

стивостей керамічних мас, які отримують на основі спісненої низькосортної глинистої сировини.

Список літератури: 1. *Гурський Д.С.* Металічні і неметалічні корисні копалини України: у 2 т. / [Д.С. Гурський, К.Ю. Єсипчук, В.І. Калінін та ін.]. – К.: Львів: Вид-во «Центр Європи», 2006. – Том 2: Неметалічні корисні копалини. – 552 с. 2. *Книгина Г.И.* Улучшение технологических свойств суглинков / Г.И. Книгина. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжн. изд-во, 1966. – 75 с. 3. *Кондратенко В.А.* Проблемы кирпичного производства и способы их решения / В.А. Кондратенко, В.Н. Пешков, Д.В. Следнев // Строительные материалы. – 2002.– № 3. – С. 43. 4. *Питак О.Я.* Применение поверхностно-активных веществ для снижения влажности массы при формировании изделий методом полужесткой экструзии / О.Я.Питак // Вопросы химии и химической технологии. – 2005. – № 6. – С. 96 – 98. 5. *Сергиенко А.П.* Опыт применения полифункционального модификатора ПФМ-ЛНК при производстве керамических изделий / А.П. Сергиенко // Строительные материалы и изделия. – 2007. – № 1. – С. 13 – 14. 6. *Ничипоренко С.П.* Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики / С.П. Ничипоренко. – К.: Наукова думка, 1968. – 75 с.

Надійшла до редколегії 30.03.10

УДК 661.968; 536.782

О.В. КОШЕЛЬНИК, канд. техн. наук, старш. наук. співр.,
ІПМаш НАН України, м. Харків

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕРМОСОРБЦІЙНИХ КОМПРЕСОРІВ З СИСТЕМОЮ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ

Для підвищення ефективності роботи термосорбційних компресорних установок пропонується застосування регенеративних теплообмінників з фазовим переходом, що забезпечить підвищення ККД компресорів за рахунок використання теплоти перехідних процесів.

Для повышения эффективности работы термосорбционных компрессорных установок предлагается применение регенеративных теплообменников с фазовым переходом, который обеспечит повышение КПД компрессоров за счет использования теплоты переходных процессов.

Regenerative phase transition heat exchangers are proposed to increase effectiveness of thermosorptional compressor plants. It will increase efficiency of compressors due to heat of transient processes.

1. Вступ. Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Відмінність термосорбційних компресорів (ТСК) від металогідридних установок для зберігання і подачі водню, полягає в безперервності процесу переносу маси водню на більш високий рівень.

Це обумовлює необхідність інтенсифікації тепломасообмінних процесів та підвищення вимог до стійкості елементів компресорної установки [1].

Одним з недоліків схем з використанням термосорбційних компресорів є їх невисокий ККД.

Причиною цього є невелика різниця між максимальним T_{\max} та мінімальним T_{\min} рівнем температур термодинамічного циклу ТСК, а також наявність теплових втрат при його роботі.

Особливості роботи ТСК різної конструкції описано в роботах [2, 3].

2. Невирішена частина проблеми.

Причиною низької енергоефективності ТСК є наявність значного пускового періоду через неможливість швидкого нагрівання генератора, у якому відбувається процес десорбції, і швидкого охолодження генератора-сорбера.

Для зменшення тривалості пускового періоду і зниження теплових втрат виникає необхідність у застосуванні додаткових заходів, спрямованих на повернення в цикл теплоти металогібрида, що втрачається у процесі охолодження від температури десорбції до температури сорбції – теплоти перехідних процесів.

3. Ціллю даного дослідження є розробка енергоефективних схем ТСК, що дозволяють використовувати теплоту перехідних процесів з метою зменшення витрат теплової енергії при роботі термосорбційних компресорних установок.

4. Викладення основного матеріалу дослідження.

Як відомо, робота ТСК характеризується циклічністю, що пов'язано з необхідністю здійснення послідовного процесу підведення теплоти до генератора-адсорбера в період десорбції та відводу теплоти від нього в період сорбції. Це дозволяє провести певну аналогію з роботою регенеративних теплообмінників, що також має яскраво виражений періодичний характер. Тому одним з шляхів підвищення ефективності роботи ТСК може бути використання системи регенерації теплоти перехідних процесів за рахунок зменшення теплових втрат.

В ІПМаш НАНУ були запропоновані ряд схем ТСК з системами регенерації теплоти. В [3] описана схема компресорної установки із застосуванням

додаткових регенеративних теплообмінників ТО1, ТО2, встановлених у генераторах-абсорберах Г1, Г2 (рисунок). Вони утворюють циркуляційний контур, в який включений насос Н для перекачування проміжного теплоносія.

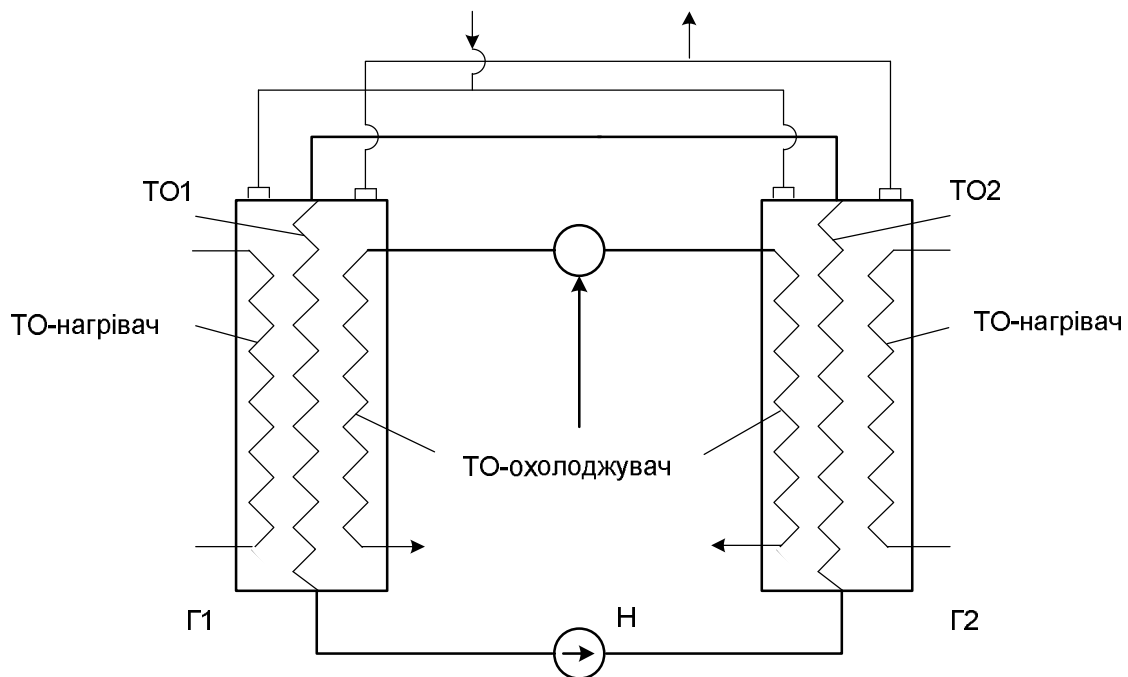


Рисунок – Схема ТСК із регенерацією теплоти та додатковим теплообмінним циркуляційним контуром

В [4] пропонується використовувати регенеративні ТО, розташовані на поворотно-розподільному механізмі між джерелами нагрівання й охолодження, які спільно утворюють циркуляційний контур між генераторами-адсорберами. До недоліків даної схеми варто віднести наявність додаткового розподільного пристрою, що значно ускладнює схему й збільшує вартість установки.

Вищенаведених недоліків позбавлена схема із застосуванням теплообмінних пристроїв з теплоакумулюючою нерухомою насадкою.

Одним із перспективних варіантів таких схем з використанням теплоти перехідних процесів є установка, у якій у додатковому контурі до і після генераторів-адсорберів встановлюються регенератори теплоти.

В якості теплоакумулюючого матеріалу пропонувалося використовувати подрібнений кварц, базальт або гофровану металеву стрічку [5].

Однак, як показали проведені дослідження, ці схеми виявилися надто складними або такими, що не забезпечили значного підвищення ефективності роботи ТСК із-за низької теплоакумулюючої здатності насадки регенера-

тивних теплообмінників.

Тому для вирішення цієї проблеми пропонується використання в якості насадки регенераторів речовин з фазовим переходом.

Теплообмінники подібної конструкції успішно застосовуються на геліо-станціях.

Вони являють собою корпус, в якому в певному порядку розташовані теплоакумулюючі елементи.

В свою чергу теплоакумулюючий елемент складається з корпусу, який може бути виготовлений з металу або вогнетривкого матеріалу в залежності від рівня температур та розташованого всередині акумулюючого середовища.

Холодний або гарячий теплоносій проходить в міжтрубному просторі, при цьому спостерігається процес передачі теплоти між ним та теплоакумулюючої насадкою. Важливим питанням, що потребує вирішення, є вибір теплоакумулюючого середовища.

Для цього потрібно розглянути ряд факторів, які можна розподілити на наступні групи: фізичні (ентальпія фазового переходу та густина; відповідна температура плавлення; теплопровідність у твердій і рідкій фазах; теплоємність у твердій і рідкій фазах; відсутність можливості переохолодження при затвердінні й перегріву при плавленні) та техніко-економічні (відсутність тенденції до розшарування, температурна стабільність; низьке термічне розширення й незначна зміна обсягу при плавленні; слабка хімічна активність; безпека; низька вартість). При переході з рідкого стану в газоподібне акумулюється найбільша кількість тепла. Однак об'ємна теплоємність парової фази досить низька, тому акумулювання на основі теплоти фазового переходу з рідкого стану в газоподібне не знайшло широкого застосування.

Тому під акумулюванням на основі теплоти фазового переходу в основному розуміють акумулювання теплоти плавлення, що відбувається звичайно з невеликими змінами обсягу.

Такі акумулятори відносяться до систем з постійними тиском і масою.

Для даного випадку збільшення ентальпії системи тверде тіло – рідина від температури $T_1 < T_{\text{тв}}$ до $T_2 > T_{\text{пл}}$ описується таким рівнянням:

$$\Delta i = c_{\text{рТВ}} (T_{\text{пл}} - T_1) + \Delta i_{\text{ф}} + c_{\text{ррід}} (T_2 - T_{\text{пл}}),$$

де $\Delta h_{\text{ф}}$ – ентальпія фазового переходу (при температурі плавлення $T_{\text{пл}} = \text{const}$), кДж/кг; $c_{\text{ррід}}$, $c_{\text{рТВ}}$ – питома теплоємність рідкої та твердої фаз, кДж/(кг·К).

Перший член рівняння відображає зміну внутрішньої енергії твердої фази, другий – теплоту фазового переходу, третій – зміну внутрішньої енергії рідкої фази.

При проектуванні термосорбційних компресорів з системами регенерації теплоти також виникає питання вибору проміжного теплоносія.

Вибір теплоносіїв визначається призначенням теплообмінника, умовами його експлуатації, а також теплофізичними властивостями теплоносіїв, їхньою доступністю, стабільністю в експлуатації.

Висновки.

Таким чином, достоїнством регенеративних ТО з фазовим переходом є висока теплова ємність, сталість температури та низький тиск.

Але в той же час ще остаточно не вирішені проблеми теплообміну із середовищем, що акумулює, та високої вартості теплообмінників.

Це потребує проведення додаткових розрахункових досліджень з метою узгодження режимів роботи регенераторів та генераторів-сорберів, а також вибору оптимальних конструктивних та режимних параметрів елементів системи регенерації теплоти перехідних процесів ТСК.

Список літератури: 1. Соловей В.В. Развитие водородгидридной техники и технологии / [В.В. Соловей, В.М. Кошельник, Ю.Ф. Шмалько, А.В. Кошельник] // Экотехнологии и ресурсосбережение – 2006. – № 1. – С. 31 – 37. 2. Соловей В.В. Применение термосорбционных компрессоров для компримирования водорода / В.В. Соловей, А.И. Ивановский, Н.А. Черная // Водородная энергетика будущего и металлы платиновой группы в странах СНГ: 6 Межд. симпозиума (5-6 ноября 2009 г.): сб. материалов и документов. – Москва, 2009. – С. 79 – 92. 3. А.с. 694740 СССР, МКУ² F25B15/16. Компрессорная установка / [И.Л. Варшавский, В.В. Соловей, Ю.В. Черкашин и др.] (СССР); заявл. 04.05.78; опубл. 30.10.79, Бюл. № 40. 4. А.с. 832270 СССР. МКУ² F25B15/16. Компрессорная установка / [А.Н. Подгорный, И.Л. Варшавский, В.В. Соловей и др.] (СССР); заявл. 05.07.79; опубл. 23.05.81, Бюл. № 19. 5. А.с. 1019907 СССР. МКУ² F25B15/16, F04B37/02. Компрессорная установка / [И.Л. Варшавский, В.В. Соловей, Ю.В. Черкашин и др.] (СССР); заявл. 06.08.81; опубл. 22.01.83, Бюл. № 4.

Надійшла до редколегії 30.06.10