

УДК 628.345:669.05.83

**О.С. Залыгина, В.И. Чепрасова, Т.Л. Старовойтова**

### **ОТХОДЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ**

Дана характеристика отходов литейного производства и предложены направления их переработки. Землю формовочную горелую предложено использовать для производства керамического кирпича, а железосодержащую пыль – для производства коагулянтов.

**Ключевые слова:** земля формовочная горелая, железосодержащая пыль, керамический кирпич, коагулянт.

**V.S. Zalyhina, V.I. Cheprasova, T.L. Starovoitova**

### **FOUNDRY WASTE AS A SECONDARY RAW MATERIAL**

The characteristic of foundry production wastes is given and directions of their processing are offered. It is proposed to use burnt molding earth for the production of ceramic bricks, and iron-containing dust for the production of coagulants.

**Keywords:** burnt molding earth, iron-containing dust, ceramic brick, coagulant.

В настоящее время литейное производство широко представлено во многих странах мира, т.к. без него невозможно развитие машиностроения, самолетостроения, станкостроения и других отраслей промышленности. В Республике Беларусь литейное производство функционирует более чем на 1500 предприятиях [1], крупнейшими из которых являются белорусский металлургический завод (г. Жлобин), Речицкий метизный завод, Могилевский металлургический завод и др. [2].

Литейное производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, оказывающим воздействие прежде всего на атмосферный воздух. На современных предприятиях внедряют различные системы очистки газовоздушных выбросов, которые позволяют снизить выбросы загрязняющих веществ до установленных нормативов. Также в литей-

ном производстве образуются отходы, которые используются не в полной мере, а частично вывозятся на полигоны либо хранятся на территории предприятий.

В литейном производстве можно выделить следующие основные виды отходов: земля формовочная горелая (ЗФГ), металлургические шлаки и железосодержащая пыль. Земля формовочная горелая, как правило, подвергается регенерации и возвращается в технологический процесс. Однако при ее регенерации образуется пылевидная фракция с размером зерен менее 180 мкм, которая рассматривается как отход и отправляется на хранение или захоронение. Металлургические шлаки, которые образуются в печах при плавке металла, в настоящее время практически полностью используются в дорожном строительстве. Железосодержащая пыль в литейном производстве образуется при очистке газовоздушных выбросов от плавильных печей и при очистке отливок от остатков формовочной смеси и не находит дальнейшего применения.

В работе рассматривалась возможность переработки не используемых в настоящее время отходов литейного производства, а именно пылевидной фракции, остающейся после регенерации земли формовочной горелой и железосодержащей пыли.

С помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 (JEOL, Япония) был определен элементный состав пылевидной фракции ЗФГ различных предприятий, мас. %: Si 49,5–60,97; O 30,68–38,14; Al 3,26–4,6; Fe 2,44–3,65; Mg 1,35–2,03; Ca 0,92–0,98; K 0,32–0,86; Mn 0–0,3. Рентгенофазовый анализ, осуществленный на рентгеновском дифрактометре D8 Advance Bruker AXS (Германия), свидетельствует, что основной фазой исследуемого отхода является песок SiO<sub>2</sub>, что подтверждает возможность его использования в производстве керамического кирпича. Методом пластического формования были получены образцы керамического кирпича с различным содержанием пылевидной фракции ЗФГ, которые после сушки подвергались обжигу при различной температуре (от 900 до 1100 °С) с различной изотермической выдержкой при максимальной температуре (от 30 мин до 2 ч).

Для полученных образцов определялись такие свойства, как плотность, водопоглощение, прочность при сжатии и изгибе. На основании проведенных исследований была установлена возможность введения в состав керамического кирпича 20 мас. % пылевидной фракции ЗФГ, и для образцов этого состава выбран оптимальный режим термообработки: максимальная температура 1000 °С, время изотермической выдержки при ней – 1 ч. Полученные образцы соответствуют ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» (марка М300) [3].

Элементный состав железосодержащей пыли различных предприятий свидетельствует о том, что в ее состав входит от 4,5 до 9,7 мас. % Fe. Установить, в какой форме присутствует железо в отходе рентгенофазовым анализом, не удалось, возможно, из-за его низкой чувствительности либо из-за аморфности соединений железа. Учитывая большую потребность Республики Беларусь в коагулянтах для очистки сточных вод от коллоидных и мелкодисперсных примесей, было предложено использовать этот отход литейного производства для получения коагулянта. Сначала была проведена электромагнитная сепарация, что позволило повысить содержание Fe в отходе до 50 мас. %. Магнитная фракция, удаляемая во время электромагнитной сепарации, также содержит немагнитный материал (SiO<sub>2</sub>), по-видимому, вследствие его спекания с железом при высоких температурах, имеющих место в литейном производстве. Немагнитную фракцию, состоящую практически полностью из SiO<sub>2</sub>, предлагается также использовать в керамической промышленности (в производстве керамического кирпича, плитки, художественных изделий), а магнитную фракцию использовать для получения железосодержащего коагулянта.

Для получения коагулянта магнитную фракцию железосодержащей пыли обрабатывали различным количеством соляной кислоты при нагревании до 100 °С. Процесс сопровождался интенсивным выделением газа (водорода), после окончания которого суспензию охлаждали, выдерживали в течение различного времени

(от 1 до 7 с), отфильтровывали и промывали. В фильтрате определяли концентрацию  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  и  $Fe_{общ}$ , а также определяли элементный состав твердой фазы, на основании которого было установлено, что полное извлечение железа из отхода происходит после хранения суспензии в течение 2 с.

На основании проведенных исследований были предложены следующие условия получения коагулянта из железосодержащей пыли литейного производства: предварительная электромагнитная сепарация, добавление к магнитной фракции 18%-ной соляной кислотой в соотношении отход: кислота 1:7, нагревание при 100 °С 30 мин, хранение в течение 2 сут, фильтрация. После разбавления полученного коагулянта до концентрации  $Fe^{3+}$  3 г/дм<sup>3</sup> исследовали эффективность его использования для очистки сточных вод, загрязненных различными коллоидными и мелкодисперсными примесями неорганического и органического происхождения.

Эффективность очистки сточных вод с использованием разработанного коагулянта составила от 96 до 99 % в зависимости от вида примесей и во всех случаях не уступает эффективности очистки с использованием железосодержащего коагулянта, выпускаемого промышленностью, а в некоторых случаях оказывается даже несколько выше за счет флокулирующих свойств полученного коагулянта.

#### Список литературы

1. Промышленность Республики Беларусь: Статистический буклет / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 51 с.
2. Витязь П.А., Толстой А.В., Садоха М.А. Анализ состояния литейных производств Республики Беларусь // Литье и металлургия. – 2019. – № 3. – С. 35–40.
3. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия / Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – М., 2013. – 31 с.

### **Об авторах**

**Залыгина Ольга Сергеевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная экология», Белорусский государственный технологический университет, e-mail: zalyhina@mail.ru

**Чепрасова Виктория Игоревна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Промышленная экология», Белорусский государственный технологический университет, e-mail: cheprasova@belstu.by

**Старовойтова Татьяна Леонидовна** – студентка IV курса специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», Белорусский государственный технологический университет, e-mail: alimpiya26@gmail.com