

РОЗДІЛ «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 613.6.027:669.296

РОМАНЮК Р. Я., к.т.н., доцент

ТОЛОК А. О., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ПЛАВЛЕННІ ТА НАГРІВАННІ ЦИРКОНІЄВИХ СПЛАВІВ

Вступ. Цирконій у вільному стані являє собою блискучий сріблясто-білий метал. У чистому вигляді (без домішок) він пластичний і легко піддається гарячій та холодній обробці. Завдяки своїм унікальним властивостям – нейтронній прозорості (вкрай низький переріз поглинання нейтронів), міцності та високій корозійній стійкості – цирконій є незамінним конструкційним матеріалом для атомних реакторів електростанцій та ядерних установок морського флоту. Також він використовується в хімічному машинобудуванні, електровакуумній, ракетній, авіаційній техніці, автомобільній, металургійній та ювелірній промисловості [1].

Як показує статистика, на долю атомної енергетики припадає 75% металевого цирконію, де він використовується у якості оболонки твелів (паливних елементів і канальних труб у ядерних реакторах) [2].

До цирконієвих труб висуваються високі вимоги, оскільки руйнування оболонок твелів може призвести до дуже серйозних наслідків, що обумовлює особливості технології їх виробництва.

Основні вимоги наступні [3]:

- малий переріз захоплення теплових нейтронів оболонкою, що визначається вмістом домішок та товщиною стінки труб;
- достатня міцність та пластичність оболонки, що визначається міцністю та пластичністю матеріалу в осьовому та особливо тангенціальному напрямках, орієнтацією гідридів та відсутністю дефектів в трубах;
- високий опір корозії в середовищі теплоносія, що залежить він низького вмісту домішок в сплаві, його відповідної структури, якості поверхні труб та їх очищення, особливо від фторидів;
- герметичність на протязі тривалого строку служби;
- висока точність геометричних (діаметр, товщина стінки) розмірів;
- відсутність дефектів в стінці труб.

Тому виготовлення оболонок твелів здійснюється на спеціалізованих підприємствах. Це пов'язано зі специфічними умовами виробництва: використання спеціалізованих вакуумних печей, правильних машин, травильних установок тощо.

Технологічний процес виготовлення цирконієвих труб включає [3, 4]:

- отримання металевого цирконію;
- плавлення та отримання зливоків;
- виготовлення трубних заготовок зі зливоків методами гарячої деформації або механічної обробки;
- гаряче видавлювання товстостінних (5-8 мм) труб;
- виробництво труб методами холодної деформації у поєднанні з різними проміжними операціями.

Принципальну схему виробництва труб з цирконієвих сплавів наведено на рис.1.

У технічній літературі недостатньо матеріалу про небезпечні чинники при виробництві труб з цирконієвих сплавів на кожній з ділянок виробництва та заходи щодо безпечних умов праці на робочих місцях.

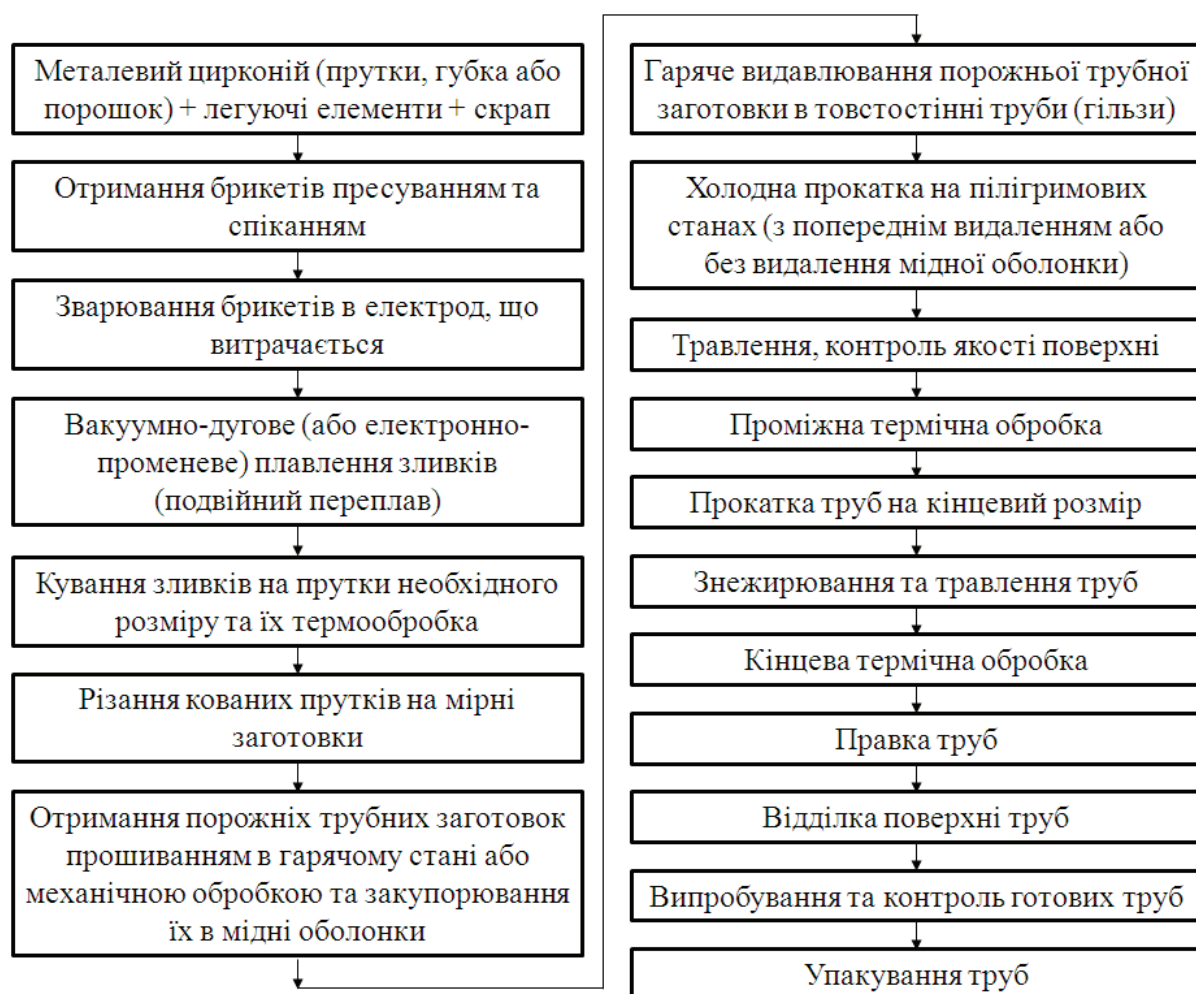


Рисунок 1 – Принципіальна схема виробництва труб з цирконієвих сплавів

Постановка задачі. Метою даної роботи є аналіз небезпечних виробничих чинників при плавленні цирконієвих сплавів у вакуумно-дугових та електронно-променевих печах, їх нагріванні перед гарячою обробкою в індукційних печах та розробка заходів щодо безпечної праці робітників на цих ділянках виробництва.

Результати роботи. Плавлення у вакуумно-дугових або електронно-променевих печах (ЕПП) є основним методом рафінування чорного металу, отриманого, наприклад, кальцієтермічним способом. Процеси плавки полягають у розплавленні вихідного зливка у вакуумі та наступній його кристалізації.

Перший перепплав у вакуумно-дуговій печі сприяє очищенню цирконієвого сплаву від ряду летючих домішок, але не забезпечує гомогенності сплаву по перерізу та висоті зливка. Крім цього, летючі домішки та гази не дозволяють уникнути пористості, особливо на поверхні зливка, тому для отримання зливків необхідної якості, однорідних з точки зору розподілу легуючих елементів, застосовується подвійний перепплав. Для останнього електрод складається з двох або більше зливків першого перепплаву.

Основною перевагою переплаву в електронно-променевих печах є більший ступінь очищення цирконієвого сплаву від домішок за рахунок перегріву розплаву та кращих вакуумних умов [5].

Плавка цирконію у дугових печах пов'язана з небезпекою вибухів при прогорянні стінки тигля, що охолоджується водою, внаслідок розкладання води на поверхні гарячого металу та швидкого наростання тиску суміші водню і водяної пари. Ця небезпека ще більше зростає через утворення воднево-кисневої суміші при порушенні герметичності плавильної печі. Щоб уникнути опіків великі плавильні печі розміщуються у залізобетонних або сталевих броньованих камерах.

Для запобігання проникнення повітря в робочий простір печі при пошкодженні (пропал) „сорочки” в зливальних лініях кристалізатора та електродотримача необхідно встановлювати зворотні клапани. Система водяного охолодження в дугових печах повинна бути зблокована із пристроями, що відключають джерело живлення при падінні тиску води або припиненні її стоку в кожному з вузлів системи під час плавки.

У переважній більшості випадків причиною опіків є викид металу при завантаженні шихти в піч або при заливанні ливарної форми. Тому основна міра боротьби із цим видом травматизму – усунення викидів металу. Останні виникають в основному при завантаженні в розплавлений метал вологої, непросушеної шихти або заливанні металу в холодну металеву форму, на робочій поверхні якої є шар конденсованої вологи. Тому завантаження в піч вологої шихти без попереднього її підсушування забороняється. Також забороняється і заливання в невідігріті металеві форми. Правилами безпечних методів роботи не допускається завантаження в рідкий метал лома із закритими порожнинами. Причиною викиду металу може бути також інтенсивне виділення пари при завантаженні в рідкий метал легуючих елементів з низькою температурою кипіння. Такі елементи необхідно вводити у вигляді лігатури (сплаву з двох та більше елементів).

Найпоширенішими видами травм працівників при плавленні в ЕПП є опіки та ураження електричним струмом. Тому основні заходи техніки безпеки в плавильних відділеннях повинні бути спрямовані на їх попередження.

Необхідно передбачати для печей із приводом, що нахиляються, обмежники нахилу, самостійно гальмуючі пристрої та блокування для автоматичного включення механізму повороту. Пульти управління нахилом печі встановлюються в таких місцях, щоб працівники мали змогу бачити потік металу, що видається з печі. Щити та пульти управління обладнують світловими і звуковими пристроями, що сигналізують.

Печі із системами водяного охолодження також повинні мати блокувальні пристрої, що відключають електроживлення при припиненні або недостатній подачі води. Воронки для зливу охолоджувальної води розташовують у місцях, щоб її потік можна було побачити з робочого місця плавильника [6].

Найбільш важливим при обробці цирконієвих сплавів в гарячому стані є уникнення газонасичення з атмосфери. Нагрів цирконію у повітрі призводить до насичення поверхні киснем та азотом, які потім дифундують в метал, що призводить до зниження в'язкості металу та його корозійних властивостей.

Нагрів перед гарячою обробкою здійснюється в індукційних печах в окислювальній атмосфері (наприклад, атмосфері інертного газу, за винятком водню).

При обслуговуванні індукційних печей генератори повинні бути обладнані огорожувальними і блокувальними (механічними, електричними) пристроями, що відключають доступ персоналу до усіх частин установок, які перебувають під напругою.

Металеві конструктивні частини установок повинні бути заземлені. Заземлення необхідно виконувати і для тих вузлів, які при порушенні нормальної роботи установки можуть виявитися під напругою.

Конденсаторні батареї у виробничому приміщенні необхідно встановлювати в металеві шафи або в спеціальному приміщенні із дверцями, що закриваються. В обох випадках останні повинні бути обладнані блокувальними пристроями, що відключають конденсатори при відкриванні дверей.

Електропроводка від генератора до первинної обмотки гартівного трансформатора повинна бути надійно захищена від ушкоджень (укладена в металеву добре заземлену трубу або виконана у вигляді шин, покладених на ізоляторах у каналі під підлогою).

Силовий трансформатор і пристрій, що випрямляє, повинні бути екрановані. У багатовитковому індукторі витки повинні бути ізольовані для попередження можливості їх замикання.

Якщо огорожувальні пристрої перешкоджають нормальній роботі нагрівального поста установки, допускається робота з неогородженим індуктором, включеним через понижувальний високочастотний трансформатор.

Вода для охолодження індуктора повинна подаватися шлангом з діелектричного матеріалу. На кінці шланга, з якого здійснюється злив води в воронку, повинен бути заземлений металевий вимикач.

Блокувальний пристрій повинен виключати можливість пуску установки при відсутності води в системі охолодження.

Пульт керування процесом нагрівання повинен розміщуватися в безпосередній близькості від нагрівального індуктора в зручному для терміста місці.

В індукційній установці повинна бути забезпечена можливість зняття залишкового заряду конденсатора при непрацюючому генераторі. З цією метою застосовуються: закорочування затисків конденсатора в момент відключення живильної мережі за допомогою пристроїв, що блокують; підключення до затисків конденсатора постійного опору; розрядка конденсатора за допомогою спеціального розрядника з баластовим опором або без нього.

Для захисту працівників від електромагнітного випромінювання, що виникає при електричному імпульсному розряді, застосовуються захисні пристрої (кожухи, щитки, екрани). В установках з винесеною контурною котушкою і конденсатором повинно бути забезпечене їх роздільне екранування.

При необхідності захисту працівників від шуму імпульсні індукційні генератори розміщують у звукопоглинальних камерах [7].

При роботі з цирконієм необхідно передбачати спеціальні міри протипожевого та протипожежного захисту. Для запобігання самозаймання стружку і підмножини треба зберігати невеликими порціями в спеціальних закритих контейнерах. Дрібний пил необхідно систематично видаляти, спалюючи його в спеціально відведених місцях. Для гасіння цирконію, що зайнявся, використовують воду (у великих кількостях), порошок графіту та польовий шпат.

Для оздоровлення умов праці робітників на робочих місцях слід, по можливості, виключити тривалу роботу працівників на дільницях печей, що досягається комплексною механізацією та автоматизацією процесу. Крім цього, рекомендується застосовувати екранування, що відводить або відбиває поглинаюче тепло, повітряні душі, охолодження поверхонь на робочих місцях, проектування раціональної аерації, використання раціональних режимів праці та відпочинку, облаштування захищених від тепла, що випромінюється, місць відпочинку, проведення заходів профілактики працюючих (забезпечення спецодягом, засобами індивідуального захисту, водою тощо). На цих дільницях робоче опалення, як правило, не передбачається [8].

Невід'ємною частиною розглянутих вище нагрівальних печей є установки для одержання контрольованої атмосфери, які є особливо вибухонебезпечними, тому їх не-

обхідно герметизувати від основного устаткування або розміщувати в окремих приміщеннях.

Для запобігання перекидання полум'я в системи газопроводів на дільниці введення захисних газів перед печами та на трубопроводах, через які подається газоповітряна суміш в газозмішувальні камери, повинні бути встановлені мембранні противибухові і зворотні клапани, що перешкоджають подальшому проникненню полум'я, та гасителі полум'я.

В установках для одержання контрольованої атмосфери також повинні бути передбачені необхідні блокувальні пристрої (з обов'язковою світлозвуковою сигналізацією, що сповіщає персонал про можливу небезпеку), які забезпечують відключення подачі вихідних газів в установку при порушенні режиму її роботи, а також відключення подачі контрольованої атмосфери в піч при аварійних ситуаціях [7].

Висновки. Проаналізовано основні виробничі чинники, які впливають на безпеку праці робітників дільниць вакуумно-дугових, електронно-променевих та індукційних печей.

Найпоширенішими видами небезпек є: вибухи, пожежі, опіки, ураження електричним струмом та електромагнітні випромінювання.

До найбільш загальних вимог безпеки працівників відносяться: виключення безпосереднього контакту працюючих з установками, матеріалами, готовою продукцією, відходами виробництва, повна механізація та автоматизація технологічних процесів, використання захисних і блокувальних пристроїв, що виключають виникнення аварійних ситуацій, проектування ефективної природної, механічної та місцевої вентиляції, освітлення, ретельна розробка та контроль всіх параметрів технологічного процесу, проведення заходів профілактики працюючих.

ЛІТЕРАТУРА

1. Металлургия циркония и гафния / Н.В.Барышников, В.Э.Гегер, Н.Д.Денисова [и др.]. – М.: Металлургия, 1979. – 208с.
2. Цирконий и его сплавы: технологии производства, области применения / В.М.Ажажа, П.Н.Вьюгов, С.Д.Лавриненко [и др.]. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 1998. – 89с.
3. Займовский А.С. Циркониевые сплавы в атомной энергетике / А.С.Займовский, А.В.Никулина, Н.Г.Решетников. – М.: Энергоиздат, 1981. – 232с.
4. Миллер Г.Л. Цирконий / Г.Л.Миллер. – М.: Издательство иностранной литературы, 1955. – 392с.
5. Патон Б.Е. Электронно-лучевая плавка тугоплавких и высокорреакционных металлов / Б.Е.Патон, Н.П.Тригуб, С.В.Ахонин. – Киев: Наукова думка, 2008. – 312с.
6. Все о металлургии [Ел. ресурс.]. – Режим доступу: <http://metal-archive.ru>.
7. Правила охорони праці при термічній обробці металів: НПАОП 28.5-1.02-07. – [Чинний від 2007-12-18]. – Київ: Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2007. – 111с. – (Національний стандарт України).
8. Романюк Р.Я. Безпека праці при прокатці жерсті / Р.Я.Романюк, К.О.Левчук // Зб. наук. праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2014. – Вип. 2(25). – С.197-201.

Надійшла до редколегії 09.10.2017.