

Селіхов Ю.А., к.техн.н., професор, Горбунов К.О., к.техн.н., професор

ІНТЕГРАЦІЯ РОБОТИ РЕГЕНЕРАТОРІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

Ключові слова: вогнетривка кладка; ванна скловарної печі; температурні поля; система випарного охолодження, додаткове охолодження, склепіння, подина.

Постановка задачі. Виробництво промислової продукції в Україні здійснюється із високими питомими витратами енергоресурсів. Витрати палива та його питома складова у собівартості продукції підприємств скляної промисловості значно перевищують аналогічні показники промислово розвинених країн, що суттєво знижує конкурентоспроможність вітчизняної продукції. У цих умовах енергозбереження визначено одним із пріоритетних напрямів державної політики України [1]. Високотемпературні теплотехнологічні комплекси та системи можуть суттєво відрізнятися як за своїм конструктивним виконанням, так і за цільовим призначенням. Однак наявність подібних робочих процесів, таких як горіння палива, приблизно однакові і температурний рівень процесів, складний тепло- та масообмін у робочій зоні технологічного реактора, наявність системи регенерації тепла дозволяє застосувати загальний підхід для оцінки їх роботи з метою вибору перспективних напрямів енергозбереження та вибору шляхів підвищення ефективності використання палива [2]. Загальні методологічні підходи, що знайшли застосування при аналізі роботи високотемпературних теплотехнологічних установок (ВТУ) у виробництві скломаси, дали можливість вибрати ефективні напрями у проведенні досліджень у галузі енергозбереження стосовно скляного виробництва з урахуванням характерних технологічних особливостей виробництва у сучасних економічних умовах. Ефективність роботи агрегатів визначається не тільки ступенем досконалості теплотехнічних систем, а й стійкістю елементів, які залежать від якості вогнетривких матеріалів, що застосовуються. Це зумовлює необхідність комплексного підходу до вирішення низки взаємозалежних завдань енергозбереження теплотехнології виробництва скломаси, параметричної діагностики та оптимального управління. Значно ускладнює проведення досліджень та обставина, що робота елементів комплексу жорстко пов'язана зі складними фізико-хімічними та технологічними процесами, що реалізуються у робочому просторі ВТУ під час виробництва скломаси.

В даний час агрегати ванного типу знаходять широке застосування при виробництві різних матеріалів, у тому числі при виробництві скла, яке відноситься до енерговитратних виробництв. Технологія виробництва скла включає операції, що реалізуються у певній послідовності як позаробочого простору реактора (підготовка шихти, формування, охолодження та термообробка виробу), так і безпосередньо в робочому просторі (нагрів, плавлення шихтових матеріалів з процесами силікато- та склоутворення, дегазація та гомогенізація скломаси), охолодження скломаси до заданої температури, видача скла на формувальну машину – студка).

З метою більш повного використання енергії палива та відходів теплової енергії до складу ВТУ включають елементи зовнішнього тепловикористання з додатково вбу-

дованими в структурну схему установки елементами, придатними також для отримання іншої технологічної продукції, наприклад гарячої води, пари, електроенергії.

З метою збільшення міжремонтних термінів і підвищення стійкості елементів скловарних печей, передусім стін варильного басейну, застосовуються різні способи охолодження вогнетривкої кладки [3, 4]. В даний час для охолодження склепіння та подини широко використовується повітряне охолодження. Повітряне охолодження призводить до підвищення стійкості вогнетривів стінового бруса, проте його застосування не вирішує проблему збільшення кампанії печей. У той же час при випарному охолодженні стійкість стінового бруса вже не є лімітуючим фактором тривалості кампанії печей, що є важливим аргументом на користь його застосування. У цьому випадку на поверхні елементів, що охолоджуються, утворюється шар в'язкої скломаси (гарнісаж), що перешкоджає його подальшому руйнуванню [5]. Система випарного охолодження переважно застосовується для охолодження зовнішньої поверхні варильного басейну скловарної печі.

Вогнетриви стін, що працюють в агресивному середовищі в діапазоні температур 1320–1650 °С в порівнянні з вогнетривами склепіння і подини, схильні до найбільш інтенсивного руйнування. Причому характерним є інтенсивне руйнування вогнетривів лише на рівні дзеркала скломаси. Це призводить до значного підвищення температури на зовнішній поверхні стін варильного басейну, що може перевищувати 300 °С.

Зі зростанням температури значно зростає швидкість корозії вогнетривів, яка може становити від 0,1–0,2 мм/добу для бакору та до 5–6 мм/добу для плавленого кварцу [6]. В цьому випадку суттєво збільшуються теплові втрати через огороження агрегатів, погіршуються умови роботи обслуговуючого персоналу. Зі зменшенням товщини вогнетривких блоків стін варильного басейну виникає реальна небезпека проривів розплаву скломаси [7]. У результаті це призводить до передчасного зупинення агрегатів для холодного ремонту, що негативно впливає на техніко – економічні показники роботи технологічних агрегатів. Таким чином, тривалість терміну експлуатації визначається, перш за все, стійкістю кладки стін варильного басейну, а міжремонтний період печей, незважаючи на застосування штучного охолодження, може досягати в залежності від сорту скломаси, що виплавляється, і застосовуваних вогнетривів від декількох місяців до 2–3 років [8].

На основі техніко-економічних розрахунків було обґрунтовано і в подальшому реалізовано пропозиції та рекомендації щодо використання системи випарного охолодження (СВО) для скловарної печі при виробництві алюмоборосилікатного скла. Досліджено охолоджувані конструкції плоскої форми із встановленими в них екранними поверхнями із сталевих труб. Установка панелей, що охолоджуються, передбачена по периметру ванни із зовнішнього боку. Панелі є вертикальними екранами, звареними зі сталевих труб діаметром $d = 59 \times 8$ мм з ребрами, з'єднаними верхнім та нижнім колекторами. Екрани змонтовані в сталевому корпусі прямокутної форми, виготовленому із сталевих листів із заповненням міжтрубного простору спеціальним жаростійким бетоном, а між бетоном та зовнішньою металевою стінкою прокладка з ізоляційного матеріалу [8]. Для оцінки працездатності екранів СВО проведено діагностику температурного стану елементів в інтервалі температур 1550–1570 °С, відповідний режим варіння алюмоборосилікатного скла з урахуванням динаміки руйнування вогнетривкої кладки. Результати промислової експлуатації агрегату показали надійність роботи елементів системи, що дозволило знизити рівень температур зовнішньої поверхні стін варильного

басейну [9–10]. При цьому технологічний агрегат окрім скломаси виробляв і насичену водяну пару, що відкрило можливість реалізувати різні схеми енерготехнологічного комбінування [11, 12].

При використанні випарного охолодження забезпечується підвищення стійкості конструкцій, що охолоджуються, значно скорочуються витрати на будівництво та експлуатацію водного господарства для водопостачання промислових підприємств, відкривається можливість утилізувати тепло, що втрачається раніше при водяному охолодженні. Використання теплового потенціалу пари систем випарного охолодження різних технологічних агрегатів становить близько 30 % загальної економії палива на теплоутилізаційних установках підприємств чорної металургії.

Тому розробка нових конструктивних елементів системи охолодження склепіння та подини скловарної печі вважаємо актуальним завданням.

Мета статті. Удосконалити систему охолодження скловарної печі, збільшення терміну експлуатації вогнетривкої кладки склепіння регенератора скловарної печі; утилізація теплоти зовнішньої кладки склепіння регенератора, а також удосконалення системи її охолодження шляхом застосування водяного охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора; економія палива, яке витрачається для нагріву такої ж кількості теплоносія у котельному устаткуванні. Регенератори скловарних печей працюють в умовах жорсткої технологічної залежності від режимних параметрів скловарної печі. Гази, які гріють, поступають в регенератор з температурою на рівні 1200–1400 °С та охолоджуються там до рівня 450–650 °С. Температура повітря безпосередньо на вході в насадку регенератора може складати 50–150 °С. В скловарних печах з підковоподібним напрямком факелу регенератори розміщують з вузького боку за фронтальною стінкою печі, а з подовжнім - уздовж подовжніх бокових стін під пальниками. На початку газового періоду різниця між температурою насадки і температурою димових газів сягає значних величин. Поступово прогрівається насадка настільки, що її температура досягає граничної межі для робочої температури вогнетривкої кладки. У цей час здійснюється перекид клапанів і у канали регенератора поступає повітря або димові гази. Відбувається поступова віддача тепла насадкою повітря (газам), які нагріваються до заданої температури. Насадка віддає акумульоване тепло, при цьому знижується температура повітря (газу) та через регенератор знову пропускають газу, які підігрівають насадку. Таким чином робота регенератора характеризується циклічними нестационарними тепловими режимами та періодичними коливаннями температури підігріву повітря. Вимоги теплового режиму печі до роботи регенератора обумовлені тим, що зниження температури підігріву повітря або газу приводить до зниження температури згоряння і несприятливо впливає на рівень температури в робочій зоні печі. Коли необхідно підтримувати температуру в печі достатньо високою, треба часто робити перекид клапанів. Таким чином, підтримування високої температури вогнетривкої кладки насадки регенератора дозволяє нам, при використанні двошарової ізоляції, підтримувати температуру на зовнішній поверхні склепіння регенератора на рівні 100–120 °С, тим самим зводяться до мінімуму втрати тепла крізь склепіння регенератора і досягається їх герметичність. Однак ця теплота ніяк не утилізувалась та втрачалась безповоротно, при цьому вона нагрівала повітря приміщення, де знаходиться регенератор, природною конвекцією і тепловим випромінюванням. При цьому має місце нерівномірне руйнування вогнетривкої кладки склепіння по площині, звідси і наявність нерівномірних те-

мпературних полів по всій площині зовнішньої поверхні склепіння. Тому на зовнішній поверхні склепіння регенератора спостерігається висока температура, яка може сягати понад 100–120 °С і вище. Величина абсолютних втрат теплоти залежить від конструкції печей, матеріалів та стану вогнетривкої кладки, теплового режиму, розмірів поверхонь, які віддають тепло. Вагомим фактором при експлуатації системи регенерації є забезпечення мінімального надлишку повітря, так як підсос повітря через вогнетривку кладку негативно впливає на теплову роботу агрегату. Для зменшення підсосу повітря необхідно використовувати газощільну кладку склепіння і стін регенераторів та газоходів, а також захисну обмазку. В деяких випадках регенератори мають занадто малі або занадто великі розміри насадки, мають місце також нещільності у стінках регенераторів або відсутня теплоізоляція. Жодна з відомих конструкцій не заснована на теплотехнічному розрахунку тих процесів, які спостерігаються в системі охолодження регенератора, тому всі вони вирішують ту чи іншу задачу не комплексно [13, 14].

Мета досягається за рахунок того, що уздовж всієї зовнішньої поверхні склепіння регенератора встановлено додаткове охолодження з розташованих по периметру всієї площини збірних модулів, кожний з яких складається з теплоізолізованого металевого коробу, в якому знаходиться оснащений клапаном тиску плаский металевий колектор площиною 1,2 м² (1,2 м x 1,0 м) і товщиною 10 мм з розвинутою поверхнею теплообміну, встановлений цією поверхнею щільно до зовнішньої поверхні металевого листа, який своєю нижньою поверхнею лежить на зовнішній поверхні склепіння регенератора. Збірні модулі мають трубопроводи підведення та відведення теплоносія, запірну арматуру, електронасоси, термопари для вимірювання температури теплоносія, систему автоматизованого управління, пульт керування. На рис.1 показано схему обладнання для охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора скловарної печі [15].

На рис. 1 показано схему обладнання для охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора скловарної печі, яка складається з піднасадочного каналу 1, насадки з вогнетривкої кладки 2, покладеної усередині регенератора з стінами 11, склепіння 3, металевих листів 4, які своєю нижньою поверхнею лежать на зовнішній поверхні склепіння 3 і розміщені на склепінні паралельно один одному, які змонтовані на спеціальних шарнірах 10, і на них встановлено додаткове охолодження з розташованих по всій площині металевих листів паралельно один одному збірних модулів, кожний з яких складається з теплоізолізованого металевого короба 7, в якому знаходиться плаский металевий колектор з розвинутою поверхнею теплообміну 5 і клапаном тиску з трубопроводами підведення 8 і відведення 6 теплоносія, встановлений своєю розвинутою поверхнею теплообміну щільно до зовнішньої поверхні металевого листа 4.

Додаткове охолодження працює таким чином. Після виходу регенератора скловарної печі на робочий режим включається додаткове охолодження зовнішньої поверхні його склепіння. Теплоносій подається за патрубками 8, що підводять його знизу в пласкі колектори 5 і під тиском насоса заповнює внутрішню порожнину колекторів, відбирає тепло зовнішньої поверхні металевого листа 4 і через патрубки 6 виходить з колекторів. Коли теплоносій є вода, то при збільшенні температури до 100 °С, вона може закипіти, тоді у цьому випадку спрацює клапан тиску, який вирівнює тиск у колекторі. Підігрітий теплоносій подається наприклад, на потреби теплопостачання, або у бак-акумулятор. Металевий лист у своїй нижній частині має загнуту кромку у вигляді трубопроводу 9, у який, у разі прориву колектора, може збиратись теплоносій і потім відводитися у бак-акумулятор або на подачу в насоси. Термопари, які встановлені в

трубопроводах, передають сигнал на автоматизовану систему управління про рівні температур теплоносія. При збільшенні температури теплоносія вище заданої, автоматика збільшує подачу теплоносія насосом. Автоматизована система управління забезпечує роботу додаткового охолодження без втручання людини, а у разі необхідності можливе ручне керування системою. Коли необхідно відремонтувати склепіння, то у цьому випадку металевий лист разом з збірним модулем зміщується у бік на шарнірі і відкривається доступ до його ремонту.

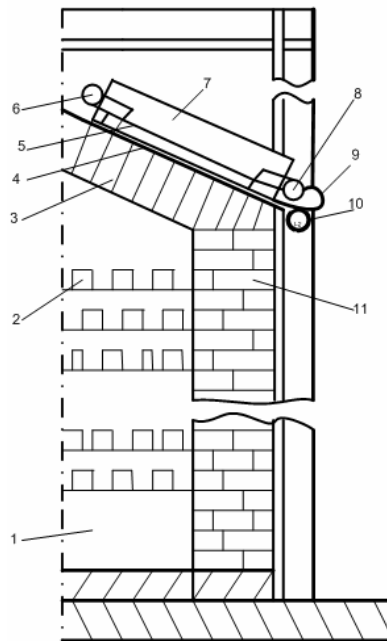


Рисунок 1 – Схема обладнання для охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора скловарної печі

1 – піднасадочний канал, 2 – насадки з вогнетривкої кладки, 3 – склепіння, 4 – металевий лист, 5 – плоский металевий колектор, 6 – трубопроводи відведення теплоносія, 7 – теплоізований металевий короб, 8 – трубопроводи підведення теплоносія, 9 – металевий лист з загнутою кроккою у вигляді трубопроводу, 10 – спеціальні шарніри, 11 – стіна з вогнетривкої кладки усередині регенератора

Висновки. Запропоноване нами додаткове водяне охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора дозволяє: удосконалити систему охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора скловарної печі шляхом застосування плоских колекторів з клапанами тиску, які мають трубопроводи підведення і відведення теплоносія і щільно без зазорів розміщені на металевих листах, які, в свою чергу теж щільно без зазорів лежать на зовнішній поверхні склепіння і змонтовані на спеціальних шарнірах, що дозволяє зменшити температуру поверхні до 30 °С і одночасно найбільш повно використати тепло зовнішньої поверхні склепіння регенератора, яке раніше не використовувалось, наприклад, для отримання гарячої води систем теплопостачання, а це в свою чергу дозволяє економити паливо, яке витрачається в котельні для нагрівання такої ж кількості теплоносія; забезпечити більш рівномірні температурні поля по всій площині склепіння регенератора, що, в свою чергу, дає можливість уповільнити процес руйнування вогнетривкої кладки склепіння регенератора; а встановлені у трубопрово-

дах термопарі дають можливість слідкувати за зміною температури теплоносія в колекторах і в разі збільшення температури поверхні склепіння регенератора автоматика збільшує подачу теплоносія в трубопроводах, що в сукупності дозволяє збільшити термін експлуатації вогнетривкої кладки склепіння регенератора скловарної печі.

Література

1. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
2. Интегрированные энергосберегающие теплотехнологии в стекольном производстве : Монография /Л.Л.Товажнянский, В.М. Кошельник и др. ; Под ред. В.М. Кошельника. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2008. – 628 с.
3. Кошельник В.М., Филиппев О.В., Кошельник А.В. О возможности применения опыта испарительного охлаждения металлургических агрегатов для стекловаренных печей // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 1998. – Вып. 16. – С. 165–168.
4. Кошельник В.М., Киуила И.Г. Исследование и анализ теплового состояния стен варочного бассейна стекловаренной печи с испарительным охлаждением / Тез. доклада междунар. семинара «Научные основы конструирования металлургических печей». – Днепропетровск: ДМетАУ, 1993. – С. 18–19.
5. Кошельник В.М. Методика экспериментального исследования теплового состояния панелей системы испарительного охлаждения стекловаренной печи // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 1999. – №1. – С. 55–60.
6. Гойхман В.Ю., Руслов В.Н., Костыря В.А. Печная теплотехника в производстве стекла. – Харьков: Факт, 1997. – 288 с.
7. Энергосбережение при варке стекла / Г.М.Матвеев, В.В.Миронов, Э.М.Раскина, К.Е.Тарасевич // Стекло и керамика. – 1998. – №11. – С. 10–11.
8. Кошельник В.М., Долженко Е.Ю., Кошельник А.В., Киуила И.Г. Перспективные направления энерготехнологического комбинирования на основе стекловаренных печей // Интегровані технології та енергозбереження. – 1999. – №2. – С. 31–39.
9. Тепловые процессы в технологии силикатных материалов: Учебник для вузов / И.А. Булавин, И.А. Марков, А.Я. Рапопорт, В.К. Хохлов. – М.: Стройиздат, 1982. – 248 с.
10. Пиоро Л.С. Экономия топлива в производстве стекла. – К.: Наук. Думка, 1981 – 140 с.
11. Пат. 20031212106 України А 7 СО3В5/04. Ванна скловарної печі / Кошельник В.М., Селіхов Ю.А., Кошельник О.В., Долженко О.Ю.; Заявл. 27.08.2003; Опубл. 15.12.2004, Бюл. №12. – 4 с.
12. Пат. 2003088002 України А С 03В5/04. Ванна для скловарної печі / Кошельник В.М., Селіхов Ю.А., Кошельник О.В.; Заявл. 23.12.2003; Опубл. 17.01.2005, Бюл. №1. – 3 с.
13. Совершенствование конструктивных элементов системы охлаждения высокотемпературных агрегатов ванного типа / В.М. Кошельник, Ю.А. Селихов, А.В. Кошельник, Е.Ю. Долженко // Интегровані технології та енергозбереження. – 2004. – №2. – С. 22–27.

14. Повышение энергоэкологических показателей высокотемпературных плавильных агрегатов на основе усовершенствования систем водяного охлаждения / В.М. Кошельник, Ю.А. Селихов, А.В. Кошельник, Е.Ю. Долженко // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2004. – №4. – С. 51–56.

15. Пат. 2003109378 України А 7 СОЗВ5/237. Обладнання для охолодження ре-генераторів скловарних печей / Кошельник В.М., Селихов Ю.А., Кошельник О.В.; Заявл. 17.10 2003; Опубл. 15.11 2004, Бюл. №11. 4 с.

Bibliography (transliterated)

1. Kovalko M.P., Denisyuk S.P. Energozberezhennya – prioritetnii napryamok derzhavnoї politiki Ukraini. – K.: UEZ, 1998. – 506 p.

2. Integrirovannі energosberegayushchie teplotekhnologii v stekolnom proizvodstve : Monografiya /L.L. Tovazhnyanskyu, V.M. Koshelnik i dr. ; Pod red. V.M. Koshelnika. – Kharkov : NTU «KhPI», 2008. – 628 p.

3. Koshelnik V.M., Filipev O.V., Koshelnik A.V. O vozmozhnosti primeneniya opita isparitel'nogo okhlazhdeniya metallurgicheskikh agregatov dlya steklovarennikh pechei // Vestnik Kharkovskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. – 1998. – Vip. 16.– P. 165–168.

4. Koshelnik V.M., Kiuila I.G. Issledovanie i analiz teplovogo sostoyaniya sten varochnogo basseina steklovarnoi pechi s isparitel'nim okhlazhdeniem / Tez. doklada mezhdunar. seminaru «Nauchnie osnovi konstruirovaniya metallurgicheskikh pechei». – Dnepropetrovsk: DMetAU, 1993. – P. 18–19.

5. Koshelnik V.M. Metodika eksperimental'nogo issledovaniya teplovogo sostoyaniya panelei sistemi isparitel'nogo okhlazhdeniya steklovarnoi pechi // Integrirovannі tekhnologii i energosberezhenie. – 1999. – №1.– P. 55–60.

6. Goikhman V.Yu., Ruslov V.N., Kostirya V.A. Pechnaya teplotekhnika v proizvodstve stekla. – Kharkov: Fakt, 1997. – 288 p.

7. Energozberezhenie pri varke stekla / G.M.Matveev, V.V.Mironov, E.M.Raskina, K.E.Tarasevich // Steklo i keramika. – 1998.– №11.– P. 10–11.

8. Koshelnik V.M., Dolzhenko Ye.Yu., Koshelnik A.V., Kiuila I.G. Perspektivnie napravleniya energotekhnologicheskogo kombinirovaniya na osnove steklovarennikh pechei // Integrovani tekhnologii ta yenergozberezhennya. – 1999. – №2. – P. 31–39.

9. Teplovie protsessi v tekhnologii silikatnikh materialov: Uchebnik dlya vuzov / I.A. Bulavin, I.A. Markov, A.Ya. Rapoport, V.K. Khokhlov.– M.: Stroizdat, 1982.– 248 p.

10. Piro L.S. Ekonomiya topliva v proizvodstve stekla. – K.: Nauk. Dumka, 1981 – 140 p.

11. Pat. 20031212106 України А 7 SO3V5/04. Vanna sklovarnoi pechi / Koshelnik V.M., Selikhov Yu.A., Koshelnik O.V., Dolzhenko O.Yu.; Zayavl. 27.08.2003; Opubl. 15.12.2004, Byul. №12. – 4 p.

12. Pat. 2003088002 України А S 03V5/04. Vanna dlya sklovarnoi pechi / Koshelnik V.M., Selikhov Yu.A., Koshelnik O.V.; Zayavl.23.12.2003;Opubl. 17.01.2005, Byul.»1.– 3 p.

13. Sovershenstvovanie konstruktivnikh elementov sistemi okhlazhdeniya visokotemperaturnikh agregatov vannogo tipa / V.M. Koshelnik, Yu.A. Selikhov, A.V. Koshelnik, Ye.Yu. Dolzhenko // Integrovani tekhnologii ta yenergozberezhennya. – 2004. – №2. – P. 22–27.

14. Povishenie energoekologicheskikh pokazatelei visokotemperaturnikh plavilnikh agregatov na osnove usovershenstvovaniya sistem vodyanogo okhlazhdeniya / V.M. Koshelnik, Yu.A. Selikhov, A.V. Koshelnik, Ye.Yu. Dolzhenko // Integrovani tekhnologii ta yenergozberezhennya. – 2004. – №4. – P. 51–56.

15. Pat. 2003109378 Ukraїni A 7 SO3V5/237. Obladnannya dlya okholodzhennya re-generatoriv sklovarnikh pechei / Koshelnik V.M., Selikhov Yu.A., Koshelnik O.V.; Zayavl. 17.10 2003; Opubl. 15.11 2004, Byul. №11. 4 p.

УДК 66.041: 666.1.031.2

Селіхов Ю.А., к.техн.н., професор, Горбунов К.О., к.техн.н., професор

ІНТЕГРАЦІЯ РОБОТИ РЕГЕНЕРАТОРІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

Матеріал статті відноситься до скляної промисловості, а саме до обладнання для охолодження склепіння регенераторів скловарних печей і може бути використаний під час будівництва нових або реконструювання діючих регенераторів.

При руйнуванні вогнетривів промислових скловарних печей відбувається інтенсивне зменшення товщини стінки варильного басейну, що призводить до значного підвищення температури зовнішньої поверхні стін і, відповідно, збільшення теплових втрат. Максимальне руйнування вогнетривкої кладки стін варильного басейну спостерігається на рівні дзеркала розплаву скломаси. Має місце неоднаковий її знос по висоті та периметру басейну. Швидкість руйнування кладки визначається стійкістю вогнетривів, що застосовуються, температурним режимом варіння скла, конструктивними особливостями агрегатів.

Технічною задачею статті є: збільшення терміну експлуатації вогнетривкої кладки склепіння регенератора скловарної печі; утилізація теплоти зовнішньої поверхні кладки склепіння регенератора, а також удосконалення системи її охолодження шляхом застосування водяного охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора; економія палива, яке витрачається для нагріву такої ж кількості теплоносія у котельному устаткуванні.

Запропоноване охолодження зовнішньої поверхні склепіння регенератора дозволяє: зменшити температуру зовнішньої поверхні склепіння до рівня 30 °С і одночасно найбільш повно використати тепло зовнішньої поверхні склепіння регенератора, яке раніше не використовувалось, наприклад, для отримання гарячої води системи теплопостачання, а це дає можливість економити витрати палива, яке необхідно для роботи котельного устаткування для нагрівання такої ж кількості теплоносія; забезпечити більш рівномірний розподіл температурних полів по всій площині склепіння регенератора, шляхом застосування плоских колекторів спеціальної конструкції, що, в свою чергу, дає можливість уповільнити процес руйнування вогнетривкої кладки склепіння регенератора. Встановлені у трубопроводах термопари дають можливість слідкувати за зміною температури теплоносія в колекторах і в разі збільшення температури поверхні колекторів автоматика збільшує подачу теплоносія в трубопроводах. Колектори оснащені клапанами тиску, коли температура теплоносія в колекторі буде вище 100 °С він у колекторі може закипіти і тоді клапан тиску вирівнює тиск у колекторі.

Ключові слова: вогнетривка кладка; ванна скловарної печі; температурні поля; система випарного охолодження, додаткове охолодження, склепіння, подина.

Селихов Ю.А., к.техн.н., професор, Горбунов К.А., к.техн.н., професор

ИНТЕГРАЦИЯ РАБОТЫ РЕГЕНЕРАТОРОВ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Материал статьи относится к стекольной промышленности, а именно к оборудованию для охлаждения свода регенераторов стекловаренных печей и может быть использован при строительстве новых или реконструкции действующих регенераторов.

При разрушении огнеупоров промышленных стекловаренных печей происходит интенсивное уменьшение толщины стенки варочного бассейна, что приводит к значительному повышению температуры наружной поверхности стен и соответственно увеличению тепловых потерь. Максимальное разрушение огнеупорной кладки стен варочного бассейна наблюдается на уровне зеркала расплава стекломассы. Имеет место неодинаковый износ по высоте и периметру бассейна. Скорость разрушения кладки определяется устойчивостью применяемых огнеупоров, температурным режимом варки стекла, конструктивными особенностями агрегатов.

Технической задачей статьи является: увеличение срока эксплуатации огнеупорной кладки свода регенератора стекловаренной печи; утилизация теплоты наружной кладочной поверхности свода регенератора, а также усовершенствование системы ее охлаждения путем применения водяного охлаждения наружной поверхности свода регенератора; экономия топлива, расходуемого для нагрева такого же количества теплоносителя в котельном оборудовании.

Предлагаемое охлаждение наружной поверхности свода регенератора позволяет: уменьшить температуру наружной поверхности свода до уровня 30 °С и одновременно наиболее полно использовать тепло наружной поверхности свода регенератора, которое ранее не использовалось, например, для получения горячей воды системы теплоснабжения, а это дает возможность экономить расходы топлива, которое необходимо для работы котельного оборудования для нагрева такого же количества теплоносителя; обеспечить более равномерное распределение температурных полей по всей плоскости свода регенератора путем применения плоских коллекторов специальной конструкции, что, в свою очередь, дает возможность замедлить процесс разрушения огнеупорной кладки свода регенератора. Установленные в трубопроводах термомпары позволяют следить за изменением температуры теплоносителя в коллекторах и в случае увеличения температуры поверхности коллекторов автоматика увеличивает подачу теплоносителя в трубопроводах. Коллекторы оснащены клапанами давления, когда температура теплоносителя в коллекторе будет выше 100 °С, он в коллекторе может закипеть и тогда клапан давления выравнивает давление в коллекторе.

Ключевые слова: огнеупорная кладка; ванна стекловаренной печи; температурные поля; система испарительного охлаждения, дополнительное охлаждение свод подина.

Selikhov Yu.A., Gorbunov K.A.

INTEGRATION OF OPERATION OF REGENERATORS OF GLASS FURNACES

The material of the article relates to the glass industry, namely to equipment for cooling the roof of regenerators of glass melting furnaces and can be used in the construction of new or reconstruction of existing regenerators.

When the refractories of industrial glass melting furnaces are destroyed, an intensive decrease in the wall thickness of the melting basin occurs, which leads to a significant increase in the temperature of the outer surface of the walls and, accordingly, an increase in heat losses. The maximum destruction of the refractory masonry of the walls of the melting basin is observed at the level of the mirror of the melted glass. There is uneven wear along the height and perimeter of the pool. The rate of destruction of the masonry is determined by the stability of the used refractories, the temperature regime of glass melting, and the design features of the units.

The technical task of the article is: to increase the service life of the refractory masonry of the glass furnace regenerator roof; utilization of the heat of the outer masonry surface of the regenerator roof, as well as improvement of its cooling system by using water cooling of the outer surface of the regenerator roof; saving fuel consumed to heat the same amount of coolant in boiler equipment.

The proposed cooling of the outer surface of the regenerator roof makes it possible to: reduce the temperature of the outer surface of the roof to the level of 30 °C and at the same time make the most of the heat of the outer surface of the regenerator roof, which has not been used before, for example, to obtain hot water from a heat supply system, and this makes it possible to save fuel costs, which are necessary for the operation of boiler equipment to heat the same amount of coolant; to ensure a more uniform distribution of temperature fields over the entire plane of the regenerator roof by using flat collectors of a special design, which, in turn, makes it possible to slow down the process of destruction of the refractory lining of the regenerator roof. The thermocouples installed in the pipelines make it possible to monitor the change in the temperature of the coolant in the collectors, and in the event of an increase in the surface temperature of the collectors, the automation increases the flow of the coolant in the pipelines. The collectors are equipped with pressure valves, when the temperature of the coolant in the collector is above 100 °C, it can boil in the collector and then the pressure valve equalizes the pressure in the collector.

Keywords: refractory masonry; glass furnace bath; temperature fields; evaporative cooling system, additional cooling, vault, bottom.