

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ БРИКЕТОВ ИЗ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПЫЛЕВИДНЫХ ОТХОДОВ

Н. И. УРБАНОВИЧ, канд. техн. наук, **С. В. КОРНЕЕВ**, канд. техн. наук,
Р. С. МАРШАЛКОВСКИЙ

Белорусский национальный технический университет

А. С. РАКОВЕЦ

РИУП «НТП БНТУ «Политехник»

В работе приведены результаты изучения влияния связующего на механическую прочность брикетов из металлосодержащих пылевидных отходов. Показано, что количество жидкого стекла, обеспечивающее рекомендуемую прочность брикетов на раздавливание, для брикетов, высушенных при 120 °С в течение 1 ч, и брикетов, высушенных в течение 7 сут. при температуре 20 °С на воздухе, составляет от 5 % и выше. Значения прочности таких брикетов составляют 20–25 МПа. Установлено, что наилучшие значения по осыпаемости получены у брикетов, в состав смеси которых входит связующее в виде натриевого жидкого стекла в количестве 5 % и выше.

Ключевые слова: железосодержащие пылевидные отходы, брикет, шихта, связующее.

STUDY OF THE EFFECT OF THE BINDER ON THE MECHANICAL STRENGTH OF BRIQUETTES MADE OF METAL-CONTAINING PULVERIZED WASTE

N. I. URBANOVICH, Ph. D. in Technical Sciences, **S. V. KORNEEV**,
Ph. D. in Technical Sciences, **R. S. MARSHALKOUSKI**

Belarusian National Technical University

A. S. RAKOVETS

Science and Technology Park of BNTU “Polytechnic”

The paper presents the results of studying the effect of a binder on the mechanical strength of briquettes from metal-containing dusty waste. It is shown that the amount of liquid glass that provides the recommended crushing strength of briquettes for briquettes dried at 120 °C for 1 hour and briquettes dried for

7 days at 20 °C in air is 5 % or more. The strength values of such briquettes are 20–25 MPa. It has been established that the best values for shattering are obtained for briquettes, the mixture of which includes a binder in the form of sodium liquid glass in an amount of 5 % or more.

Keywords: *iron-containing pulverized waste, briquette, charge, binder.*

В процессе производственной деятельности металлургического и литейного производства в Республике Беларусь образуется большое количество разнообразных отходов, многие из которых являются ценными вторичными ресурсами. К ценным вторичным ресурсам, например, можно отнести такие отходы, как железосодержащие пыли газоочисток электросталеплавильных печей, дробеструйных установок, пыли газоочисток в процессе колки дробы, а также пыли, образующиеся при расसेве колотой дробы.

Наиболее перспективным направлением переработки пылевидных железосодержащих отходов, в том числе и цинкжелезосодержащих, является совместное компактирование (брикетирование) данных отходов вместе с восстановителем и связующим, характерными особенностями которого являются возможность организации участков различной производительности, гибкость технологических решений, низкая энергоемкость и экологическая нагрузка. Брикетирование позволит уменьшить величину активной поверхности материала и таким образом ограничить ее взаимодействие с атмосферой печи. При этом достигается максимальное использование объема печи и исключается унос материала газами. Добавление связующих в брикет предназначено для увеличения их прочности.

В настоящее время большое распространение получила технология брикетирования методом холодного прессования. В первую очередь это связано с тем, что брикеты позволяют отказаться от обжиговых технологий, применяемых для обеспечения необходимой прочности.

Целью настоящей работы является изучение влияния связующего при брикетировании шихты на механическую прочность. Механическая прочность является важным показателем оценки пригодности материала к металлургической обработке. Таким материалом будут являться брикеты, изготовленные из пылевидных железосодержащих отходов. Механическую прочность брикетов определяют

в основном по таким показателям, как прочность на раздавливание и истираемость [1]. Определяющее значение для прочности брикетов имеет связующее. Оно должно обладать не только высокими вяжущими свойствами, но и сохранять свою прочность при температурах до 1200–1250 °С, а также вносить минимальное количество вредных примесей.

Связующая композиция состоит из самого связующего, отвердителя или катализатора отверждения, а также может включать специальные модифицирующие добавки для достижения определенных служебных характеристик самого связующего [2].

Связующее является основой композиции, образуя при затверждении мосты между частицами компонентов, составляющих брикет и должно обладать как высокой собственной прочностью (когезионной), так и адгезией к компонентам.

Отвердитель или катализатор – компонент, который вызывает отверждение связующего, но сам при этом не обладает связующими свойствами. Отвердитель вступает в прямое (углекислый газ в СО₂-процессе) или косвенное (путем разложения, например, при гидролизе сложных эфиров в смесях с жидким стеклом) химическое взаимодействие со связующим материалом. Катализатор обеспечивает отверждение связующего в результате изменения рН среды.

Связующие по исходной химической природе делятся на органические и неорганические, в том числе водорастворимые и неводорастворимые.

Органические и неорганические связующие принципиально отличаются своим поведением при нагреве. Органические связующие разлагаются в интервале температур свыше 300 °С с выделением газовой фазы (СО, СО₂, углеводороды, мономеры и пр.) и образованием твердого коксового остатка. Неорганические связующие могут претерпевать при нагреве (после испарения воды, в основном заканчивающегося при 300 °С) различные химические изменения, как правило, не сопровождающиеся газификацией и завершающиеся переходом в устойчивую форму оксида или соли.

Отмеченные особенности поведения органических и неорганических связующих при нагреве обуславливают некоторые различия в их технологических свойствах. Неорганические связующие менее

газотворны, но более термостойки и благоприятны в санитарно-гигиеническом отношении.

Важнейшее преимущество органических связующих заключается в их способности отверждаться с образованием прочных структур. В результате этого расход лучших органических связующих составляет 0,8–1,2 мас. ч. на 100 мас. ч. основного компонента, что в 3–4 раза ниже, чем для неорганических связующих. Однако органические связующие имеют основной недостаток – повышенную газотворность, ухудшающую санитарно-гигиенические условия труда.

В связи с вышесказанным, наиболее приемлемым связующим для брикета будет являться неорганическое соединение водного раствора щелочных силикатов – жидкое стекло, при этом рекомендуется использовать натриевое жидкое стекло, обладающее более низкой активностью по отношению к футеровке. Жидкое стекло к тому же находит применение в литейном производстве и не является дефицитным материалом. Для сценки возможностей промышленного производства брикетов из пылевидных железосодержащих отходов металлургического и литейного производств были выполнены лабораторные исследования условий их получения с определением прочностных свойств. Исследования по оценке возможности изготовления брикетов проводили на пылевидных железосодержащих отходах, полученных в результате отсева литой дроби Могилевского металлургического завода. С этой целью были изготовлены экспериментальные образцы брикетов из пылевидных отходов, полученных в результате отсева при производстве литой дроби, где в качестве связующего использовали натриевое жидкое стекло. При этом для исследования влияния количества связующего на механические свойства брикета вводили различное количество жидкого стекла, содержание которого составляло в (% по массе): 2,5; 5,0; 7,5; 9,5; 11,5. Окускование осуществляли вручную с помощью трамбовки в пластиковых формах. Следует отметить, что брикеты легко извлекались из пластмассовых форм, так как они не вступали в химическое взаимодействие с жидким стеклом. После изготовления брикетов одну экспериментальную партию сушили при температуре 120 °С в течение 1 ч, а другую на воздухе в течение 7 сут. На рисунке 1 показан внешний вид полученных брикетов.



Рисунок 1 – Внешний вид брикетов, формирование которых осуществляли вручную с помощью трамбовки в пластиковых формах

Брикеты имеют вид усеченного конуса. Средний диаметр, полученных брикетов составил 46 мм, а высота – 20 мм. Так как основной задачей окускования является производство качественного окускованного продукта, обладающего необходимой прочностью для транспортировки и загрузки в плавильный агрегат, а также снижение пылевыноса и ликвидация аварийных ситуаций при пиromеталлургическом производстве, брикеты должны обладать определенной механической прочностью. Механическую прочность брикетов определяли по таким показателям, как прочность на раздавливание и истираемость (осыпаемость).

Прочность брикетов на раздавливание определяли на гидравлическом прессе Р20. Разрушающую нагрузку для брикетов определяли при сжатии до момента начала их разрушения. Испытания проводили на брикетах, которые подвергались сушке при 120 °С и на воздухе в течение 7 сут. На рисунке 2 показан брикет после испытаний его на раздавливание, результаты исследований по влиянию количества жидкого стекла в брикете и условий его сушки на прочностные свойства представлены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Брикет после испытаний его на раздавливание

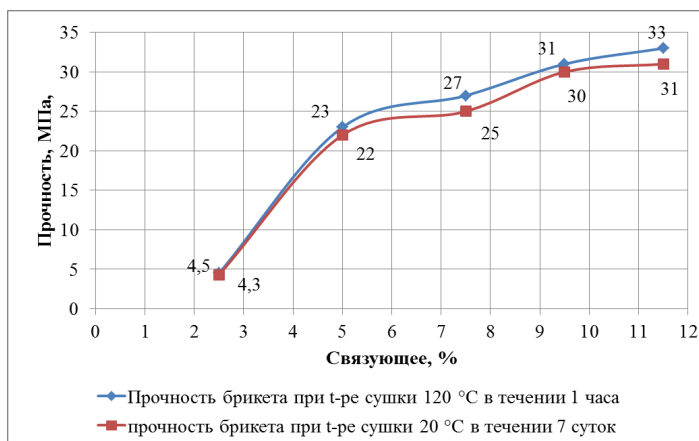


Рисунок 3 – Зависимость прочности брикетов на раздавливание от количества связующего и условий их сушки

Анализ зависимостей показал, что с повышением в составе брикета связующего, в качестве которого использовали натриевое жидкое стекло, прочность брикета возрастает независимо от условий его сушки. При этом брикеты, высушенные при температуре 120 °C в течение 1 ч или в течение 7 сут на воздухе при температуре 20 °C, имеют почти одинаковые значения прочности при одинаковых значениях количества связующего. Известно, что для использования брикетов в качестве шихты достаточной прочностью на раздавливание считается прочность 20–25 МПа. Отсюда следует, что для получения рекомендуемой прочности 21–25 МПа при изготовлении их в условиях ручной формовки, количество жидкого стекла составляет от 5 % и выше. Сушку брикетов можно осуществлять при температуре 120 °C в течение 1–2 ч или в течение 5–7 сут при температуре 20 °C.

Осыпаемость брикетов оценивали на приборе для определения осыпаемости песчаных стержней (рисунок 4) при времени испытаний 30 мин.



Рисунок 4 – Прибор для определения осыпаемости песчаных стержней

Метод основан на определении величины потери массы смеси в сыром, высушенном или отвердевшем состоянии при трении этой смеси о стенки сетчатого барабана. Перед испытанием брикеты взвешивали, затем помещали в центральную часть барабанов, вращающихся в горизонтальной плоскости, и вращали с частотой вращения 60 ± 5 об/мин в течение 5 мин. Затем барабан останавливали, извлекали образцы и снова взвешивали. Общее время испытаний составляло 30 мин. Осыпаемость высчитывали в процентах по формуле (ГОСТ 23409.9-78). Исследования проводили на брикетах, полученных после сушки при 120°C в течение 1 ч. На рисунке 5 представлена зависимость осыпаемости от количества связующего в смеси.

Анализ зависимости показал, что с повышением в составе брикета связующего, в качестве которого использовали натриевое жидкое стекло, осыпаемость брикета снижается. При этом наибольшие значения осыпаемости имеют брикеты с содержанием 2,5 % жидкого стекла. Наблюдается интенсивное снижение осыпаемости до значений 5,9 % при содержании связующего 5 %. Далее с повышением содержания жидкого стекла в смеси брикета величина значений осыпаемости почти не изменяется.

Таким образом, наилучшие значения по осыпаемости брикетов получены, если в состав смеси входит связующее в виде натриевого жидкого стекла в количестве 5–7 %.

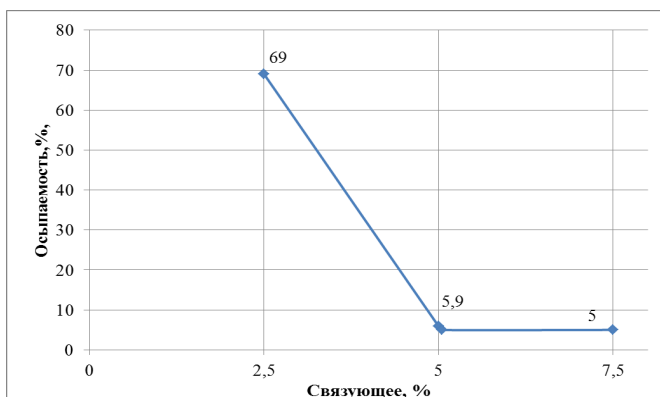


Рисунок 5 – Влияние количества связующего в составе смеси брикетов, полученных после сушки при 120 °С в течение 1 ч, на их осыпаемость

С целью определения оптимального количества жидкого стекла на осыпаемость брикетов определяли также ее и по ГОСТ 2787-75. Для испытаний были взяты брикеты, высушенные при температуре 120 °С в течение 1 ч с содержанием жидкого стекла (масс.): 2,5 %, 5 %, 7,5 %. Осыпаемость брикетов определяли методом трехкратного сбрасывания сухих брикетов с высоты 1,5 м на бетонную плиту. Результаты опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние количества жидкого стекла на осыпаемость брикетов

Количество жидкого стекла, %	Осыпаемость
2,5	49
5	8,8
7,5	8,5

Результаты экспериментов, представленные в таблице 1, показали и позволили подтвердить, что наиболее низкую осыпаемость имеют брикеты, содержащие 5 % и выше жидкого стекла.

Таким образом, результаты экспериментов показали, что наилучшую механическую прочность имеют брикеты из железосодержащих пылевидных отходов, содержащие 5 % жидкого стекла и выше.

Выводы:

1. Установлено, что с повышением в составе брикета связующего, в качестве которого использовали натриевое жидкое стекло, прочность брикета возрастает независимо от условий его сушки, которую осуществляли в печи при температуре 120 °С в течение 1 ч, а так же в течение 7 сут на воздухе при температуре 20 °С.

2. Показано, что количество жидкого стекла, обеспечивающее рекомендуемую прочность брикетов на раздавливание для брикетов, высушенных в печи при 120 °С в течении 1 ч, и брикетов, высушенных в течении 7 сут при температуре 20 °С на воздухе, составляет от 5 % и выше. Значения прочности таких брикетов составляют 20–25 МПа.

3. Установлено, что наилучшие значения по осыпаемости получены для брикетов, в состав смеси которых входит связующее в виде натриевого жидкого стекла в количестве 5 % и выше.

4. Предлагаемый технологический процесс изготовления брикетов из пылевидных железосодержащих отходов, полученных в результате отсева литой дроби на Могилевском металлургическом заводе, предполагает перемешивание 100 весовых частей отходов с 5–7 весовыми частями натриевого жидкого стекла и формование брикетов в металлических или пластиковых формах.

Список литературы

1. **Вегмана, Е. Ф.** Доменное производство: Справочное пособие. В 2-х т. Т. 1. Подготовка руд и доменный процесс / Е. Ф. Вегмана. – М.: Металлургия. – 1989. – 496 с.

2. **Комаров, О. С.** Переработка и использование отходов, содержащих цветные металлы / О.С. Комаров, Д.О. Комаров, Н.И. Урбанович. – Минск: БНТУ, 2018. – 114 с.

References

1. **Vegmana, E. F.** *Domennoe proizvodstvo. V 2 t. T.1. Podgotovka rud i domennyj process* [Domain production: Reference manual. In 2 vols. T. 1. Preparation of ores and blast furnace process] / E. F. Vegmana. – Moscow: Metallurgiya Publ. – 1989. – 496 p.

2. Komarov, O. S. *Pererabotka i ispol'zovanie othodov, soderzhashchih cvetnye metally* [Processing and use of waste containing non-ferrous metals] / O. S. Komarov, D. O. Komarov, N. I. Urbanovich. – Minsk: BNTU Publ., 2018. – 114 p.

Поступила 12.10.2022

Received 12.10.2022