераловатных изделий. Metallургические шлаки являются отличным сырьем для производства минеральной ваты. Вата состоит из минеральных волокон диаметром до 7 мкм и длиной 2-10 мм. Высокая пористость минеральной ваты, ее химическая природа обеспечивают ценные эксплуатационные свойства: термо-, водо-, морозостойкость. При объемной массе 50 - 300 кг/м коэффициент ее теплопроводности составляет 0,125 - 0,209 кДж/(м·ч·°С).

Основным сырьем для производства минеральной ваты служат кислые доменные шлаки, богатые кремнеземом и глиноземом, а также ваграночные и мартеновские шлаки. Принцип производства ваты основан на разбивании струи расплава на элементарные струйки и последующей их вытяжке.

Расплавленный шлак из ковша 1 по сливному желобу 2 стекает в ванну-печь 3, где подогревается до 1400 - 1450 °С, перетекает в печь-

питатель 4 и через летку 5 подается в центрифугу 6 для распыления и перемешивания со связующим, поступающим из емкости 12. Далее в камере 7 происходит образование сырого минера - ловатного ковра, который подается в камеру полимеризации 8 и далее на охлаждение в камеру 9. Высушенное и охлажденное полотно нарезается на необходимые габариты с помощью ножей 10. Полученные минераловатные плиты укладываются на поддоны 11.

В зависимости от свойств шлака в печь 3 могут добавляться подкисляющие добавки для достижения необходимого соотношения кремнезема и глинозема с оксидами кальция и магния, которое должно составлять 1,2-1,5 (степень кислотности). В качестве добавок используют бой стекла, базальт, горелую землю и др.

Образование волокон происходит за счет воздействия центробежных сил на струю расплава шлака. Наибольшая скорость распыления струи достигается при одновременном действии центробежных сил и потока перегретого до 400 °С пара при его расходе 1,2 - 1,4 т/т ваты.

В камере волокноосаждения, представляющей собой закрытый металлический короб, волокна осаждаются на сетчатый транспортер и уплотняются с помощью прижимного барабана для придания полотну равномерной толщины и плотности.

Наиболее рационально получать минеральную вату из первичного расплава шлака без его повторного переплава, который требует дополнительного расхода энергии. Схема производства минеральной ваты из расплава шлака показана на рис. 6.

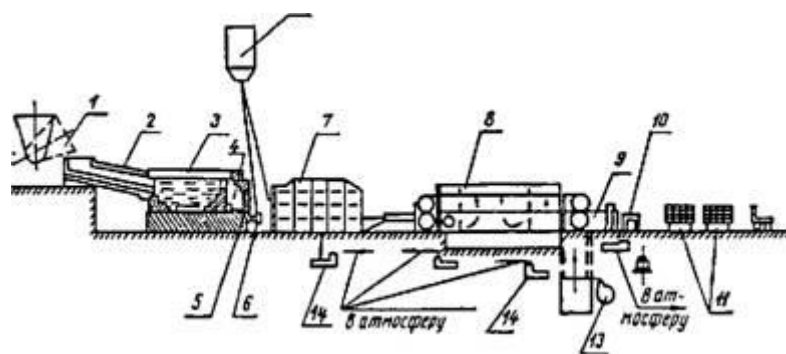


Рис. 6. Схема производства минеральной ваты: 1 - шлаковоз; 2 - сливной желоб; 3 - ванна-печь; 4 - печь-питатель; 5 - летка; 6 - центрифуга; 7 - камера волокноосаждения; 8 - камера полимеризации; 9 - камера охлаждения; 10 - ножи поперечной и продольной резки; 11 - поддоны для упаковки; 12 — емкость для полимерного связующего; 13 - эксгаустер подачи теплоносителя; 14 — вентилятор

В качестве связующего используется термореактивная фенол - формальдегидная смола, которая полимеризуется при 160 - 200°С.

Эта смола является токсичным продуктом вследствие содержания в ней свободного фенола, поэтому целесообразна замена ее другими материалами.

Промышленность выпускает плиты с различными плотностью укладки волокна и содержанием фенолформальдегидной смолы (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики минераловатных плит различных типов

Тип плиты	Плотность ρ , кг/м ³	Расход смолы, кг/м	Продолжительность полимеризации $t_{\text{п}}$, мин
Мягкая	75	7-9	7-9
Полужесткая	125	9-11	9-12
Жесткая	150	11-13	12-15

Помимо изготовления из шлаков упомянутых материалов их используют в качестве наполнителя при производстве стеновых панелей для

малоэтажного строительства, промышленных конструкций и плит дорожного покрытия. Технологическая схема цеха переработки 150 тыс. м /год шлаков, боя кирпича, других минеральных отходов с получением строительных деталей приведена на рис. 10.7. Типовой проект, основанный на модульной конструкции размером 30*62*12,5, собираемой в течение 7-10 дней, обеспечивает производство таких деталей в количестве 50 тыс. т/год. Оборудование, включая классификаторы, дробилки, мельницы и т. д., монтируется на рамных конструкциях.

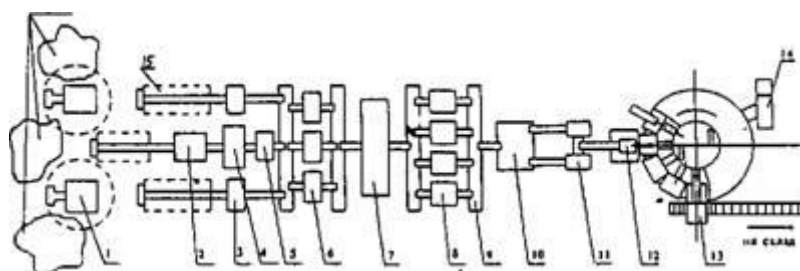


Рис. 7. Технологическая схема производства строительных деталей из шлаков: 1 - экскаватор; 2 — дробилка молотковая; 3 — мельница с сепаратором; 4 — мельница; 5 - сепаратор магнитный; 6 - весы; 7 - смеситель лопастной; 8 - барабан сушильный; 9 - транспортеры; 10 — накопитель; 11 - шнековый питатель; 12 — дозатор весовой; 13 - роторная линия; 14 - установка для очистки газа; 15 – паровая

Производство шлакоситаллов. Превосходными материалами, получаемыми из доменных шлаков, являются шлакоситаллы. Они имеют двухфазную структуру и состоят из мельчайших кристаллов стекла размером не более 2 мкм и аморфной стекловидной массы, объем которой составляет не более 40%. Свойства шлакоситаллов зависят от соотношения кристаллической и аморфной фаз, химического состава шлаков, вида и количества добавок, параметров технологического процесса.

В состав шлакоситаллов входят оксиды кремния, алюминия, кальция, магния, марганца, железа, титана, натрия, цинка, а также фтор. Шлакоситаллы в массе окрашены в белый, серый или черный цвета. Шихта

для получения шлакоситалла состоит из измельченного доменного шлака (< 60%), песка (35 - 40%) и небольшого количества добавок. Катализаторами кристаллизации служат сульфиды железа и марганца, содержащиеся в шлаке. Для придания шлакоситаллу белого цвета в шихту добавляют оксид цинка. Процесс производства шлакоситалла осуществляется в стекловаренной печи.

Шлакоситаллы обладают высокой прочностью на сжатие и на изгиб: они прочнее, чем каменное литье, кислотоупорная керамика, фарфор и некоторые природные камни. Прочность шлакоситаллов на изгиб приближается к прочности чугуна, но этот материал легче чугуна в три раза. Шлакоситаллы имеют высокое сопротивление истиранию: в 4 - 8 раз выше, чем у каменного литья, в 20 - 30 раз - чем у гранита и мрамора, в 35 раз - чем у фарфора. Шлакоситаллы тепло - и морозостойки, устойчивы к воздействию кислот и щелочей, имеют низкий коэффициент термического расширения.

Перечисленные свойства шлакоситаллов определяют области их применения: из них делают листовые панели и трубы для различного химического оборудования, электроизоляторы, электровакуумные и оптические приборы, подшипники и фильеры, мелющие тела и т. д.

Особенности переработки сталеплавильных и ферросплавных шлаков. Переработка сталеплавильных и ферросплавных шлаков имеет некоторые особенности по сравнению с переработкой доменных шлаков, что связано со значительным содержанием в них металла как в свободном виде, так и в виде сплавов.

Основными видами продукции, получаемой из ферросплавных шлаков, являются щебень, песок, клинкер, гранулированный шлак и металлический сплав, содержание которого в исходном шлаке достигает 2%.

Использование металла, содержащегося в шлаке, очень эффективно, так как он на 30 - 40% дешевле металлического лома.

Ежегодно около 2 млн. т металла в виде шлакового скрапа возвращается в переплав.

Способы извлечения стали из жидких шлаков пока не разработаны из-за опасности взрыва при контакте жидкого металла, содержащегося в шлаке, с водой. Поэтому металл извлекается из шлака после его отверждения и многократного дробления и сепарации. Первичная переработка проводится в шлаковых отделениях, а вторичная - в дробильно-сортировочных установках. При первичной переработке из шлака извлекается крупный стальной скрап. Содержание шлака в нем составляет 5 - 7%, поэтому после разделки на более мелкие куски он не нуждается в очистке и сразу поступает на переплав. При первичной обработке с помощью магнитов из шлака извлекается до 65% содержащегося в нем металла. Остальной металл сильно зашлакован, он может быть отделен только после дополнительного измельчения шлака и использован в качестве добавки к шихте.

Дробление шлака осуществляется на щековых дробилках, сортировка - в грохотах, транспортировка - ленточными конвейерами. Перед каждой стадией дробления и после нее металл отбирается подвесными магнитными сепараторами.

Переработка шлаков может осуществляться на дооборудованных магнитными сепараторами мобильных дробильно-сортировочных установках, используемых в горных работах.

Особенности утилизации шлаков цветной металлургии. Металлургические шлаки, образующиеся при выплавке цветных металлов, отличаются по химическому составу и свойствам. Объем их образования в десятки раз превышает объем образования шлаков при производстве такого же количества чугуна. Так, если при выплавке 1 т чугуна образуется до 1 т шлака, то при выплавке 1 т меди и никеля образуется до 30 и до 150 т шлака на 1 т металла соответственно.

Ежегодно в цветной металлургии образуется до 10 млн. т шлаков, уровень использования которых не превышает 15%. В значительной мере это объясняется тем, что в шлаках цветной металлургии содержится ценное металлургическое сырье и переработка их на строительные материалы менее эффективна, чем потенциальное его извлечение. Поскольку рациональная технология извлечения ценных металлов из этих шлаков пока не создана, значительная их часть временно сбрасывается в отвал на хранение. Это относится, в частности, к шлакам свинцового и медного производств, которые частично используются для изготовления медистого чугуна и медноцинкового сплава.

В шлаках медной промышленности содержится 0,3 - 1,1% меди, около 5% цинка, свинец, золото, серебро и другие ценные металлы.

Для переработки шлаков цветной металлургии в строительные материалы необходимо вначале извлечь из них цветные и редкие металлы, т. е. переработка шлаков цветной металлургии должна быть комплексной и производиться в три стадии:

- извлечение цветных металлов;
- извлечение железа;
- использование силикатного остатка для производства строительных материалов.

Шлаки медной промышленности, содержащие менее 0,3% меди, считаются отвальными. Все остальные шлаки идут на дополнительную переработку с целью извлечения меди и других цветных металлов.

Конвертерные шлаки на всех никелевых заводах подлежат дополнительному обеднению, после чего используются для строительных целей.

Значительное обеднение шлаков кислородно-факельной плавки по меди достигается использованием в качестве восстановителя

алюминийсодержащих отсеков из алюминиевых литейных шлаков и пиритного концентрата. Переработка шлаков осуществляется в электропечах, в которые заливается жидкий шлак и загружается углеродистый восстановитель в количестве 6-8% от массы шлака, кварцевый флюс и медноникелевая руда.

Шлаки свинцовоцинкового производства также дополнительно перерабатываются.

Восстановление цинксодержащих шлаков позволяет доизвлекать тяжелые цветные металлы. В результате вельцевания (окислительно-восстановительного процесса) шлаков свинцовой плавки доизвлекают цинк и свинец. Отвальный клинкер можно использовать как сырье для производства стройматериалов.

Температура в разгрузочной части вельц-печи поддерживается в интервале 1150 - 1250°C, на выходе газов из печи 580 - 650°C. При этом процессе возгоняются в виде оксидов цинк до 95% и свинец до 92%. Клинкер, составляющий 75—85% от массы шлака, измельчается и подвергается магнитной сепарации в несколько стадий. Магнитный концентрат используют в свинцовом производстве, а немагнитную составляющую - для получения строительных материалов и асфальтобетонов.

Пирометаллургические способы извлечения цветных металлов из шлаков основаны на восстановлении оксидов углем, коксом, карбидом кальция, чугуном, природным газом и другими материалами. При этом расходуется значительное количество энергоресурсов, а аппаратное оформление процесса сложно и дорого, в результате чего эти способы не всегда эффективны.

По теплофизическим и прочностным свойствам, износостойкости, кислотостойкости шлаки цветной металлургии значительно превосходят

доменные шлаки. Из них получают те же строительные материалы (песок, щебень, цемент), что и из доменных шлаков.

3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Концепция безотходного производства

В соответствии с действующим в России законодательством предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют права на существование и должны быть реконструированы или закрыты, т. е. все современные предприятия должны быть малоотходными и безотходными. Однако возникает вопрос, какая допустимая часть сырья и материалов при малоотходном производстве может направляться на длительное хранение или захоронение? В этой связи в ряде отраслей промышленности России уже имеются количественные показатели оценки безотходности. Так, в цветной металлургии широко используется коэффициент комплексности, определяемые долей полезных веществ (в %), извлекаемых из перерабатываемого сырья по отношению ко всему его количеству. В ряде случаев он уже превышает 80%.

При создании безотходного производства приходится решать ряд сложнейших организационных, технических, технологических, экономических, психологических и других задач. Для разработки и внедрения безотходных производств можно выделить ряд взаимосвязанных принципов.

Основным является принцип системности. В соответствии с ним каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент динамичной системы — всего промышленного производства в регионе и на более высоком уровне как элемент эколого-экономической системы в целом, включающей кроме материального производства и другой хозяйственно-экономической деятельности человека, природную среду (популяции живых организмов, атмосферу, гидросферу, литосферу, биогеоценозы, ландшафты), а также человека и среду его обитания. Таким образом, принцип системности, лежащий в основе создания безотходных производств, должен учитывать существующую и усиливающуюся взаимосвязь и взаимозависимость производственных, социальных и природных процессов.

Другим важнейшим принципом создания безотходного производства является комплексность использования ресурсов. Этот принцип требует максимального использования всех компонентов сырья и потенциала энергоресурсов. Как известно, практически все сырье является комплексным, и в среднем более трети его количества составляют сопутствующие элементы, которые могут быть извлечены только при комплексной его переработке. Так, уже в настоящее время почти все серебро, висмут, платина и платиноиды, а также более 20% золота получают попутно при переработке комплексных руд. Принцип комплексного экономного использования сырья в России возведен в ранг государственной задачи и четко сформулирован в ряде постановлений правительства. Конкретные формы его реализации в первую очередь будут зависеть от уровня организации безотходного производства на стадии процесса, отдельного производства,

производственного комплекса и эколого-экономической системы. Одним из общих принципов создания безотходного производства является цикличность материальных потоков. К простейшим примерам циклических материальных потоков можно отнести замкнутые водо- и газооборотные циклы. В конечном итоге последовательное применение этого принципа должно привести к формированию сначала в отдельных регионах, а впоследствии и во всей техносфере сознательно организованного и регулируемого техногенного круговорота вещества и связанных с ним превращений энергии. В качестве эффективных путей формирования циклических материальных потоков и рационального использования энергии можно указать на комбинирование и кооперацию производств, создание ТПК, а также разработку и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования.

К не менее важным принципам создания безотходного производства необходимо отнести требование ограничения воздействия производства на окружающую природную и социальную среду с учетом планомерного и целенаправленного роста его объемов и экологического совершенства. Этот принцип в первую очередь связан с сохранением таких природных и социальных ресурсов, как атмосферный воздух, вода, поверхность земли, рекреационные ресурсы, здоровье населения. Следует подчеркнуть, что реализация этого принципа осуществима лишь в сочетании с эффективным мониторингом, развитым экологическим нормированием и многозвенным управлением природопользованием.

Общим принципом создания безотходного производства является также рациональность его организации. Определяющими здесь являются требование разумного использования всех компонентов сырья, максимального уменьшения энерго-, материало- и трудоемкости производства и поиск новых экологически обоснованных сырьевых и энергетических технологий, с чем во многом связано снижение

отрицательного воздействия на окружающую среду и нанесение ей ущерба, включая смежные отрасли народного хозяйства. Конечной целью в данном случае следует считать оптимизацию производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам. Основным путем достижения этой цели являются разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и производств. Одним из примеров такого подхода к организации безотходного производства является утилизация пиритных огарков — отхода производства серной кислоты. В настоящее время пиритные огарки полностью идут на производство цемента. Однако ценнейшие компоненты пиритных огарков — медь, серебро, золото, не говоря уже о железе, не используются. В то же время уже предложена экономически выгодная технология переработки пиритных огарков (например, хлоридная) с получением меди, благородных металлов и последующим использованием железа. Во всей совокупности работ, связанных с охраной окружающей среды и рациональным освоением природных ресурсов, необходимо выделить главные направления создания мало- и безотходных производств. К ним относятся комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов; усовершенствование существующих и разработки принципиально новых технологических процессов и производств и соответствующего оборудования; внедрение водо- и газооборотных циклов (на базе эффективных газо- и водоочистных методов); кооперация производства с использованием отходов одних производств в качестве сырья для других и создания безотходных ТПК.

На пути совершенствования существующих и разработки принципиально новых технологических процессов необходимо соблюдение ряда общих требований:

- осуществление производственных процессов при минимально возможном числе технологических стадий (аппаратов), поскольку на каждой из них образуются отходы, и теряется сырье;

- применение непрерывных процессов, позволяющих наиболее эффективно использовать сырье и энергию;
- увеличение (до оптимума) единичной мощности агрегатов;
- интенсификация производственных процессов, их оптимизация и автоматизация;
- создание энерготехнологических процессов. Сочетание энергетики с технологией позволяет полнее использовать энергию химических превращений, экономить энергоресурсы, сырье и материалы и увеличивать производительность агрегатов. Примером такого производства служит крупнотоннажное производство аммиака по энерготехнологической схеме.

При современном уровне развития науки и техники без потерь практически обойтись невозможно. По мере того как будет совершенствоваться технология селективного разделения и взаимопревращения различных веществ, потери будут постоянно уменьшаться. Промышленное производство без материальных, бесполезно накапливаемых потерь и отходов уже существует в целых отраслях, однако доля его пока мала.

Современная технология достаточно развита, чтобы в целом ряде производств и отраслей промышленности приостановить рост отходов. И в этом процессе государство должно взять на себя роль руководителя и в плановом порядке разработать и реализовать комплексную государственную программу внедрения безотходных производств и переработки скопившихся в Российской Федерации отходов.

3.2 Формирование товарная стратегия фирма.

Таблица 1.Характеристика продуктового портфеля фирмы

№	Наименование продукции	Объем реализации (млн руб.)		Доля рынка 2018 (%)	
		2017г	2018г	фирма	Конкурент
1	Щебень ФР 20-40	2800	3400	38	20
2	Доменный шлак	560	620	32	22
3	Отсев	85	145	8	6
4	Щебень ФР 40-70	1600	1950	40	25
5	Песок	61	56	20	15

В качестве критериев при построение двухмерной матрице рассматриваются темпы роста рынка и относительная долью рынка.

3.2.1 Расчёт темпов роста рынка (РР).

Характеризует изменение объем реализации, и которые могут быть определены по каждому продукту через Индекс темпа роста за последний период (2018г) или через среднегодовые темпе их изменение. Индекс темпа роста по каждому продукции определяется как отношение объема реализации продукции за 2018г (Текущий период) к объему реализации за 2017г (предыдущий период). Выражается в процентах или в коэффициентах роста. Для продукции №1 (3400/2800) РР равняется 1,21.

3.2.2 Расчёт относительный доля, занимающей предприятием на рынке (ОДР) по каждому виду продукции.

Относительная доля рынка определяет отношение доля фирмы на рынке к доле ведущему конкурирующему предприятию.

Доли рынка предприятия или сильнейшего конкурента находятся как отношение объема реализации к емкости рынка данной продукции соответственно предприятием или сильнейшим конкурентом.

Например, емкость рынка по продукту №1 составляет $8900/3400*100=38\%$

ОДР для продукта №1 равно 1,9.

Это означает, объем реализации предприятием продукта №1 превышает аналогично продукта сильнейшее фирмы в 1,9 раз.

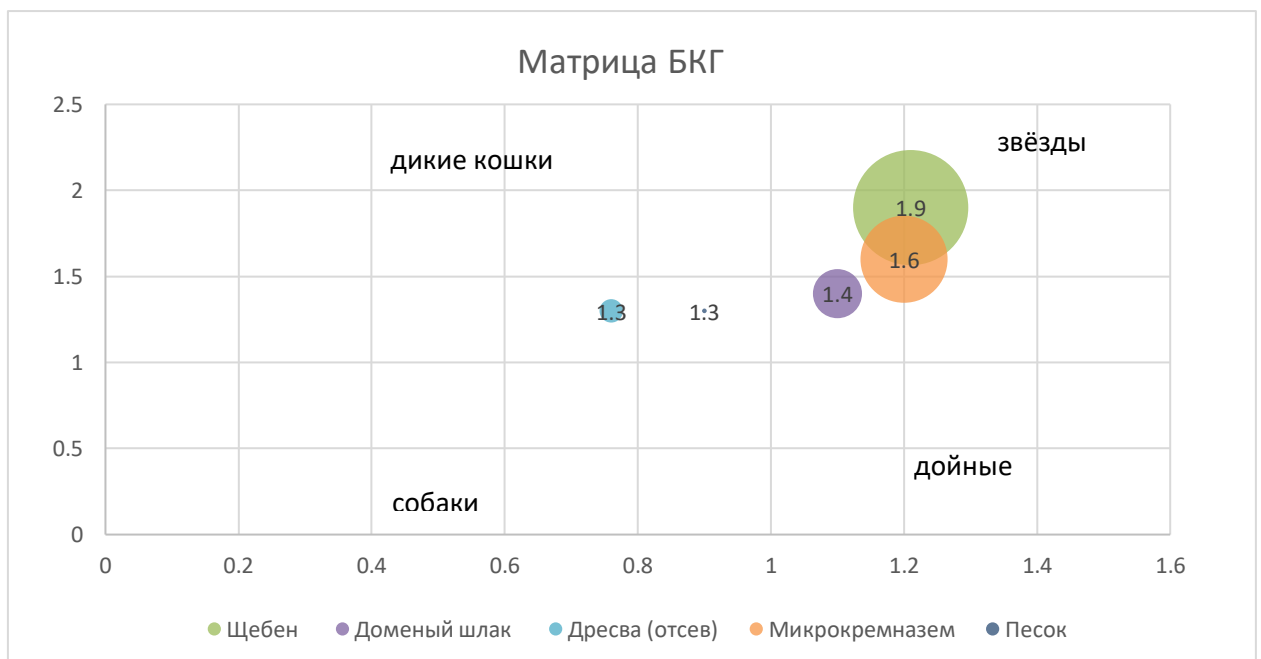
3.2.3 Расчет доли (%) каждого вида продукции в общем объеме реализации фирмы за 2018г.

Расчёты представлены в табличном виде (таблица 2)

Таблица 2. Исходные данные для построение матрице БКГ

№	Наименование продукции	Объем реализации (млн руб.)		Доля рынка 2018 (%)		Критерия матрица		
		2017 г	2018 г	Фирмы	Конкурент	Р.Р	ОДР	Доля в обще

								М объе ме (%)
1	Щебень ФР 20-40	2800	3400	38	20	1.21	1.9	55.8
2	Доменный шлак	560	620	32	22	1.10	1.4	10.1
3	Отсев	85	145	8	6	1.7	1.3	2.3
4	Щебень ФР 40-70	1600	1950	89	11	1.2	1.6	31.8
5	Песок	61	56	20	15	0,9	1,3	0,9
	Всего	-	6091	-	-	5.21	6.28	100
	Среднее значение	-	--	-	-	1.30	1.57	-



3.2.4 Формирование товарной стратегии фирмы на основе анализа матрицы БКГ.

Оно формируется по отдельным видам продукции и может содержать следующие стратегические решение;

-убрать из товарного портфеля фирмы;

-увеличит объем реализации, изменение структура товарного портфеля; -изменит относительную долю на рынке;

-увеличить инвестирование;

Таблица 3 Вариант товарной стратегии фирмы

Сегмент	№ вида продукции	Стратегия
«Дикие кошки»	3 и 5	За счет инвестиций провести дополнительные исследования и решать: убрать из продуктового портфеля продукт № 3, или увеличить долю продукта №5.
«Звезды»	1, 2,4,5	Увеличить объем реализации оберегать и укреплять за сеть дополнительных инвестиции
«Дойные коровы»	-	
«Собаки»	-	

3.3 Количественная оценка факторов внутренней среды

Таблица .1 – SNV-анализ АО «ЧЭМК»

Фактор	Сильная сторона (S)	Нейтральная сторона (N)	Слабая сторона (W)
Разработанная система мотивация персонала	+		
Не достаточная известность на рынке;	+		
Индивидуальный подход к каждому клиенту	+		
Высокая трудоёмкость работы;	+		
Современное высокотехнологичное оборудование;		+	
Высокие производственные издержки			-
Не проводятся корпоративные мероприятия			-
Высокое качество продукции		+	
Высокая квалификация персонала	+		

Количественная оценка факторов внутренней среды.

В баллах

Факторы	Вес	Оценка степени влияния факторов	Взвешенная оценка
Сильные стороны			
Индивидуальный подход к каждому клиенту	0,3	4	1,2
высокая квалификация персонала	0,3	5	1,5
Выполнение заказ в установленное время	0,2	4	0,8
Современное высокотехнологичное оборудование	0,2	3	0,6
Итого:	1		4,1
Слабые стороны			
высокая трудоёмкость работы;	0,40	5	2
недостаточная известность на рынке;	0,20	5	1
высокие производственные издержки.	0,40	5	2
Итого:	1		5

Результирующая SWOT-матрица

Сильные стороны:	Слабые стороны:
индивидуальный подход к каждому клиенту	высокая трудоёмкость работы
Высокая квалификация персонала;	высокие производственные издержки
Выполнение заказ в установленное время	Высоко классифицированные работники
Возможности:	Угрозы:
Наличие постоянных потребителей;	высокий уровень конкуренции в отрасли.
Надёжные заказчики	Не своевременное поставки материалов
Появление новых технологии	

Количественная оценка взаимовлияния SWOT-факторов

Характеристики	Сильные стороны	Слабые стороны	И то
----------------	-----------------	----------------	------

стратегических позиций		Индивидуальный подход к каждому клиенту	высокая квалификация персонала	Выполнение заказ в установленное время	Высокая трудоёмкость работы	высокие производственные издержки рынке	Высоко классифицированные работники	
Угрозы	Дефицит квалифицированных специалистов на рынке труда	3	4	5	3	2	1	18
	Низкие входные барьеры в отрасль	3	5	5	3	2	2	20
Возможности	Высокий уровень конкуренции в отрасли	5	5	4	2	3	2	21
	Наличие постоянных потребителей	5	4	4	3	2	4	22
	Надёжные поставщики	3	5	4	4	3	3	22
Итого		19	23	22	15	12	12	

Матрица совокупной количественной оценки SWOT- факторов

В баллах

Сильные стороны	Оценка	Слабые стороны	Оценка
Индивидуальный подход к каждому клиенту	19	Высокая трудоёмкость работы	15
Высокая квалификация персонала	23	Высокие производственные издержки рынке	12
Выполнение заказ в установленное время	22	Высоко классифицированные работники	12
Возможности	Оценка	Угрозы	Оценка
Наличие постоянных	22	Дефицит квалифицированных	18

потребителей		специалистов на рынке труда	
Надёжные поставщики	22	Низкие входные барьеры в отрасль	20
		Высокий уровень конкуренции в отрасли	21

3.4 Эффективность переработки металлургических шлаков

Высокие темпы развития материального производства, ускорение научно-технического прогресса обуславливают все более интенсивное использование природных ресурсов, особенно полезных ископаемых. Важность проблемы обеспечения минеральным сырьем народного хозяйства определяется, с одной стороны, тем, что последние являются основой развития промышленности, ее эффективность в первую очередь зависит от степени обеспеченности ресурсами, а с другой стороны, тем, что экономика

страны функционирует при ограниченных запасах полезных ископаемых. Вследствие постоянного роста взаимодействия между обществом и природой окружающая нас среда становится все более синтетической, и ее естественная структура вступает в конфликт с производительными силами и общественным потреблением. Назревает необходимость контроля над качеством окружающей среды. Проблему эффективного использования минерального сырья и, в частности, переход на безотходную технологию следует рассматривать с точки зрения устранения противоречий между экономическим ростом (необходимостью все большего вовлечения ресурсов в производство) и «производительной возможностью» окружающей среды (истощение запасов, снижение качества минеральных ресурсов, нарушение экологического баланса). Решение этих противоречий вероятно при рациональном и комплексном использовании добываемых ресурсов, а также отходов производства.

Главное направление снижения объема отходов производства — их утилизация в различных отраслях народного хозяйства и, особенно, в строительной индустрии. Актуальность и необходимость расширения утилизации отходов производства с каждым годом возрастают вследствие истощения запасов богатых руд, сложившейся структуры их добычи, увеличения потребности в строительных материалах и обострения проблемы хранения отходов. Развитие и совершенствование производства строительных материалов имеют решающее значение для выполнения программы строительных работ.

Основные строительные материалы (цемент и другие вяжущие, стеновые материалы, хризотилцементные изделия, строительная керамика, тепло-, гидро- и звукоизоляционные материалы, строительное и техническое стекло и др.) производятся в основном на предприятиях Агропромышленного комплекса России.

Минерально-сырьевые отходы находят широкое применение в производстве строительных материалов. Так, например, широко применимы отходы предприятий черной металлургии. Наиболее широкое применение при производстве строительных материалов находят доменные шлаки, выход которых на отечественных металлургических заводах составляет примерно 0,5–0,6 т на 1 т чугуна. При переработке доменных шлаков получают гранулированный шлак для производства цемента, закладки выработанного пространства, производства местных и шлакощелочных вяжущих заполнителей бетонов, шлакощелочной пемзы, используемой в качестве заполнителей бетона, минеральной шлаковой ваты, шлакоситаллов, щебня и песка. Применение этих материалов в строительстве позволяет экономить первичные минеральные ресурсы (песок, известь, глину, щебень), клинкерный цемент и топливо. Так, например, использование гранулированных шлаков в качестве заполнителей бетона дает значительную экономию. Применение шлакового щебня и песка для строительных целей позволяет получить не только экономию средств, но и также исключить использование при производстве естественных заполнителей. Одним из наиболее рентабельных видов употребления доменных шлаков является шлаковое литье.

Разработана технология производства двухслойных металлошлаковых труб и отводов шлаковых плит и других изделий. Трубы предназначены для пневмо-гидротранспортирования абразивных материалов — щебня, песка, руд, бетона и др. Замена ими стальных трубопроводов позволила на каждом километре трубопровода экономить 150 т металла. Ферросплавные шлаки используются для производства местных и шлакощелочных вяжущих в качестве заполнителей бетонов. При этом наблюдается снижение расхода естественных заполнителей.

Большую ценность для производства автоклавных материалов представляют шлаки, получаемые при выплавке коуглеродистого

феррохрома. При охлаждении шлак феррохрома в результате силикатного распада превращается в дисперсный порошок. Добавка шлака (3–4 %) к силикатной массе позволяет улучшить ее формовочные свойства, повысить прочность сырца, снизить расход извести. Шлаки ферросплавного производства могут стать эффективным заполнителем огнеупорных бетонов. Огнеупорные бетонные композиции на основе заполнителей из ферросплавных шлаков могут применяться в различных тепловых агрегатах. Бетона на заполнителе из шлаков ферросплавного производства характеризуется высокой термостойкостью и может применяться в качестве высокотемпературной футеровки с циклическим режимом нагрева и охлаждения. Основной потребитель шлаков — цементная промышленность, использующая до 75 % их объема для производства гидравлических добавок производства портландцементов, шлакопортландцементов, шлакощелочных цементов высоких классов. Немало цементных заводов расположены непосредственно около металлургических заводов. Это позволяет эффективно использовать шлаки для производства высококачественных цементов. Также широкое применение получили и отходы предприятий цветной металлургии.

Из минерально-сырьевых отходов цветной металлургии некоторое применение получили шлаки и шламы. Исследования физико-химических, физико-механических и технологических свойств шлаков, образующихся на горно-металлургических комбинатах вследствие переработки руд цветных металлов, показали, что для производства строительных материалов пригодны шлаки, полученные при переработке медных никелевых руд, которые по прочностным характеристикам, теплофизическим свойствам, износостойкости, кислотостойкости, как правило, значительно превосходят аналогичные показатели доменных шлаков. Гранулированные шлаки этих производств являются хорошим сырьем для приготовления вяжущих веществ автоклавного твердения. На таком вяжущем получают бетоны следующих

видов: тяжелый на крупном заполнителе, плотный мелкозернистый, легкий на пористом заполнителе, ячеистый. Такие материалы не нуждаются в дополнительной переработке, они лучше пиритных огарков. Переработка шлаков руд цветных металлов на песок и щебень после извлечения ценных металлов — наиболее перспективный и экономически выверенный путь решения проблемы их утилизации. Однако в настоящее время доля переработки шлаков на предприятиях цветной металлургии остается на низком уровне. Большую их часть сливают или вывозят в отвалы. В натуральном виде эти гранулированные шлаки могут быть использованы в качестве мелкого заполнителя в бетонах. В то же время проблема использования шлаков предприятий цветной металлургии, которых накопились сотни миллионов тонн в народном хозяйстве, остается актуальной как с позиции комплексного использования минерального сырья, снижения себестоимости конечного продукта, так и с позиции охраны окружающей среды.

Перспективны для утилизации шлаки, получаемые при выплавке никеля. Они пригодны для переработки в строительный песок, дефицит которого непрерывно возрастает. К настоящему времени разработана технология переработки гранулированных шлаков в качественный мелкий заполнитель. Тяжелые бетоны с заполнителем на шлаковом песке по расходу цемента, прочностным и деформативным характеристикам, морозостойкости соответствуют нормативным требованиям и не уступают бетонам, произведенным на основе природного стандартного песка. Могут применяться гранулированные шлаки никелевого производства и в качестве кремнеземистого компонента автоклавного вяжущего. При этом требуемое количество извести снижается в 3–4 раза по сравнению с использованием кварцевого песка. Данным гранулированным шлаком можно полностью заменить природный песок в силикатной смеси при производстве кирпича. От такой замены не только повышается прочность кирпича, но и улучшаются

теплоизоляционные свойства материала. Заслуживают внимания шламы как побочный продукт при переработке глиноземсодержащего сырья. Они могут, по предварительным данным, использоваться для изготовления цемента. Каолиновый шлам по своему химическому составу близок к портландцементу. Нефелиновый (белитовый) шлам — побочный продукт (отходы) при производстве глинозема, на протяжении многих лет используется в промышленности строительных материалов. Промытый белитовый шлам — хорошее сырье для изготовления цемента высокой активности. Производство цемента на основе этих шламов вследствие значительного количества в них готового двухкальциевого силиката является более экономичным. Так, расход известняка сокращается на 50–60 %, производительность вращающихся печей повышается на 25–30 %. В результате совместного помола нефелинового шлама с портландцементным клинкером и гипсом получают высококачественные цементы самых разнообразных классов, отвечающие требованиям государственного стандарта и техническим условиям. На нефелиновом цементе при расходе 200–230 кг/м³ можно получать конструктивно-изоляционный газобетон (например, керамзитобетон) хорошего качества крупнозернистой структуры.

В нашей стране много лет применяется безотходная технология по производству содопродуктов и цемента на базе комплексного использования нефелинов. Из каждых 4 т нефелинового концентрата и 15 т известняка получают без отходов 1 т глинозема, 1 т содопродуктов и 10 т цемента. Кроме цементного производства на основе нефелинового шлама он может применяться в производстве строительных изделий (кирпич, блоки, плиты); в дорожном строительстве для укрепления грунтов в качестве подстилающего слоя; при производстве вяжущего для асфальтобетона, огнеупоров в качестве одного из основных компонентов шахты; при изготовлении цветного стекла. Красные бокситовые шламы, образующиеся при производстве алюминия, могут использоваться в цементном производстве, при производстве

шлакокаменного сырья, шлакошебня, шлакоситаллов, различных составов местных вяжущих, для закладки горных выработок, устройства дорожных покрытий и т. д.

С 90-х годов XX века прослеживались два основных направления переработки красных бокситовых шламов:

- комплексная переработка шламов с последовательным получением ряда ценных продуктов (чугуна, глинозема, цемента и др.);
- непосредственное использование шлама в качестве добавки при производстве различных видов строительных материалов, например цемента.

Утилизация красных бокситовых шламов связана с небольшим объемом капитальных вложений в специализированные производства. Однако при погрузке, транспортировании и разгрузке их влажность не должна превышать 15–20 %. Исследования показали, что красный бокситовый шлам глиноземного производства является сырьем для промышленности строительных материалов, позволяющим интенсифицировать процесс производства портландцементного клинкера. Таким образом, можно заключить, что использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной отрасли является перспективным направлением промышленного комплекса, поскольку при его развитии представляется возможным снижением напряженности во многих сферах народного хозяйства.

Оценка возможности негативного воздействия шлаков металлургического комбината на окружающую среду. Одним из наиболее опасных источников загрязнения природной среды являются техногенные минеральные образования, формирующиеся в результате промышленной деятельности человека. Ежегодно мировая промышленность извлекает из недр Земли около 10 миллиардов тонн твердых веществ, 70% которых в последствии

становятся отходами при производстве промышленной продукции. Расчёты показывают, что на территории России и стран СНГ запасы шлаковых отвалов достигают более 500 млн. тонн.

Наиболее остро проблема обращения с отходами производства проявляется именно в последнее время. Всё возрастающий интерес к ней в научной среде вызывается двумя основными факторами: в первую очередь усиливающимся дефицитом природных источников полезных для индустрии элементов, поэтому, ТМО представляют интерес как потенциальные источники природных ресурсов. Во вторую очередь, всё большее число учёных начинают обращать внимание на ТМО, как на комплексный источник загрязнения геосферы, следовательно, возникает необходимость в предотвращении загрязнения природной среды и во внедрении путей реабилитации.

Основная масса техногенных минеральных образований формируется в районах с развитой горноперерабатывающей и добывающей промышленностью. Одним из таких районов является город Карабаш Челябинской области, где в результате деятельности медеплавильного комбината ЗАО «КарабашМедь», формируется огромное количество твёрдых отходов, складываемых в отвалы металлургических шлаков. Общее количество медных шлаков составляет 20 млн. тонн. Шлаковые отвалы создают экологические проблемы, связанные с отчуждением земельных отводов, запыленностью, процессами естественного выщелачивания.

Воздух в районе исследования содержит в своём составе сернистый ангидрид (SO_2) в концентрациях значительно превышающих фоновую, это связано с аэропромвыбросами Карабашского ГМК. Атмосферные осадки, проходя через толщу загрязнённого приземистого слоя атмосферы, взаимодействуют с SO_2 , в результате образуется серная кислота. В итоге на отвальную массу попадает дождевая вода с исходной концентрацией H_2SO_4 приблизительно равной — $0,0001\text{н}$. Поэтому в качестве реагента для

взаимодействия со шлаком использовалась серная кислота концентрацией: 0,0001н. Масса подверженного выщелачиванию шлака составляет 267г.

Таблица — 1. Содержание тяжелых металлов в элюате с дистиллированной водой, мг/л

	Cd	Cu	Pb
чистая H ₂ O для отмывки	0,000067	0,013	0,0041
1 промывка	0,019	1,0	0,014
2 промывка	0,0096	0,37	0,011
3 промывка	0,0083	0,31	0,00028
4 промывка	0,00148	0,229	0,000101
ПДКвр	0,001	1	0,03

Как видно, при действии на отвал дистиллированной водой, содержание тяжёлых металлов незначительно. Но, всё-таки, наблюдается некоторое превышение ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (далее — ПДК) по Cd и Pb. Вода слабо действует на силикатную матрицу, поэтому наличие ТМ в элюатах объясняется растворением веществ образующихся при выплавке металла. Выхода магния и железа при обработке отвальной массы дистиллированной водой не обнаружено, или же оно незначительно и выходит за границы определения. Следовательно, первичным фактором определяющим гидролиз отвальной массы, является серная кислота, содержащаяся в дождевой воде.

Результаты гидролиза шлака серной кислотой в различных концентрациях представлены в виде сводной таблицы, обобщающей выход исследуемых компонентов за всё время исследования (182 дня) и показывающий средний показатель значения рН (табл. 2).

Таблица — 2. Результаты химического анализа элюатов.

Концентрация H ₂ SO ₄	рН	Выход исследуемых компонентов из шлака, мг.					
		Ca	Mg	Fe	Pb	Cd	Cu
0,1н	3,7	530,266	451,8898	212,8	0,83666	0,05974	2,779
0,01н	4,1	148,29	319,083	17,819	0,47312	0,032337	4,715
0,001н	4,6	64,2618	48,587	0,4	0,12316	0,0189	5,245
0,0001н	5,4	34,0369	23,8101	0	0,11407	0,016257	0,615

На растворимость веществ, прямое влияние имеет значение энергии Гиббса ($\Delta G^{\circ}f_{298.15}$). Численное значение ΔG показывает, как глубоко идет процесс растворения: чем отрицательнее ΔG , тем образуется более устойчивые соединения. Следовательно, можно связать энергию Гиббса и интенсивность выщелачивания элементов из шлака. Так, в процессе гидролиза отвальной массы наблюдается наибольший выход кальция (в 0,1н растворе 530,266 мг), значение $\Delta G^{\circ}f_{298.15}$ для силиката кальция составляет: -1543,937 кДж/моль. Значение $\Delta G^{\circ}f_{298.15}$ для силиката магния = -1462,098; железа = -1117,546; меди = -1112,245; кадмия = -1106,25; свинца = -1053,259 кДж/моль. Выход соответственно обратно пропорционален увеличению энергии Гиббса: магния = 451,889мг; железа = 212,8мг; меди = 2,779мг; кадмия = 0,05974мг и свинца = 0,83666мг. Видно, что изложенная выше закономерность нарушается в отношении свинца и кадмия, это объясняется гораздо более большим содержанием свинца в шлаке, чем кадмия.

Что бы более детально оценить возможный уровень воздействия техногенного образования на окружающую среду, был произведён расчёт общего выхода ТМ из шлака. Оценка производилась для элюата представленного 0,0001н серной кислотой и элюата концентрированнее в 1000 раз. Всего за 182 дня исследования из шлака выщелаченно: 0,0001н кислотой: 0,1407 мг свинца, 0,6147 мг меди и 0,016257 мг кадмия; 0,1н кислотой: 0,83666 мг свинца, 2,779 мг меди и 0,05974 мг кадмия. Масса подверженного выщелачиванию шлака составляет 267г, а общая масса отвалов составляет порядка 20млн. тонн, следовательно количество

элементов мигрирующих из отвалов вследствие гидрогенного загрязнения составляет порядком несколько тонн. Результаты по общему выходу элементов представлены в табл.3.

Вся масса выделившихся химических элементов из шлака в смоделированном процессе гидролиза, даёт нам представление о степени их воздействия на сопряжённые с отвалом системы. Общий выход металлов из отвальной массы, если взять за наиболее приближенную к реальным условиям обработку шлака серной кислотой концентрацией эквивалентной дождевой воде, за 182 дня составляет: 10,539 т свинца, 1,2818 т кадмия и 46,045 т меди.

Таблица – 3. Общий выход ТМ из отвалов

концентрация H ₂ SO ₄	масса шлака подверженного выщелачиванию, г	вынос ТМ из шлака, мг			общая масса отвал- ов, млн. т	общий вынос ТМ из отвальной массы, т		
		Pb	Cd	Cu		Pb	Cd	Cu
0,1н	267	0,8366	0,0597	2,779	20	62,671	4,47	208,17
0,0001н	267	0,1407	0,01625	0,6147	20	10,539	1,21	46,045

Можно сделать вывод, что выход потенциально опасных соединений из шлака, вполне может соответствовать реальному загрязнению окружающей среды.

3.4.1 Анализ конкурентоспособности

Проведём анализ конкурентоспособности по фирмы АО «ЧЭМК» за счет производства строительных материалов.

По предприятием по Челябинске и Челябинский обл. был произведен выборка фирм всего получилось 10, но сильнейшее из них для конкуренции всего 4. (таблица 1)

Таблица 1 Расчет долей рынка конкурентов в производстве материалы природного происхождение

№	Название предприятий	Объем выпуска (тыс. т)	Объем продаж (млн руб.)	Доля в общем объеме выпуска (%)	Доля в общем обороте
1	АО «ЧЭМК»	495	325	34,9	53,7
2	ООО «Калачёва»	222	166	18,02	23,8
3	ООО «Хлебороб»	225	225	24,1	16,2
4	ООО «Еманжелинск»	270	205	22	29,3
	Итого	-	921	100	-

Таблица 2 Результаты анализа конкурентоспособности в балах

Факторы конкурентоспособности	АО «ЧЭМК»	Конкуренты			
		1	2	3	4
1. Менеджмент предприятия					
Предпринимательская культура и философия	5	1	2	1	2
Цели	4	3	4	4	4
Стратегии	4	4	3	2	3
2. Производства					
Оборудование	5	1	1	1	3
Гибкость производственных линий	5	2	3	1	4

Зависимости поставщиков от	3	1	2	4	3
Качества продукции	5	4	3	4	2
3. Научные исследования и развитие					
Интенсивности и результаты	5	3	4	3	2
Ноу-хау	4	4	1	2	2
4. Маркетинг					
Розничная торговля	5	3	2	3	1
Цены	5	4	3	1	4
Реклама	5	3	4	4	3
Известность фирмы	5	2	3	1	2
Итого:	60	35	34	31	35

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможность применения шлаков в строительной индустрии очень велика. Шлаки являются не только загрязняющим грузом, но и весьма полезным сырьем. При применении, которого меняются свойства привычных строительных материалов, как в положительную, так и в отрицательную сторону.

Множество технологий применения шлаков находятся на стадии развития, поэтому для инженеров строительной индустрии имеется большое поле для деятельности.

Несмотря на длительность изучения, утилизация и переработка отходов промышленности по-прежнему не ведется на должном уровне.

Острота проблемы, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов. Усилия предприятий направлены, прежде всего, на предупреждение и минимизацию образования отходов, а затем на их рециркуляцию, вторичное использование и разработку эффективных методов окончательной переработки, обезвреживания и окончательного удаления, а захоронения только отходов, не загрязняющих окружающую среду. Все эти мероприятия, бесспорно, уменьшают уровень негативного воздействия отходов промышленности на природу, но не решают проблему прогрессирующего их накопления в окружающей среде и, следовательно, нарастающей опасности проникновения в биосферу вредных веществ под влиянием техногенных и природных процессов. Разнообразие продукции, которая при современном развитии науки и техники может быть безотходно получена и потреблена, весьма ограничено, достижимо лишь на ряде

технологических цепей и только высокорентабельными отраслями и производственными объединениями.

Современные предприятия металлургии имеют возможность перерабатывать в собственном производстве значительную часть своих отходов. Как известно, специфические особенности технологических процессов (высокие температуры и эффективность теплообмена, окислительно - восстановительный потенциал и т. д.) обеспечивают новые возможности ресурсосбережения. Большинство образующихся побочных продуктов может возвращаться в технологический процесс через агломерационное и доменное производство, и доля утилизации вторичных ресурсов может достигнуть 95-98%.

В совокупности со стратегией снижения объемов образующихся выбросов и сбросов, такой подход позволит обеспечить экономию первородного сырья и топлива, и улучшить экологическую обстановку вокруг металлургических предприятий

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенова Л. Л., Хлебенских Л. В. Использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной индустрии [Текст] // Технические науки в России и за рубежом: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Москва, июль 2014 г.). — М.: Буки-Веди, 2014. — С. 106-108.
2. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. - М.: Стройиздат, 2013. - 470 с.
3. В.Г. Микульский, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов и др. «Строительные материалы. Материаловедение и технология.» Москва. 2013 г.
4. Государственные элементные сметные нормы на монтаж оборудования. ГЭСНм-2001. Часть 16. Оборудование предприятий черной металлургии. - М.: ФГУ ФЦЦС, 2018. - 354 с.
5. Государственные элементные сметные нормы на монтаж оборудования. ГЭСНм-2001. Часть 17. Оборудование предприятий цветной металлургии. - М.: ФГУ ФЦЦС, 2016. - 321 с.
6. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности.- Учебно-справочное пособие, 2014.
7. Дрейер А.А., Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка, Сачков А.Н., Никольский К.С. «Экология городов»,2013 г.
8. Запарий, В. В. История черной металлургии Урала. 90-е годы XX века / В.В. Запарий. - М.: Наука, 2017. - 264 с.
9. Кипящий слой в цветной металлургии. - М.: Металлургия, 2015. - 280 с.

- 10.Лисин В. С, Юсфин Ю. С. Ресурсно-экологические проблемы XXI века и металлургия. – М.: Высшая школа, 2013 – 447 с.
- 11.Мезенин, Н. А. Металлург Грум-Гржимайло / Н.А. Мезенин. - М.: Знание, 2017. - 112 с.
- 12.Панфилов М.И. и др. переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. – М.: Металлургия, 2014 – 238 с.
- 13.Худяков И. Ф., Дорошкевич А. П., Карелов С. В. Металлургия вторичных цветных металлов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 2015 – 528 с.
- 14.Циммерман, Р. Металлургия и материаловедение / Р. Циммерман, К. Гюнтер. - М.: [не указано], 2017. - 791 с.
- 15.Черепанов К.А., Черныш Г.И., Динельт В.М., Сухарев Ю.И. Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии. – М.: Металлургия, 2014.
- 16.Чернов, Д.К. Избранные труды по металлургии и металлвоведению / Д.К. Чернов. - М.: Книга по Требованию, 2013. - 452 с
- 17.Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Щекина А.Ю., Шкарин А.В. ШЛАКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА – ЭФФЕКТИВНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1-1. – С. 167-172;
- 18.Шульц Л.А. Элементы безотходной технологии в металлургии: Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 2013 – 174 с.