

УДК 621.891

## **ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕТРУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*І. О. Масич, С. С. Затуловський, М.І.Прилуцький*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»*

*У статті приведені гірські породи, які використовуються у петрургійному виробництві. Основні етапи петрургійного виробництва та сфери застосування кам'яно литих виробів.*

*В статье приведены горные породы, которые используются в петрургическом производстве. Основные этапы петрургического производства и сферы применения каменно литых изделий.*

*Rocks which are used in a petrurgical production, basic stages of the process and application field of stone cast products are considered in the article. Rocks which are used in a petrurgical production, basic stages of the process and application field of stone cast products are considered in the article.*

### **Вступ**

Петрургія - виробництво склокристалічних матеріалів і виробів з розплавів гірських порід і промислових відходів методом лиття [1]. Сировинною базою кам'яного лиття служать природні гірські породи, наприклад, базальти, діабазы, порфірити, горнблендити й ін., а також шлакові відходи чорної й кольорової металургії, виробництва мінеральних добрив, золошлакові відходи теплоелектростанцій, відсівання каменю, бій цегли, скла й ін.

Гірські породи, що добувають у кар'єрах, як правило, мають стабільний мінералогічний склад, що благотворно позначається на дотриманні вимог технологічного процесу по приготуванню розплаву, а значить на досягненні стабільних і високих властивостей матеріалу й виробів з нього. Заводи з виробництва продукції з гірських порід доцільно розташовувати поблизу.

Мінеральний і хімічний склади металургійних шлаків залежать від технології виплавки металу. Найбільш близькі до базальту й стабільні по складу доменні й феросплавні шлаки. Сталеплавильні шлаки по складу менш стабільні, тому вимагають ретельного контролю й підшихтовки для одержання необхідної якості розплаву й стабільно високих властивостей кам'яно-литих виробів. Основу шлаків кольорової металургії становлять піроксени різного складу (діоксид, геденбергіт, авгіт, фаяліт і т.д.).

### **Постановка задачі дослідження**

Важлива перевага виробництва конструкцій і виробів з шлакових відходів являється в можливості вилівки їх на основі технологій й устаткування металургійних цехів. Найбільш раціональним є використання так званих вогненно-рідких шлаків, отриманих у плавильних агрегатах після випуску металу. У цьому випадку не потрібні додаткові витрати на одержання кам'яного розплаву, а значить значно зменшується енергетична складова в ціні кінцевої продукції. Але навіть плавлення відвальних шлаків набагато ефективніше, ніж переробка шляхом гранулювання, помолу, фракціонування для шлакобетону й в'язких або для будь-яких інших застосувань. Крім того, при використанні шлакових відходів для виробництва широкої номенклатури кам'яно литих виробів вирішується дуже важливе завдання по утилізації величезних обсягів накопичених техногенних відходів. Тому найбільш ефективно створення виробництва кам'яно литої продукції на основі шлаків на металургійних підприємствах або машинобудівних підприємствах, що мають металургійний комплекс, де не повністю завантажені ливарні потужності, а керівництво цих підприємств прагне до диверсифікованості основного виробництва.

### **Методика проведення експериментів**

Основні етапи технологічного процесу петрургійного виробництва:

- Підготовка вихідної шихти необхідного складу і кондиції в залежності від потрібних фізико - механічних та хімічних властивостей майбутніх кам'яно-литих виробів;
- Отримання вихідного розплаву з температурою 1400 – 1600 °С (або використання готового шлакового розплаву, наприклад, від металургійного процесу);
- Підготовка розплаву до розливки – підшихтовка, гомогенізація, дегазація та інші операції в залежності від вихідного складу сировини;
- Попередня виготовлення модельної та іншої технологічної оснастки;
- Підготовка (попередньо виготовлених) розливочних форм одноразового (відкриті пісчано-глинясті ) або багаторазового

(кокілі) застосування;

- Встановлення в форми (якщо необхідно для конструкції виробу) арматури, деталей; нагрів форм перед заливанням ;
- Розливка розплаву в форми;
- Кристалізація та відпал в термічних печах при заданому температурно – часовому режимі термообробки;
- Неруйнуючий контроль якості відливок з відбраковкою (до 10 %); стабільність параметрів придатних виробів (в межах характеристик, що вимагаються) гарантується при дотриманні вказівок технологічного регламенту;
- Витягування відливок з форм; якщо потрібно, їх кінцева обробка (шліфування, нанесення малюнку та інші фінішні операції);
- Приймання, маркування, упаковка, складування виробів.

Кам'яне лиття складається із кристалічних утворень й аморфної фази - скла. По виду основної складової мінеральної фази, значною мірою визначальною властивості матеріалу, розрізняють піроксенові, олівінові, волостанітові, мулітові й інші склокерамічні матеріали.

Залежно від складу вихідної шихти, а також від режимів плавлення й наступної термообробки, кам'яно литим матеріалам і виробам можна додати цілий комплекс високих фізико-механічних, хімічних, радіаційних і споживчих властивостей. Ці властивості роблять кам'яно-литі конструкції й вироби досить перспективними для застосування в багатьох галузях промисловості, транспорту, будівництва, міського й сільського господарства. Наприклад, кам'яно-литі конструкції й вироби можуть мати підвищену термостійкість до 600°C. Зносостійке кам'яне лиття має підвищений вміст Fe+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Кам'яному литтю можна надати різні кольори. Наприклад, кам'яне лиття зі шлаків Нікопольського заводу феросплавів (Україна) має ясно-зелені кольори через підвищений зміст Mn (до 20 мас.%).

Кам'яне лиття білих кольорів має високий зміст Si<sub>2</sub> (до 61 мас.%) і Ca (до 31 мас.%) і одночасно дуже низький зміст Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,1%-0,3 мас.%) і Fe (1%-2 мас.%) при повній відсутності Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Різні добавки до складу розплаву можуть додати виробам з кам'яного лиття широку колірну гаму. Така властивість важливо для оздоблювальних і лицевальних матеріалів і декоративних виробів.

Матеріали для кам'яного лиття можуть армуватися як і залізобетонні конструкції, а також мають гарну адгезію по відношенню, зокрема, до бетону, що дозволяє робити комбіновані «камінь-бетон-метал» конструкції й виробу. Такий підхід надає комбінованим виробам кращі властивості кожного матеріалу й дає можливість компенсувати недоліки кожного з них.

Комплекс наведених високих значень характеристик, які можна надавати матеріалам з кам'яного лиття, робить цю продукцію високо ефективною для застосування в конструкціях, спорудах, елементах виробничих і суспільних будинків, де потрібна висока довговічність, стійкість до абразивного, хімічного, термічного, біологічного, радіаційного, атмосферного й іншого агресивного впливів експлуатаційного середовища. Крім того, вони ефективні там, де потрібні водонепроникність, морозостійкість, міцність (особливо на стиск), забезпечення гарної теплоізоляції, художньо-декоративні й інші коштовні для споживача властивості матеріалу й виробів з нього, залежно від тих або інших конкретних умов експлуатації.

### **Результати досліджень**

Застосування кам'яно литих конструкцій і виробів збільшує термін служби об'єктів, що працюють у тяжких умовах, в 2-10 разів і більше. Кожна тонна виробів з кам'яного лиття зберігає до двох тонн металу, до 750 кг вогнетривкої цегли, до 250 кг цементу.

Особливо необхідно підкреслити здатність кам'яно-литого матеріалу протистояти впливу тривалого й потужного радіоактивного опромінення.

Дослідження, проведені Інститутами України, показали перспективність використання кам'яного лиття як радіаційно-стійкого матеріалу при виготовленні контейнерів для тривалого зберігання й поховання радіоактивних відходів й облицюванню робочих приміщень і сховищ на об'єктах ядерного циклу.

Наприклад, міцність підданих гама опроміненню зразків при дозі до величини 2.104 кГр спочатку знижуються на 10-15 %, а потім відновлюються до вихідних значень. При цьому істотних змін у фазовому составі й структурі матеріалів не спостерігалось. Коефіцієнт масопереносу ізотопів  $^{137}\text{Cs}$  у кам'яного лиття в 358 разів менше, ніж у бетону, і в 15,2 рази менше, ніж у сталі Ст20. Для ізотопів  $^{90}\text{Sr}$  - менше відповідно в 39 й 3,6 рази.

Кам'яно литі матеріали практично не піддаються радіолізу, стійки до іонізуючого опромінення. Низька проникність для радіонуклідів обумовлена вкрай малими значеннями коефіцієнтів дифузії в них. Оцінка коефіцієнта дифузії ( $D_i$ ) іонів стронцію й цезію при 25°C дає значення порядку 10-18  $\text{см}^2/\text{с}$ , що приводить до часів  $t$  проникнення радіонуклідів (при цій температурі й при товщині стінки кам'яно-литої пластини  $x = 45$  мм), рівним багатьом тисячам років. Глибина проникнення ізотопів в кам'яне лиття навіть в екстремальних умовах (температура 600°C, доза 5.105 кГр) незначний: коефіцієнт радіаційно-термічної дифузії не перевищує 10-14  $\text{см}^2/\text{с}$ . Саме низька проникність радіонуклідів через поверхню виробів з кам'яного лиття, обумовлює можливість дезактивації

підлог, стін, ємностей, сховищ, облицьованих кам'яно-литими плитами, досить простим й ефективним способом - промиванням дезактивуючою рідиною.

На основі розроблених технологій, на виробничій базі України були виготовлені й пройшли випробування досвідчені зразки комбінованих «камінь-бетон» контейнерів для тривалого зберігання й поховання радіоактивних відходів 1-й й 2-й груп. Є можливість виготовлення прямокутних контейнерів з робочим обсягом до 3,0 м<sup>3</sup>. Пропоновані контейнери можна використати для тривалого зберігання практично будь-яких високотоксичних хімічних речовин, отруйних речовин до їхньої переробки й утилізації.

Традиційні сфери застосування кам'яно-литих виробів: гідроциклони, труби, плити, лотки для захисту робочих поверхонь бункерів, ринв, вузлів гірничо-збагачувального, металургійного й енергетичного обладнання; кислототривкі плитки й фасонні деталі для хімічної промисловості; футеровка кульових млинів, облицьовальні матеріали й інші вироби, що працюють в умовах впливу кислот, лугів або сипучих абразивних матеріалів і пульпи.

Поряд із традиційними виробами за багато років були розроблені технології, освоєне досвідчене або серійне виробництво ряду нових виробів у наступних основних напрямках:

- а) облаштованість рейкових (трамвайних й ін.) шляхів на перегонах і переїздах: плити для настилу на переїздах; фасонні (по профілі рейки) вкладиші на контактні шляхів із проїзною частиною вулиць; шпали-коротиші для перегонів у тунелі метро;
- б) облаштованість дорожніх і тротуарних покриттів: бортові (бордюрні) камені на контактній частині із тротуарами; дорожня брушатка; плити для покриття доріг, аеродромів і т.п.; тротуарна плитка;
- в) облаштованість підземних і надземних переходів, залізничних платформ: плити (проступи) для сходових щаблів, з можливим підігрівом; плити для покриття переходів або платформ;
- г) захисне облицьовання гідротехнічних споруджень: облицьовальні плити, блоки для мостових опор; плити для підпірних стін набережних;
- д) конструкції оброблення підземних споруджень метрополітену, каналізаційних тунелів, шахтних стовбурів, колодязів, колекторів: тюбінги, блоки, кільця суцільнолиті, комбіновані «метал-камінь» й «бетон-камінь», облицьовальні плити;
- е) вироби для захисту від радіації й хімічного зараження: контейнери суцільнолитий або комбіновані «бетон-камінь» для тривалого

зберігання радіоактивних відходів і високотоксичних хімічних відходів;

- є) технологічний захист металургійного, гірського й іншого встаткування, продуктопроводів, систем водопостачання й каналізації, пневмозоловидалячі ТЕЦ (труби, жолоба, облицювання лотків, циклонів, газоходів і т.д. - суцільнолиті й комбіновані, типу «метал-камінь»; сталеві труби, футеровані кам'яно литими вкладками);
- ж) облаштованість магістральних трубопроводів: пригрузи (сідлоподібні й кільцеві);
- з) вироби для обробки, ремонту, будівництва будинків, споруджень: декоративно-оздоблювальна плитка зовнішнього й внутрішнього застосування для облицювання підлог, стін у вестибюлях метро, у підземних переходах, для цоколів будинків, у різних інтер'єрах виробничих і суспільних будинків і т.д.; фундаментні блоки; теплоізоляційні матеріали в теплових агрегатах; ремонтне лиття для печей і сушил.

Економічний ефект застосування кам'яно-литих виробів забезпечується за рахунок меншої їхньої вартості в порівнянні з рядом виробів, що виготовляють із традиційних матеріалів, таких як метали, граніт й ін. Вартість готування кам'яного розплаву, а значить і готової продукції залежить від застосовуваного матеріалу. Як було сказано раніше, найбільше економічно ефективним рішенням проблеми вартості кам'яно литої продукції розглядається використання вогненно-рідких готових шлакових відходів металургійного, енергетичного (зольні топкові відходи ТЕЦ), хімічного (мінеральні добрива) виробництв.

### **Висновки**

Таким чином на сьогоднішній день у багатьох галузях промисловості доцільно використовувати кам'яно-литі вироби, що дозволить збільшити строк експлуатації та зменшити вартість кінцевої продукції, що істотно вплине на попит на продукцію.

### **Література**

1. Липовский И.Е., Дорофеев В.А. Камнелитейное производство.-М.: Металлургия, М., 1965,200с.
2. Косинская А.В., Затуловский С.С. Камнелитые материалы для получения коррозионно- и радиационно-стойких изделий // Литейное производство, №10, 2001, с. 21, 22.