

УДК 613.6.027:669.296

DOI 10.31319/2519-2884.32.2018.183

РОМАНЮК Р. Я., к.т.н., доцент

ТОЛОК А. О., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПОРОШКОВОГО ЦИРКОНІЮ

Вступ. Порошковий цирконій дуже пірофорний. Тонка стружка та підмножини цирконію легко загоряються. При наявності в повітрі певної концентрації цирконієвого пилу і джерела нагрівання може відбутися загоряння та вибух. Тому він широко використовується в піротехніці при виготовленні ламп для фотоспалахів, капсулів-детонаторів, бездимного пороху та для феєрверків [1, 2].

Для застосування в порошковій металургії цирконій повинен мати: високий ступінь чистоти, постійний розмір і розподіл часток, низький коефіцієнт стиснення, брикети задовільної міцності.

Цирконієвий порошок може бути виготовлений різними методами, наприклад, шляхом вилуговування порошку із продуктів відновлення, які одержуються при магністермічному способі виробництва цирконію. Цей метод застосовується не завжди, але він цілком забезпечує одержання порошку, придатного для порошкової металургії.

Найбільш звичайним методом виробництва цирконієвого порошку є відновлення окису цирконію кальцієм. Цей метод застосовується також для виготовлення вихідного металу для термічної дисоціації. Отриманий цирконій має чистоту 98,3% і містить близько 1,7% кисню та азоту [3, 4].

Мейстер одержав метал високої чистоти шляхом відновлення двоокису цирконію кальцієм в атмосфері інертного газу. Кролль застосовував атмосферу аргону та проводив відновлення під шаром флюсу із хлористого кальцію. Таким способом був отриманий цирконій чистотою 99,5%.

Відновлення цирконію за допомогою гідриду кальцію є також одним із способів отримання гідриду цирконію, який вже на ранній стадії спікання перетворюється в метал.

Охарактеризовані вище методи використовувалися в перших спробах одержати пластичний метал, але з деякими змінами вони можуть і в теперішній час застосовуватися у виробництві матеріалу, придатного для цілей порошкової металургії. Калиш описав докладно ці методи та вніс пропозиції щодо їхнього поліпшення. Першорядне значення має отримання чистого чотирихлористого цирконію або чистого окису з нього.

У літературі описані наступні процеси для виробництва цирконієвого порошку [3, 4]:

- відновлення окису цирконію кальцієм;
- відновлення чотирихлористого цирконію натрієм;
- відновлення фтороцирконату натрію ($\text{Na}_5\text{Zr}_2\text{F}_{13}$) або фтороцирконату калію (K_2ZrF_6) натрієм;
- гідрування компактного цирконію.

На практиці широкого застосування набув останній процес, суть якого зводиться до наступного.

Пруток чистого кристалічного цирконію нагрівається у кварцовій трубці електричної печі у струмі водню, обробленого шляхом пропускання через очищення. Водень, що містить 0,2% кисню, пропускається над мідною стружкою при 600°C, активованим окислом алюмінію та стружкою кальцію при 700°C.

Струм газу підтримується як у періоди нагрівання, так і охолодження.

Цирконієвий порошок виготовляється шляхом розкладання гідридів у вакуумі при 800°C. У процесі нагрівання тиск раптово підвищується при виділенні водню; нагрівання повинно тривати до температури 800°C, тиск при цьому знижується до початкового. Величину часток можна змінювати шляхом подрібнювання гідридів цирконію до відносно крупного порошку і потім видаляти водень шляхом нагрівання у вакуумі та остаточно подрібнювати отриманий порошок.

Таким чином, розробка рекомендацій з безпечної роботи працівників на дільницях виробництва порошкового цирконію є актуальною задачею.

Постановка задачі. Метою даної роботи є аналіз небезпечних виробничих чинників при виробництві порошкового цирконію та розробка заходів щодо безпечної праці робітників на цих дільницях виробництва.

Результати роботи. При розробці технологічних процесів виробництва цирконієвого порошку, при проектуванні виробничих об'єктів і їх експлуатації необхідно враховувати високу вибухову та пожежну небезпеку цього продукту. Процеси виробництва порошку цирконію повинні бути механізовані та автоматизовані [3, 4].

Всі роботи (відновлення, промивання, обробка, подрібнювання, просіювання тощо) повинні виконуватися в окремих приміщеннях, обладнаних системою припливно-витяжної вентиляції.

Завантаження порошку цирконію повинно здійснюватися в спеціальних боксах з вогнетривким захистом. Циліндри перед завантаженням шихти повинні перевірятися на щільність швів і стінок. Установка циліндрів у піч і вивантаження їх з печі повинні здійснюватися при знятій електричній напрузі з печі.

Не допускається при проведенні процесу відновлення шихти знаходження у виробничому приміщенні обслуговуючого персоналу. Контроль за перебігом процесу відновлення повинен здійснюватися дистанційно.

Перевезення гарячих циліндрів після відновлення необхідно проводити на спеціальних візках, конструкція яких виключає падіння та довільне переміщення циліндрів. Охолодження циліндрів повинно здійснюватися в спеціально обладнаному місці. Циліндри встановлюються в один ярус.

Гасіння катодного осаду здійснюється в холодильнику, який знаходиться в боксі з витяжною вентиляцією.

Подрібнювання порошку необхідно проводити способом мокрого молоття. Млини для молоття порошку повинні бути обладнані запобіжними пристроями для видалення надлишку водню та також мати дистанційне керування.

При виконанні робіт з порошками цирконію необхідно використовувати інструменти і пристосування, виготовлені з матеріалів, що не іскрять. Вільне ємнісне устаткування, у якому оброблялися порошки, повинно бути залите водою.

Поверхня технічних пристроїв, що контактує з порошками цирконію, повинна бути гладка і не мати зовнішніх дефектів (тріщин, раковин тощо).

Транспортування порошку необхідно здійснюватися в герметичній тарі – у товстостінних скляних банках, щільно закритих гумовою, корковою або пластмасовою кришкою, або в герметичних поліетиленових мішках, що закриваються, розміщених у жерстяних банках. Банки поміщаються в ящик, обкладений усередині негорючим матеріалом, і закриваються кришкою.

При роботі з порошками не допускається нагромадження металевого пилу цирконію на поверхні технічних пристроїв і будівельних конструкцій усередині виробничих приміщень. Вологе збирання пилу повинно здійснюватися щоденно або частіше, по мірі накопичення останнього.

Комунікації витяжної системи вентиляції необхідно виконувати з вогнестійких матеріалів, вони повинні легко очищатися від пилу цирконію та легко розбиратися. При

загорянні пилу в комунікаціях витяжної системи вентиляції або в камері повинні бути негайно виключені вентилятори і перекритий шибер на газоході.

Знищення виробничих відходів, забруднених порошками цирконію, які не підлягають утилізації (фільтрувальна тканина, непотрібні мішки, серветки), здійснюється також щоденно або частіше, по мірі накопичення останніх.

Кількість натрію і кальцію, яка зберігається у виробничих приміщеннях, не повинна перевищувати добової потреби. Різання і зберігання їх здійснюється тільки під шаром трансформаторного мастила в сухій герметичній тарі. Трансформаторне мастило при надходженні в цех і в процесі використання повинно контролюватися на вміст вологи. Мастило зі слідами вологи до використання не допускається.

Приміщення, технічні пристрої і інструменти для різання кальцію, а також взуття і спецодяг працюючих повинні бути сухими.

Відходи натрію і шлаки від переплавлення підлягають утилізації щоденно.

При необхідності змішування цирконію з іншими матеріалами він по можливості повинен застосовуватися у вигляді суміші з водою. Застосовувана для роботи кількість повинна бути мінімальною.

Наприклад, для однієї операції можна застосовувати тільки 100-400 г цирконієвого порошку [3, 4].

Під час просушування шихти суміш повинна бути профільтрована через воронку Бюхнера (призначена для фільтрування під вакуумом, найчастіше виконується з порцеляни, рідше – з металу або пластмас) з невеликим відсмоктуванням. Після того, як більша частина води буде відсмоктана, залишкова її частина може бути витиснута метанолом. Фільтрувальна колба повинна перебувати під вакуумом, поки рідина не буде вилучена з фільтрувального осаду.

Кожна відфільтрована порція порошку повинна бути повністю відділена від інших порцій. Фільтрування так само, як і наступні операції, здійснюються за екраном з небиткого скла. Потім відфільтрований і висушений осад виймається з воронки та розкладається на поліровану чисту металеву плиту, що не дає іскор. Осад з фільтрувального паперу необхідно видаляти лопаточкою з матеріалу, що не дає іскор. Подрібнювати відфільтрований осад можна цією ж лопаточкою.

Відфільтрований осад може бути підданий сушінню при 60-70°C протягом 2 год. Після просушки матеріал рекомендується охолодити до кімнатної температури перед його видаленням з осушувача. Обладнання водяного сушіння, яке застосовується для цих цілей, повинно мати вгорі отвір для уникнення можливих вибухів і внутрішній кожух з металу, що не дає іскор та який легко очищається після кожної операції.

Кульки із цирконієвого пилу та м'які шматки висушеного цирконію можуть подрібнюватися дерев'яними роликками на столі або металевими, що не іскрять, і лопаткою. Порошок необхідно просіювати в закритому і заземленому механічному ситі в атмосфері азоту. Випуск азоту повинен здійснюватися крізь воду для уловлювання невеликої кількості цирконієвого порошку, що може перебувати у вигляді пилу.

Сухий порошок рекомендується перевозити невеликими кількостями в контейнерах в атмосфері азоту або гелію.

Папір ніколи не повинен застосовуватися при роботі із цирконієм або при його перевезенні, тому що порошок, розсипаний на аркуші паперу, може легко спалахнути.

Металевий порошок у вигляді суміші з водою зберігається в неспалимій кімнаті з постійною температурою трохи вище крапки замерзання. Відносна вологість порошку повинна перебувати в межах 15-20%. Окремо упаковані порції порошку рекомендується тримати роздільно для зменшення кількості цирконію, що може бути знищений вогнем у випадку пожежі. З кімнати зберігання необхідно брати лише

кількість порошку, необхідну для роботи. Розфасування та упакування готових партій порошоків цирконію повинно здійснюватися тільки в денний час.

Як було згадано вище, основною небезпекою є загоряння і вибух металу, оскільки цирконій має порівняно низьку температуру запалення ($\approx 495^\circ\text{C}$), високу займистість у сухому стані і горить інтенсивним яскравим полум'ям.

Отже, у випадку загоряння великої кількості цирконію чотирихлористий вуглець, двоокис вуглецю, сода і кислотні вогнегасники є неефективними. Автоматичні дощувальні системи будуть скоріше інтенсифікувати пожежу, ніж гасити її. Проте поширення полум'я в партіях цирконію, що не перевищують 200-225 кг, може бути зведене до мінімуму шляхом змочування, а отже, і охолодження водою маси, що зайнялася.

Горіння порівняно невеликих кількостей цирконію може бути припинено великою кількістю піни, застосованої таким чином, щоб не викликати роздування порошку. У цих випадках можна також застосовувати сухий пісок та польовий шпат.

Якщо в обігу перебуває невелика кількість цирконію у вигляді окремих порцій, належним чином упакованих, то у випадку загоряння однієї з них краще дати їй можливість спокійно догоріти до кінця.

Працівники у виробничих приміщеннях і приміщеннях зберігання порошку повинні перебувати у спецвзутті без металевих цвяхів і у спецодязі з вогнестійкого матеріалу (рукавички зі шкіри або азбесту та сорочку або куртку, що не має застібок попереду), для захисту від полум'я носити захисні окуляри або екран для обличчя з тугоплавкого матеріалу [3, 4].

Висновки. Проаналізовано основні виробничі чинники, які впливають на безпеку праці робітників дільниць при виробництві порошкового цирконію.

Основною небезпекою є загоряння і вибух металу, тому при роботі з цирконієвим порошком, його зберіганні та перевезенні необхідно дотримуватися певних правил безпеки. Всі роботи (відновлення, промивання, обробка, подрібнювання, просіювання тощо) повинні виконуватися в окремих приміщеннях, обладнаних системою припливно-витяжної вентиляції.

Зберігати металевий порошок необхідно у вигляді суміші з водою в неспалимій кімнаті з постійною температурою трохи вище крапки замерзання.

У якості засобів індивідуального захисту для працівників дільниць виробництва порошкового цирконію застосовуються: спецвзуття без металевих цвяхів, спецодяг з вогнестійкого матеріалу, захисні окуляри або екран для обличчя з тугоплавкого матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цирконий и его сплавы: технологии производства, области применения / В.М.Ажажа, П.Н.Вьюгов, С.Д.Лавриненко [и др.]. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 1998. – 89с.
2. Толлок А.О. Аналіз промислових методів відновлення сполук цирконію до металу ядерної чистоти / А.О.Толлок, Р.Я.Романюк // Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки). – 2016. – № 2 (29). – С.26-33.
3. Миллер Г.Л. Цирконий / Г.Л.Миллер. – М.: Издательство иностранной литературы, 1955. – 392с.
4. Металлургия циркония и гафния / Н.В.Барышников, В.Э.Гегер, Н.Д.Денисова [и др.]. – М.: Металлургия, 1979. – 208с.

Надійшла до редколегії 25.04.2018.