

УДК 621.742

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГУБЧАТОГО ЖЕЛЕЗА НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

¹Мамедов А.Т., ²Исмаилов Н.Ш., ¹Бабаев А.И., ¹Гусейнов М.Ч.

¹Азербайджанский Технический Университет
Az1148, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25

²ПЮЛ "Азербайджанская Государственная Морская Академия"
Az1000, г. Баку, ул. З. Алиевой, 18
E-mail: ariff-1947@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены меры предосторожности при транспортировке губчатого железа на морском транспорте. Показано, что при взаимодействии влаги происходит выделение водорода, поэтому материал нежелательно погрузить на морские суда в условиях высокой влажности.

Рекомендована четкая организация контроля изменения концентрации H_2 , CO и CO_2 , соблюдая необходимые меры предосторожности. Представлена общая схема мониторинга газов в закрытых помещениях и способы контроля воздушной среды трюмов судов при транспортировке губчатого железа.

Описаны методики определения скорости окисления, количества водорода, который увлажняет губчатое железо и повышает его возгораемость. Приведены схемы устройств и принцип работы специальных установок, а также методики лабораторного контроля качества губчатого железа при транспортировке на судне.

Xülasə. Dəniz nəqliyyatı ilə süngər dəmirin daşınması zamanı təhlükəsizlik tədbirləri müzakirə olunur. Qeyd edilir ki, rütubətə məruz qaldıqda süngər dəmirdən hidrogen və karbon qazları ayrılır, ona görə də materialın yüksək rütubətli şəraitdə dəniz gəmilərinə yüklənməsi arzuolunmazdır.

Qazların konsentrasiyalarında dəyişikliklərin monitorinqi üçün lazımi ehtiyat tədbirlərinə riayət etməklə təşkilati tədbirlər tövsiyə olunur. Qapalı məkanlarda qazların qatılığına nəzarətin ümumi sxemi və süngər dəmirinin daşınması zamanı gəmi anbarlarında havanın tərkibinin monitorinqi üsulları təqdim olunur.

Oksidləşmə dərəcəsini, süngər dəmiri nəmləndirən hidrogenin miqdarını və alışma qabiliyyətini təyin etməyin metodikaları təsvir edilmişdir. Bu məqsədlə tətbiq edilən xüsusi qurğuların sxemləri və iş prinsipləri, habelə gəmidə nəqlətmədə süngər dəmirin laborator nəzarətinin metodikaları verilmişdir.

Abstract. Safety precautions for transporting sponge iron by sea are discussed. It is noted that hydrogen is released when exposed to moisture, so loading the material onto seagoing vessels in high-humidity conditions is undesirable.

A clear organization for monitoring changes in H_2 , CO and CO_2 concentrations, while observing necessary precautions, is recommended. A general framework for monitoring gases in enclosed spaces and methods for monitoring the air in ship holds during the transportation of sponge iron are presented.

Methods for determining the oxidation rate, the amount of hydrogen that moistens sponge iron, and flammability are described. Schematic diagrams of the devices and the operating principles of special installations are provided.

Ключевые слова: меры предосторожности, морской транспорт, губчатое железо, концентрация газов, схема мониторинга, методика определения

Açar sözlər: ehtiyat tədbirləri, dəniz nəqliyyatı, süngər dəmir, qazların konsentrasiyası, monitoring sxemi, təyinetmə üsulu

Key words: *precautions, maritime transport, sponge iron, gas concentration, monitoring scheme, determination method*

Введение. Технология транспортировки грузов - одна из составляющих системы обеспечения безопасности при его доставке. Вопросы безопасной перевозки грузов стали одними из важнейших в деятельности Международной Морской Организации (ИМО).

Перевозка навалочных грузов морем регулируется Кодексом безопасной практики для твёрдых навалочных грузов. В соответствии этих правил многие грузы, проявляющие опасные химические свойства при транспортировке навалом, имеют класс опасности ИМО-МНВ. Ежегодно ИМО фиксирует инциденты, связанные с транспортировкой грузов МНВ [1].

Постановка вопроса в таком аспекте особенно важна для железа прямого восстановления - "губчатое железо" - продукта с высокой товарной ценностью для предприятий металлургической промышленности. Этот груз классифицирован ВС Code и национальными правилами РД 31.11.01-92 как вещество опасное навалом - МНВ. Объемы морских перевозок "губчатого железа" из портов России и Украины имеют устойчивую тенденцию к возрастанию [2].

Металлургические предприятия Азербайджанской Республики также остро нуждаются в губчатом железе для выплавки стали и ферросплавов. Поэтому поставка качественного ГЖ в эти предприятия из стран СНГ и других стран, как правило, осуществляется морским транспортом.

Вместе с тем наша республика располагает мощным потенциалом морского транспорта, который в перспективе будет использоваться для перевозки ГЖ, получаемого из Дашкесанской руды в зарубежные страны. В связи с этим обеспечение контроля качества ГЖ, привозимого морским транспортом, является важнейшей научно-технической задачей [3-5].

Все формы "губчатого железа" - окатыши, комки, холодные отформованные брикеты - имеют высокую поверхностную активность как результат их пористой структуры. При открытом хранении и транспортировке "губчатое железо" в форме окатышей становится пожароопасным. Пожароопасность увеличивается при увлажнении, особенно при воздействии морской воды [6-8].

В результате металлизированный продукт обесценивается, констатируют коммерческий брак, возникает угроза безопасности. Губчатое железо в форме окатышей международные и национальные правила считают грузом закрытого хранения и транспортировки в инертной среде [9].

Это требует использования специализированных судов, что удорожает продукт и делает его неконкурентоспособным на рынке металла. Изменить товарную форму, т.е. уменьшить пористость и активность поверхности нельзя, т.к. форма материала определяется последующей технологией его использования [10].

Для погрузки металлического материала (ММ) применяются различные оборудование, такие как краны, вагоны опрокидыватели, транспортеры и т.д. При осуществлении этих процессов при сухом климате уровень металлизации губчатого железа (ГЖ) не происходит. Однако в условиях, когда влажная погода при погрузке и внутриконтинентальной перемещении степень металлизации губчатого железа снижается [1,2].

При морской транспортировке металлического материала ситуация особенно усложняется. В условиях взаимодействия влаги происходит выделение водорода, поэтому губчатого железа нежелательно погрузить на морские суда в условиях влажности [8,9].

Поэтому в условиях отсутствия защиты ГЖ от воздействия влаги перед погрузкой на суда необходимо хранить его в закрытых помещениях (складах, вагонах и т.д.). Эту защиту можно проводить с помощью брезента. При наличии дождя разгрузка ГЖ в порту назначения не должна быть. Поэтому к потребителю ГЖ доставляется более длительным путем [10].

Эти предосторожности принимаются против дождевой, но и против трюмной влаги. Трюмную воду нужно покрывать лесоматериалами, а в углах, где накапливаются конденсаты, следует засыпать деревянными опилками.

Для ГЖ влага представляет собой опасность, поэтому при погрузке и разгрузке более удобны закрытые ленточные конвейеры, по сравнению грейферными кранами. Вследствие высокой насыпной массы и меньшей сыпучести ГЖ пневмотранспорт нельзя применять для этих работ, как это делается для погрузки зерна, цемента и т.д.

Целью работы является анализ мер предосторожности при транспортировке губчатого железа на морском транспорте в условиях взаимодействия высокой влажности. Рассматриваются также организация контроля концентрации газов и способы мониторинга воздушной среды трюмов судов.

Основное содержание. В трюмах судов создается большое воздушное пространство из-за высокой насыпной массы ГЖ при транспортировке морским путем. При организации контроля изменения в этом пространстве концентрации H_2 , CO и CO_2 , можно обеспечить необходимые меры предосторожности.

Общая схема контроля образования этих газов в воздушных средствах трюмов судов представлена на рисунке 1.

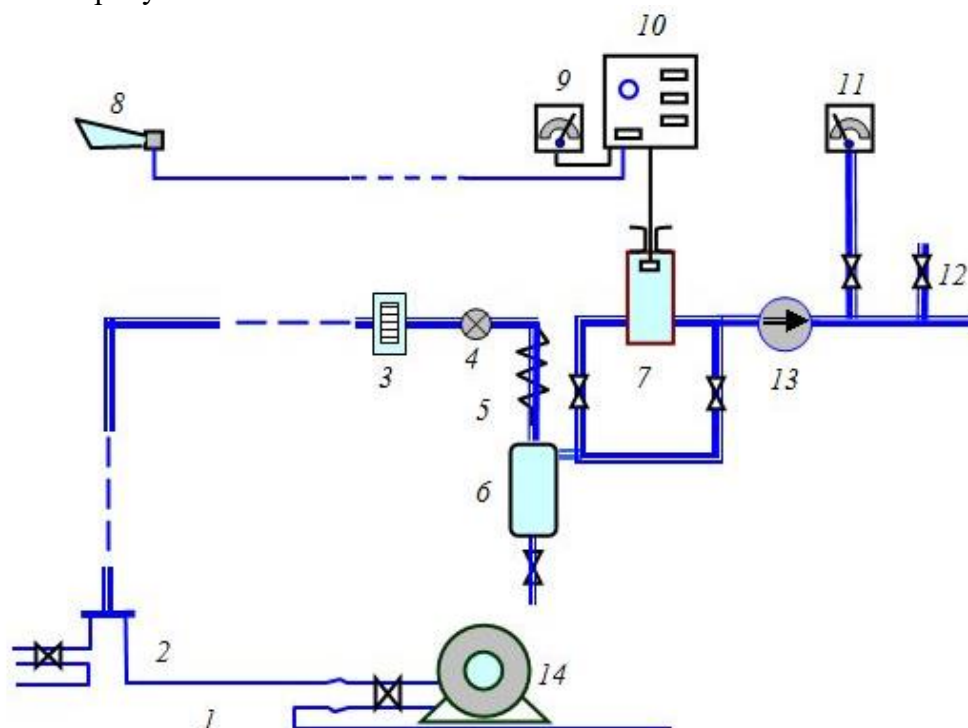


Рис. 1. Схема контроля воздушной среды трюмов судов при морской транспортировке ГЖ:

- 1 – трюм; 2 – связующие и вентиляционные линии;
3 – фильтр; 4 – трехходовой кран; 5 – холодильник; 6 – сборник конденсата;
7 – измерительная камера для водорода с каталитической ячейкой; 8 – сигнальная сирена;
9 – прибор, показывающий содержание водорода; 10 – преобразователь измерений; 11 – анализатор кислорода; 12 – анализаторы CO и CO_2 ; 13 – газовый насос; 14 – вентилятор

Температура ГЖ в дополнительном измерении не нуждается, так как при этом быстрое действие термопар в случае опасности бывает незначительными. Ввиду того, что при окислении ГЖ дым не выделяется, системы контроля дымообразования, устанавливаемые обычно на кораблях не заменяют описанного выше устройства.

Мощность вентилятора и вентиляционные разводки в данной системе рассматриваются на каждое судно отдельно. В то же время остальное оборудование может быть типовым с соединением показаний приборов в рубку.

В трюмах отбор проб газа и выводы вентиляционных рукавов должны соответствовать верхним слоям насыпей ГЖ. В зависимости от емкости трюмов мощность вентиляторов колеблется от 2,2 до 6,2 тыс.м³/ч. В случае, когда концентрация O₂ в воздушном пространстве трюмов составляет 18-23%, а следы H₂ и CO отсутствует, при этом не происходит окисление ГЖ.

При концентрации до 1% H₂ и 16-20% O₂, это является признаком начала окисления ГЖ. В случае скоротечного окисления концентрация O₂ возрастает до 4,0 % и более, а концентрация O₂ уменьшается до 15% и менее. Появление в среде до 5,6% и более CO и уменьшение концентрации O₂ до 10% и менее является показателем воспламенения ГЖ.

При обеспечении выше отмеченных мероприятий на погрузочно-разгрузочных работах и самой транспортировке, можно отказаться от качественных брикетирования и даже пассивации ГЖ. Однако в лабораторных условиях склонность к окислению Fe каждой партии перед погрузкой нужно определить и оценить следующие три величины: скорости окисления; выделения H₂; температуры загорания.

Знание этих величин дает возможность определить количество тепла в трюмах и наиболее неблагоприятных случаях, как часто нужно включать вентиляторы.

Определение скорости окисления лабораторным способом (рис. 2) заключается в следующем: навеску 250 – 550 г смачивают дистиллированной H₂O в количестве 4,6% (по массе) или 4,6 %-ным раствором NaCl в том же количестве. Пересчет O₂ на величину с размерностью г O₂/(кг·ч) поглощенный навеской в течение первого часа принимают как показатель для оценки.

Масса навески ГЖ составляет 650 – 1150 г, температура воды 60°C. После чего погружают в дистиллированную воду или в 5 %-ный раствор NaCl. Длительность погружения составляет на менее 3 дней. Общее количество выделившегося H₂ (при 0°C и 760 мм рт.ст.) рассчитывают на каждый период анализа.

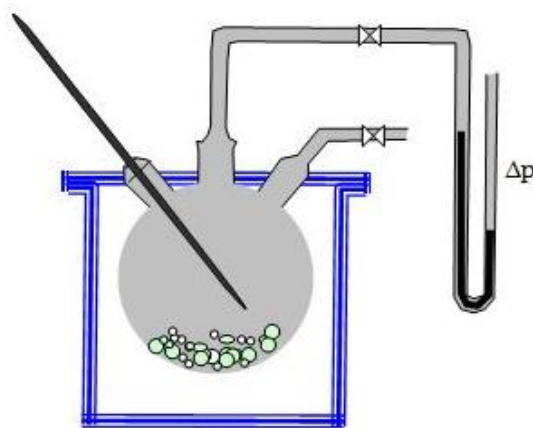


Рис. 2. Установка для определения скорости окисления ГЖ

Образование H_2 определяют на следующий установке (рис.3). Следующим образом определяют температуру возгорания. Навеску 560-660 г гранул ГЖ диаметром 2,9 – 10,2 мм загружают в сосуд емкостью 500см³, которую устанавливают в сушильную печь (рис. 4).

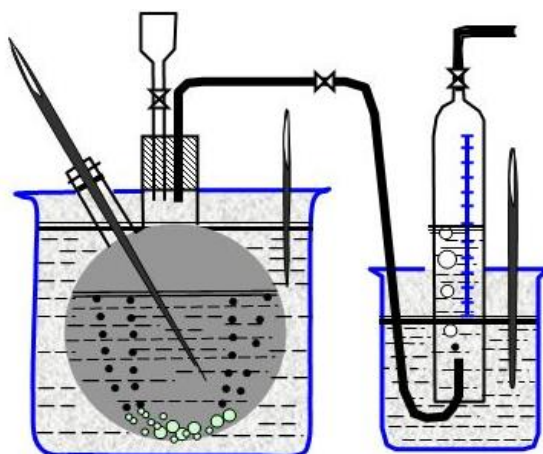


Рис. 3. Установка для определения количества H_2 , который увлажняет ГЖ

После ввода в рабочее пространство камеры и в сосуд с ГЖ термопары, температура в камере повышают сначала быстро, а затем постепенно, например, до 160, 190, 210, 230, 240, ...°С, с тем чтобы происходило выравнивание температуры сосудом ГЖ и рабочей емкости камеры. Когда температура сосуда и ГЖ превысит температуру камеры, это считается как температура возгорания.

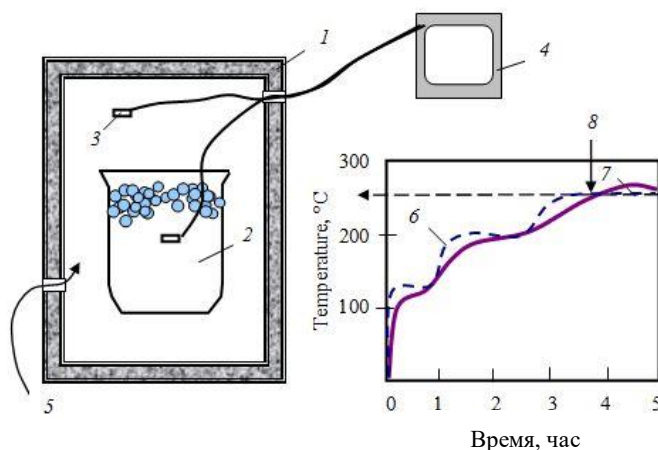


Рис. 4. Установка и график для определения возгораемости ГЖ:

1 – сушильная печь; 2 – образец; 3 – термопары; 4 – показывающий прибор;
5 – вентиляция; 6 – температура камеры; 7 – температура образца;
8 – начало возгорания

Закключение. Таким образом, предложены меры предосторожности при транспортировке губчатого железа на морском транспорте. Указано, что в условиях взаимодействия влаги происходит выделение водорода, поэтому материал, то есть ГЖ нежелательно погружать на морские суда в условиях высокой влажности. При этом предоставлен подход организации контроля изменения концентрации газов при соблюдении необходимых мер предосторожности.

Представлены общая схема мониторинга газов в закрытых помещениях и способы контроля воздушной среды трюмов судов при транспортировке губчатого железа. Изложены методики определения скорости окисления, количества водорода и возгораемости, приведены схемы устройств и принцип работы специальных установок.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Науки Азербайджана – Грант № AEF – MCG – 2023 – 1 (43) – 13(01)1-M-01

Литература

1. Завидонский В.А. Пути защиты губчатого железа от вторичного окисления. Москва, Металлургия, 2001, 210с.
2. Кулишева Л.А. Совершенствование технологии морской перевозки при транспортировке губчатого железа. Дисс. к.т.н., Санкт-Петербург, 2005, 218с.
3. Arif Mammadov, Subhan Namazov, Agil Babayev, Nizami Ismailov, Mukhtar Huseynov, Faiq Quliyev. Identification of the nature of the formation of surface defects in the body of the pipe intended for the oil and gas industry //"eureka: Physics and Engineering" Number 1, 2025, p.106-120. DOI: 10.21303/2461-4262.2025.003660.
4. A.T.Məmmədov, A.İ.Babayev, N.Ş.İsmayilov, M.Ç.Hüseynov. Analysis of the current state of alloy steel production technology in Azerbaijan// istec International Science and Technology Conference, 2024, October 17-18, 2024. Azerbaijan Technical University, Azerbaijan. Abstract Book. ISSN 2146-7366, p. 965-974.
5. Arif Mammadov, Nizami Ismailov, Agil Babayev, Mukhtar Huseynov, Batura Musurzayeva, Afet Jafarova. Transition to Innovative Metallurgical Technologies-Priority Direction of Decarbonization// The Sixth Eurasian Conference RISK-2024 COP-29 Side Event. Innovations in Minimization of Natural and Technological Risks of Climate Changes: Methodology and Practice. Reliability: Theory & Applications, номер SI 6 (81) том 19. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2024-681-1171-1178>. https://www.gnedenko.net/Journal/2024_6SI.htm.
6. Məmmədov A.T., İsmayilov N.Ş., Babayev A.I., Hüseynov M.C., Əliyev İ.A., Mənsimov K.T. Yeni reallıqlar şəraitində dünyada polad istehsalının əsas tendensiyaları (1-ci məlumat)// “Su nəqliyyatının problemləri” XIX Beynəlxalq elmi-texniki konfrans, Məruzə materialları, 2-3 may 2024 BAKI, s.32-38. https://www.researchgate.net/publication/384924355_BETK_materiallari_2024_1.
7. Мамедов А.Т., Исмаилов Н.Ш., Ханкишиев И.А., Келбиев Ф.М., Бабаев Л.В. Перспективы применения металлургических продуктов азербайджана в судостроении и судоремонте // ADDA-nın Elmi əsərləri, 2024, №1, s.44-47. [https://adda.edu.az/uploads/Elmi%20eserler%20%E2%84%96%201%20\(1\).pdf](https://adda.edu.az/uploads/Elmi%20eserler%20%E2%84%96%201%20(1).pdf)
8. Корольченко И.А. Тепловое самовозгорание насыпей и отложений твердых дисперсных материалов. Дисс. д.т.н., Москва, 2007, 471с.
9. Казаков А.В. Определение критических условий очагового возгорания материалов. Дисс. к.т.н., Москва, 2006, 124с.
10. Субботин А.Н. Тепломассоперенос при зажигании и горении структурно неоднородных сред. Дисс. д. ф. м. н., Томск, 2011, 307с.

Мəqalə qəbul olunub: 08.10.25
Təvsiyə edib: dos. Abbasov E.O.