

**В.А. НЕВЕДОМСКИЙ**, к.т.н., начальник цеха

ОАО «Никопольский завод ферросплавов» (ОАО НЗФ)

**Н.С. МИХАЙЛЕНКО**, директор

ООО «Техно-Скарм», г. Никополь, Днепропетровская область

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ ИЗ ОГНЕННО-ЖИДКИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ И ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ\*

В работе приведены результаты исследований структурно-фазовых превращений шлаков силикомарганца в зависимости от температуры. Показано, что разработанные на основе этих исследований способы получения шлаколитых изделий из огненно-жидких расплавов с регулируемым теплоотводом обеспечивают необходимые физико-химические свойства материалов, а армирование металлическим каркасом повышает конструкционную прочность и долговечность. Приведенные результаты исследований подтвердили, что СКАРМ-технология позволяет надежно защитить от излучения и исключает проникновение радионуклидов в окружающую природную среду. Разработанные конструкции контейнеров объемом 1,5–4,0 м<sup>3</sup> и изготовленные в цехе шлакового литья ОАО НЗФ, позволяют решить одну из проблем – защиту окружающей природной среды от накопленных экологически опасных отходов.

**энергосбережение, жидкие шлаки, кристаллизация, свойства шлакового литья, радиоактивные отходы, радиационная устойчивость материалов, контейнеры для радиоактивных отходов, захоронения экологически опасных отходов**

Разработка технологии черного, белого и цветного (сиграна) шлакоситаллов на основе гранулированных доменных шлаков – крупное достижение в области синтеза новых видов стеклокристаллических материалов с использованием вторичных производств, которое получило промышленное внедрение. Однако наиболее энергосберегающим видом технологии является применение шлаков в виде высокотемпературного расплава непосредственно из металлургических печей и формование стеклокристаллических материалов методом литья, так как в каждой тонне огненно-жидкого шлака содержится около 1,6х10 кДж тепловой энергии [1, 2]. Такое производство целесообразно организовывать на металлургических заводах или в непосредственной близости к ним, что позволит сохранить физическую теплоту расплава, внедрить малоотходную энергосберегающую технологию, в 4–7 раз сократить производственные площади, значительно снизить себестоимость основной продукции и создать комплексные ресурсосберегающие технологии.

Шлаки силикомарганца в нашей стране в основном перерабатываются путем водной грануляции в шлак и дорожный щебень. Только на ОАО «Никопольский завод ферросплавов» (ОАО НЗФ) было организовано опытно-

промышленное производство стеклокристаллических изделий строительного и технического назначения методом литья из огненно-жидких шлаков. Годовая производительность – 1000 т. Однако процесс их изготовления требовал совершенствования, особенно в связи со строительством промышленного цеха производительностью 25 тыс. т/год, пуск которого осуществлен в 1991 году.

С пуском цеха (рис. 1) значительно расширился ассортимент продукции из стеклокристаллических материалов, полученных на основе огненно-жидких шлаков силикомарганца. Но для этого необходимо было выполнить соответствующие исследования и разработки.

### ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛАКОВ

По химическому составу силикомарганцевые шлаки ОАО НЗФ относятся к системе  $R_2O - MgO - CaO - MnO - Al_2O_3 - SiO_2$ .

Конечный шлак, поступающий из герметизированной рудно-термической печи, по выплавке силикомарганца на формование изделий представляет собой восстановленный расплав.

\* Статья опубликована по материалам XVI Международной конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2008 г.





Рисунок 1 – Наружный и внутренний вид цеха шлакового литья ОАО НЗФ

Восстановительные условия выплавки силикомарганца одновременно с работой печи при разрежении (3–5 Па) создают условия для присутствия серы в расплаве преимущественно в виде  $S^2$ . Многочисленные анализы показали, что в силикомарганцевом шлаке Никопольского завода сера присутствует в форме  $S^2$ .

Четко выраженный  $g$ -фактор, равный двум, на спектрах ЭПР свидетельствует о том, что марганец и железо в шлаке, поступающем на формование, находятся в двухвалентном состоянии и шестерной координации [1].

Разработка и усовершенствование технологии стеклокристаллических материалов строительного и технического назначения из огненно-жидких шлаковых расплавов силикомарганца привели к необходимости изучения его кристаллизационной способности и механизма кристаллизации в зависимости от температуры поступающего расплава шлака и температуры формования изделий методом литья. Подобная зависимость от теплового прошлого расплава известна для стеклообразных систем, и в последнее время ей уделяется особое внимание.

Петрографическим методом, ДТА (дифференциально-термический анализ на дериватографе), РФА (рентгенофазовый анализ на дифрактометре ДРОН-3), ИКС (инфракрасная спектроскопия на спектрометре ИКС-29), ЛРСА (локальный рентгеновский анализ на спектрометре MAP-1), электронной и оптической микроскопией установлено следующее:

- снижение кристаллизационной способности расплава по мере уменьшения температуры его отбора из печи вследствие дифференциации расплава в предкристаллизационный период и уже прошедших начальных стадий кристаллизации;
- увеличение степени закристаллизованности материала с понижением температуры отбора расплава на формование;

- высокая кристаллизационная способность расплава силикомарганцевого шлака, обусловленная выделением сульфидов марганца, высоким содержанием 3d-переходных элементов (Mn, Fe) и широкой возможностью изоморфизма  $Ca^{2+}$ - $Mn^{2+}(Fe^{2+})$ ,  $Mg^{2+}$ - $Mn^{2+}(Fe^{2+})$  при формировании пироксена  $(Mg, Fe^{2+}, Ca, Mn^{2+}) \cdot (Al, Fe^{3+}, Ca, Mn^{2+}) \cdot (Al, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}) \cdot [Si_2O_6]$ .

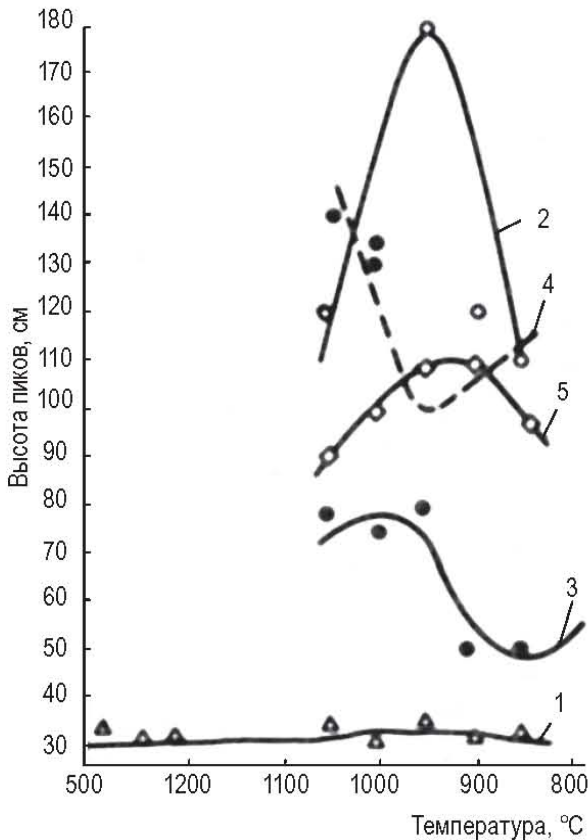
Установленная закономерность влияния теплового прошлого расплава на процесс кристаллизации дает возможность корректировать режим охлаждения и кристаллизации расплава силикомарганцевого шлака в зависимости от подготовленности его к кристаллизации [1].

Схему процесса кристаллизации огненно-жидкого шлака можно представить следующим образом (рис. 2): 1500 °С – выделение сульфида марганца; 1400–1300 °С – фазовое разделение, вероятно, ликвационного характера; 1200–1000 °С – начало кристаллизации с выделением пироксена, плагиоклаза; 1000–950 °С – интенсивное пироксенообразование.

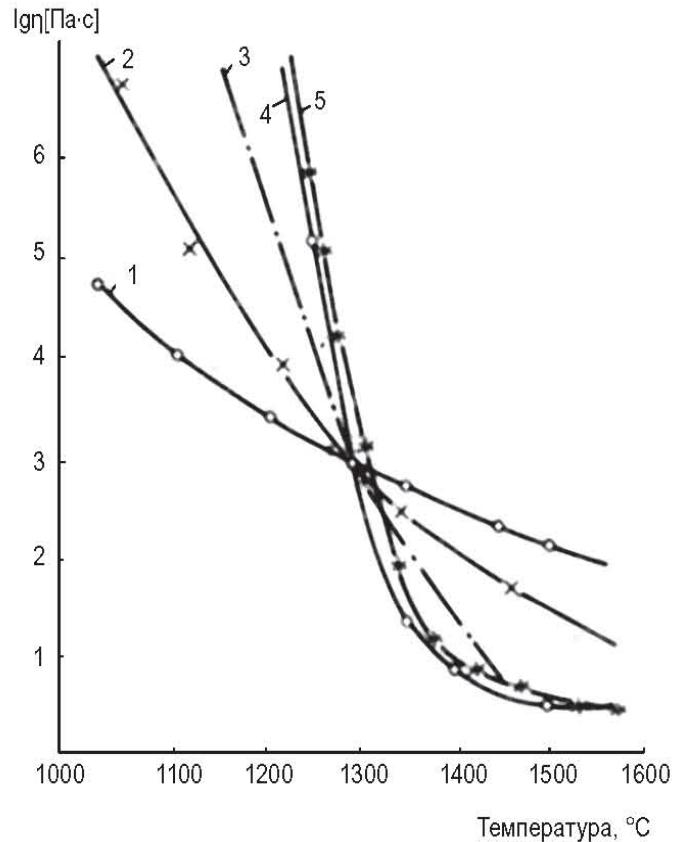
Установленные структурно-фазовые превращения расплава шлака силикомарганца с понижением температуры позволили объяснить резкое нарастание вязкости в интервале 1420–1330 °С (рис. 3). Эта температурная область совпадает с началом фазового разделения в расплаве, увеличением жесткости кремнекислородного каркаса структуры, что затрудняет при температурах ниже 1350 °С формование изделий сложной конфигурации из расплава вследствие большой скорости его затвердевания [2].

Установленные закономерности кристаллизации расплава силикомарганцевого шлака послужили основой разработки рациональных режимов формования изделий и последующей кристаллизации. В настоящее время в цехе шлакового литья ОАО НЗФ отработаны технологии получения материалов технического и строительного назначения.





**Рисунок 2 – Относительное содержание кристаллических фаз в процессе термообработки силикомарганцевого шлака:**  
 1 – бустамит; 2 – бустамит + тефроит; 3, 4 – Mn-диопсид; 5 – плагиоклаз + Mn-диопсид; 3, 4 – соответственно гранулированный и огненно-жидкий шлаки



**Рисунок 3 – Сравнительная температурная зависимость вязкости стекол и стеклокристаллических материалов:**  
 1 – стекло; 2 – белый шлакоситалл; 3 – каменное литье; 4 – силикатный расплав; 5 – силикомарганцевый шлак ОАО НЗФ

### ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СКАРМ

Свойства литья – СКАРМ (стеклокристаллический армированный материал) – открывают широкие возможности для его использования в конструкциях различных агрегатов, работающих в условиях абразивного износа, агрессивной среды и высоких температур не только в качестве футеровочного, но и конструкционного материала. Имеется опыт внедрения и перспективные разработки использования СКАРМ-литья в шихтовых бункерах, циклонах, томильных колодцах, газоходах ТЭЦ, вагонетках туннельных печей, дымовых трубах [3, 4].

Для расчета и проектирования конструкций, в том числе комплексных, с применением СКАРМ-литья необходимо знать физико-механические и деформационные характеристики этого материала и характер их изменения при воздействии высоких температур.

Проведены экспериментальные исследования кубиковой и призмной прочности, модуля упругости и деформативности СКАРМ-литья при нормаль-

ных и высоких температурах литья. Испытывали опытные образцы-кубы 50x50x50 и 70x70x70 мм; призмы 50x50x250 и 70x70x300 мм. Образцы были отлиты на специализированном участке литья ОАО НЗФ и прошли предварительную обработку (обрезку, распиловку и т.д.). Часть призм была снабжена специальными металлическими трубками, расположенными в форме до заливки шлакового расплава для установки выносных экстензометров при исследовании деформативности под нагрузкой при высоких температурах. Деформации измеряли индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, вынесенными при помощи нихромовых тяг за пределы нагревательной печи. Продольные и поперечные деформации призм под нагрузкой при нормальной температуре измеряли тензорезисторами с базой 50 мм с фиксированием величин деформаций цифровым тензометрическим мостом ЦТМ-5. Испытания образцов были выполнены по стандартным методикам. Характеристики литья определяли при нормальной температуре, в горячем состоянии при нагреве до 773 °K и

1073 °К, а также в охлажденном состоянии после нагрева до этих температур.

Данные испытаний свидетельствуют о том, что СКАРМ-литые имеет высокие прочностные характеристики, в 8–10 раз превышающие при нормальной температуре прочность наиболее часто употребляемых сейчас бетонов (прочностью 30–40 МПа). Это важное качество литья еще нигде целенаправленно не использовано в конструкциях [3].

Модуль упругости литья при нормальных температурах в 2–2,5 раза больше модуля упругости тяжелых высокопрочных бетонов, и значения его практически постоянны до нагрузок, равных 90–95 % разрушающих. Модуль упругости при нормальной температуре и в случае нагрева до 600 °С имеет практически одинаковые значения. Нагрев до 900 °С существенно (более чем на 40 %) снижает модуль упругости литья.

Температурные деформации при нагревании до 900 °С измеряли в процессе первого и второго нагрева. Получены значения коэффициента линейного расширения литья для диапазона температур, в котором представляется возможным его применение в качестве конструкционного материала.

Проведенные испытания позволили получить данные о физико-механических и деформативных характеристиках литья в диапазоне температур до 900 °С, необходимом для применения в различных конструкциях, в том числе комплексных, работающих в условиях абразивного воздействия, агрессивной среды и высоких температур [3].

В процессе изготовления СКАРМ-плит металлическая арматура подвергается длительному воздействию высокой температуры. Существенное влияние на арматуру оказывают электрохимические реакции, происходящие на границе металл – шлаковый расплав. Для количе-

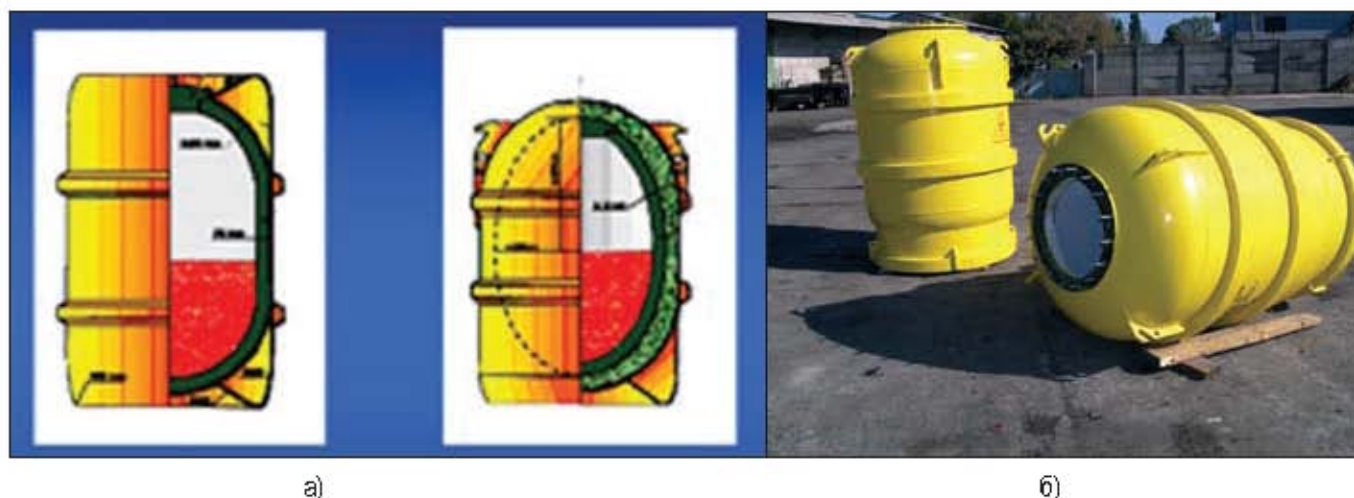
ственной и качественной оценки воздействия указанных факторов на физико-механические характеристики арматурной стали проведены экспериментальные исследования арматуры разных диаметров. Испытаниям подвергались стержни длиной 850 мм из арматуры класса АI диаметром 12, 18 мм; класса АII – диаметром 16, 32 мм; класса АIII – диаметром 8, 12, 16, 32 мм.

Таким образом, для армирования плоских изделий из СКАРМ-литья ферросплавного завода можно применять арматуру из стали классов АI, АII, АIII. Модуль упругости и прочности на растяжение арматурной стали этих классов в шлаколитых изделиях снижается на 12–14 %. В расчетах необходимо применять коэффициенты условий работы, рекомендуемые для термически упроченной стали. Для снижения влияния перегрева на оплавление граничных слоев металла, проникновение к ним кислорода и образование оксидных оболочек необходимо ослабить процессы электрохимической коррозии стали, используя защитные покрытия [4].

#### КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РАО И ИХ ОПИСАНИЕ

Для радикального, безопасного и экономичного решения проблемы утилизации и захоронения радиоактивных отходов (РАО) требуется большое количество специальных средств, а именно контейнеров универсального типа. Контейнеры для РАО являются одним из элементов обеспечения радиационной безопасности на основных стадиях обращения с отходами, начиная от сбора и хранения необработанных отходов и заканчивая захоронением кондиционированных РАО (рис. 4).

Рассмотрено достаточно большое количество конструкций контейнеров [5], которые имеют различные формы, их корпуса изготавливают из чугунного, ка-



а) конструкция представлена схематически; б) внешний вид контейнера



менного литья, углеродистой, нержавеющей стали, бетона, композитных полимеров и других защитных материалов. В большинстве случаев структурно корпус контейнеров выполняется в виде наружной и внутренней оболочек из различных материалов, причем наружная оболочка при аварийных ситуациях предохраняет защитный материал от разрушения. Анализ известных аналогов выявил следующие недостатки в конструкциях контейнеров:

- металлические контейнеры подвержены активной коррозии даже при изготовлении корпусов из нержавеющей стали, а при длительном хранении в них радиоактивных материалов металл корпуса неизбежно становится источником вторичного рентгеновского излучения;
- железобетонные и камнелитые контейнеры объективно отличаются от металлических большим весом и низкой ударной прочностью, что приводит к определенным трудностям при их эксплуатации и высокой стоимости транспортирования.

Многообразие типов контейнеров определяется различным функциональным их назначением, наличием широкого спектра радиоактивных отходов, условиями сбора, транспортировки, хранения, переработки и захоронения РАО.

При конструировании или выборе контейнеров учитываются следующие основные признаки:

- функциональный – по техническому назначению контейнеров: для сбора, транспортировки, хранения, за-

хоронения (для разнообразных производителей и приемщиков РАО);

- по защитным свойствам – для определенного типа отходов;
- унификации – по весу, габаритным характеристикам, применяемым материалам. При этом важным элементом унификации контейнеров большого объема является применение в качестве стандартного типоразмера бочки емкостью 200 л, которая широко используется на различных стадиях обращения с отходами. Для изготовления контейнеров для РАО предлагается целый ряд конструкционных материалов, характеристики которых приведены в табл. 1.

Основные типы контейнеров, разработанных НТЦ «КОРО» (г. Желтые Воды) для обращения с РАО низкой и средней активности, по условиям использования можно распределить на следующие группы:

А) контейнеры-сборники (КС, КСТА); контейнеры для длительного (до 10 лет) хранения отходов (КУ);

В) контейнеры для транспортирования, хранения и захоронения низко- и среднеактивных отходов (КНПУ, КЗНЦ и КЗНП).

Контейнеры-сборники КС-002 и КС-004 предназначены для сбора и доставки твердых отходов в пределах участков и цехов АЭС, МСК УкрГО «Радон» (г. Киев), промышленных предприятий, медицинских, научных организаций и других производителей отходов. Герметичная конструкция этих контейнеров выполнена из нержавеющей стали с учетом их дезактивации.

**Таблица 1 – Свойства материала из огненно-жидкого шлака силикомарганца ОАО НЗФ в сравнении с каменным литьем и шлакоситаллами**

Характеристика материала	СКАРМ	Каменное литье	Шлакоситаллы
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2900–3100	2900–3050	2600–2800
Предел прочности, МПа:			
при сжатии	450–600	250–400	500–600
при изгибе	150–190	30–50	80–130
Истираемость, кг/м <sup>2</sup>	0,2–0,4	0,2–0,8	0,15–0,25
Модуль упругости, 10 <sup>3</sup> МПа	93–98	93–110	90–120
Ударная вязкость, кДж/м	2,0–3,0	1,2–3,0	4,4–5,9
Микротвердость, МПа	8500–11 000	7500–8900	11 000–12 400
Температурный коэффициент линейного расширения, 10 <sup>-1</sup> /°C	60–84	62–100	65–85
Температура начала размягчения, °C	1190	1050	950
Термостойкость, °C	770–900	250–800	200–500
Теплопроводность, Вт/м · °C	1,2–1,37	1,14–1,48	1,16–1,63
Удельная теплоемкость, кДж/кг · °C	0,83–1,02	0,81–1,25	0,71–0,84
Химическая стойкость, %:			
96 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	97,8–99,9	99,3–99,8	99,5–99,8
20 % HCl	97,0–98,5	96,6–99,5	98,0–99,8
35 % KOH/NaOH	78,0–86,2	82,0–92,0	74,7–90,0
Водопоглощение, %	0–0,1	0,05–0,22	0

Специалистами ОАО НЗФ предложено изготавливать рабочую емкость контейнера, находящуюся в длительном непосредственном контакте с химически активными, ядовитыми или радиоактивными веществами, в виде монолитной оболочки (капсулы) из СКАРМ, сырьем для которого являются огненно-жидкие шлаки ферросплавного производства. При оптимальном армировании (5–7 % общего веса) и определенной технологии получают предварительно напряженные монолитные оболочки, прочность которых в 8–10 раз превышает прочность изделий из наиболее часто употребляемого бетона. Это важнейшее свойство СКАРМ-литья впервые целенаправленно используется в конструкции контейнера.

Известны результаты многих экспериментальных исследований [6], показывающие, что камнелитые материалы пироксенового состава, к которым непосредственно и относятся огненно-жидкие шлаки ОАО НЗФ, отличаются высокой плотностью, низкой пористостью, имеющей к тому же замкнутый характер. Это свойство обеспечивает полное отсутствие водопоглощения, высокую газоплотность, устойчивость к истиранию и стойкость к агрессивным кислотно-щелочным средам при комнатной и повышенной температурах, при кратковременном и длительном воздействиях. При выдержке образцов в растворах кислот и щелочей в течение 6 месяцев при температуре 25 °С потери их массы не превышали 0,3–0,9 %. При этом коррозия наблюдалась лишь в первом месяце испытаний, затем она снижалась и, начиная со второго месяца, практически не изменялась.

В Институте проблем литья АН УССР еще в 1989–1990 гг. были проведены комплексные исследования радиационной устойчивости камнелитых материалов [7], которые производились в Украине, подтвердившие высокие эксплуатационные и физико-химические свойства этих материалов, которые могут быть использованы для производства специальных РАО- и ТО-контейнеров. Сопоставительные испытания образцов каменного литья на основе базальтовых пород («Укрметаллургремонт», г. Кривой Рог) и шлакового литья (ОАО НЗФ) показали, что большей искусственной радиоактивностью обладают материалы на основе базальта, огненно-жидкие шлаки активируются примерно в 100 раз меньше, что подтверждает целесообразность их применения в качестве универсальных защитных средств при изготовлении контейнеров, покрытий, стационарных емкостей-хранилищ.

СКАРМ-капсула из шлаков ферросплавного производства обеспечивает:

- абсолютную герметичность;
- высокую стойкость к воздействию химически агрессивных сред;

- хорошие энергопоглощающие показатели радиоактивного излучения;
- высокую прочность;
- относительно низкую себестоимость при серийном изготовлении благодаря дешевизне сырья, поступающего для литья СКАРМ-оболочки в расплавленном состоянии.

Эксплуатационные характеристики разработанного контейнера нового типа значительно превосходят требования [8], а именно: сбрасывание, свободное падение с высоты 1,7–2,1 м на бетонное основание [8] или прямой удар на скорости до 75 км/час; ударные воздействия на корпус (тест ГОСТа на сбрасывание стержня диаметром 32 мм и массой 6 кг с высоты 1 м) вообще несопоставимы, так как контейнер нового типа выдерживает подобное воздействие и в 100 раз, и более (по кинетической энергии удара); сохранность радиационных защитных свойств обеспечивается суммарной толщиной СКАРМ-оболочки и защитного слоя, которая достигает 200 мм (по защите от радиоактивного излучения 100 мм СКАРМ эквивалентно 20–25 мм свинцового покрытия).

Фирмой «Пифагор» (г. Днепропетровск) разработан проект, изготовлены и поставлены на завод два металлических корпуса (сталь 09Г2С) опытных образцов контейнера типа СКАРМ, для которых была подготовлена оснастка и произведена футеровка с использованием огненно-жидких шлаков силикомарганца (рис. 5).

Наши исследования показали высокую эффективность применения СКАРМ-капсул на всех технологических стадиях обращения с РАО. Так, например, после сбора и заполнения СКАРМ-капсула герметизируется и легко дезактивируется с применением растворов кислот и щелочей. Толстая армированная шлаколитая оболочка надежно защищает от радиоактивного излучения и исключает проникновение радионуклидов в окружающую природную среду. Транспортный контейнер многоразового использования обеспечивает безопасность при транспортировании РАО, а высокая механическая прочность самой капсулы позволяет ее использовать в хранилищах поверхностного, приповерхностного типа и (теоретически) при захоронении РАО в стабильных геологических формациях на глубинах более 300 м. Сама капсула является эффективным барьером изоляции РАО, что ликвидирует возможность миграции радионуклидов в районе хранилища.

Разработанные способы и конструкции для захоронения экологически опасных отходов в локальных контейнерах и хранилищах с армированными материалами из огненно-жидких шлаков силикомарганца на базе СКАРМ-технологии позволяют решить одну из актуальнейших проблем – защиту окружающей природной среды от накопленных экологически опасных отходов.





Рисунок 5 – Нанесение СКАРМ-оболочки на контейнер

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Минько, Н. И.** Кристаллизационная способность расплава шлака силикомарганца с различным «тепловым прошлым» [Текст] / Н. И. Минько, В. А. Неведомский // *Расплавы*. – 1990. – № 2. – С. 62–69.
2. **Минько, Н. И.** Свойства расплава силикомарганцевого шлака [Текст] / Н. И. Минько, В. А. Неведомский // *Расплавы*. – 1989. – № 6. – С. 12–17.
3. **Минько, Н. И.** Стеклокристаллические материалы и покрытия на основе огненно-жидких шлаков силикомарганца [Текст] / Н. И. Минько, В. А. Неведомский, И. И. Люборец [и др.] // *Строительные материалы*. – 1989. – № 11. – С. 14–15.
4. **Минько, Н. И.** Энергосберегающая технология стеклокристаллических изделий из огненно-жидких шлаков си-

ликомарганца [Текст] / Н. И. Минько, В. А. Неведомский // *Статьи*. – 1996. – № 2. – С. 70–73.

5. **Авдеев, О. А.** Радиоактивные отходы Украины: состояние, проблемы, решения [Текст] / О. А. Авдеев, А. А. Кретицин, А. И. Леденев [и др.] // Киев : Издательский центр «Друк», 2003. – 400 с.
6. **Лебедева, Г. А.** Каменное литье как радиационноустойчивый материал [Текст] / Г. А. Лебедева, Г. П. Озерова // *Строительные материалы*. – 1998. – № 5. – С. 14–15.
7. **Косинская, А. В.** Радиационная устойчивость камнелитых материалов / А. В. Косинская, В. Н. Шевель, Ж. Д. Богатырева // *Стекло и керамика*. – 1991. – № 8. – С. 18–19.
8. **ГОСТ № 16327-88.** Комплексы упаковочные транспортные для радиоактивных веществ. Общие технические условия [Текст]. – Введен 1990.07.01. – М. : Изд-во стандартов, 1988.

*Поступила в редакцию 10.04.2008*

У роботі наведено результати досліджень структурно-фазових перетворень шлаків силикомарганцю залежно від температури. Показано, що розроблені на основі цих досліджень способи отримання шлаколитих виробів з огненно-рідких розплавів з регульованим тепловідведенням забезпечують необхідні фізико-хімічні властивості матеріалів, а армування металевим каркасом підвищує конструкційну міцність та довговічність. Наведені результати досліджень підтвердили, що СКАРМ-технологія дозволяє надійно захистити від випромінювання та виключає проникнення радіонуклідів у навколишнє середовище. Розроблені конструкції контейнерів об'ємом 1,5–4,0 м<sup>3</sup>, виготовлені у цеху шлакового лиття ВАТ НЗФ, дозволять вирішити одну з проблем – захист навколишнього середовища від накоплених екологічно небезпечних відходів.

The work concerns the investigation of structurally-phase change of silicomanganese slag depending on temperature. Based on the investigation we developed the practice for producing castings from flaming slag melt with adjustable heat removal. The practice provides necessary physical and chemical properties of materials, while reinforcing with metal frame increases structural strength and service life. The results of the investigation have proved that SKARM-technology enables securing from radiation and excluding radioactive nuclide ingress into environment. The developed designs of containers with 1.5–4.0 m<sup>3</sup> volume being manufactured in slag cast shop of JSC «Nikopol Ferroalloys Plant» solve the problems of environment protection related to stored hazardous wastes.