

УДК 661.85:504

В. Й. КАСІЛОВ, канд. техн. наук, професор,
М. О. ПОДУСТОВ, канд. техн. наук, професор, **О. М. ДЗЕВОЧКО**, асистент
Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків
В. І. ТОШИНСЬКИЙ, докт. техн. наук, професор,

В. М. ГОЛОЩАПОВ, канд. техн. наук., провідний науковий співробітник ІПМАШ НАН України, м. Харків

ОДЕРЖАННЯ СУЛЬФАТУЮЧОГО АГЕНТА У ВИРОБНИЦТВІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯМ

У статті розглянуто питання використання теплової енергії у процесі отримання сульфату-ючого агента у виробництві поверхнево-активних речовин з метою підвищення технології енерго- та ресурсозбереження.

енергозбереження, сульфатуючий агент, поверхнево-активні речовини, паровий котел-утилізатор, газотурбінна установка

Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів – одна із глобальних світових проблем сьогодні. Одним із перспективних шляхів вирішення цієї про-

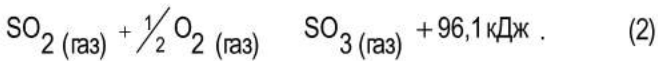
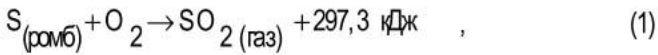
блеми є застосування енергозберігаючих технологій, де як джерело тепла використовують так зване надмірне тепло процесу виробництва, що можна використати

© В. Й. Касілов, М. О. Подустов, О. М. Дзевочко, В. І. Тошинський, В. М. Голощاپов



для виробництва електричної енергії в комбінованому циклі.

В технології поверхнево-активних речовин (ПАР), основними стадіями якої є процес спалювання сірки та отримання сульфатуючого агента – триоксиду сірки ці процеси реалізуються у відповідності з такими екзотермічними реакціями:



Як видно, на 1 моль сірки виділяється 393,4 кДж тепла. Використання цього тепла може не тільки компенсувати енергетичні витрати, пов'язані з самим виробництвом, але й видати частину цієї енергії у вигляді гарячої води та електроенергії.

В табл. 1 наведено дані, що характеризують ці процеси та перераховані на 1т 100 % ПАР.

Відомо, що для використання тепла обжигового газу при спалюванні сірки широко застосовуються котли-утилізатори. При цьому одержується енергетична пара тиском 4,0 МПа при температурі 450 °С, теплоємність якого складає 3330 кДж/кг. Виходячи з таких показників, в табл. 1 наведено дані про теоретично можливу кількість пари, що можна отримати на 1т 100 % ПАР.

Таблиця 1. Кількість тепла, що виділяється при отриманні 1т 100 % ПАР

Процес	Кількість тепла	
	×103 кДж	%
Спалювання сірки, рівняння (1)	1041,283	75,6
Окислювання SO ₂ до SO ₃ , рівняння (2)	335,832	24,4
Всього	1377,115	100
Теоретично можлива кількість пари (кг), що можна отримати	413,54	

Але застосування парових котлів-утилізаторів суттєво ускладнює виробництво, а складна система підготовки води та наявність допоміжного обладнання призводять до великих поточних витрат.

Відомо про використання газотурбінних установок (ГТУ), які застосовуються для перетворення теплової енергії газів в механічну та електричну (без посередників). В нашому випадку, коли виробництво споживає незначну кількість пари, заміщення котлів на когенераційну установку із застосуванням газових турбін малої потужності (мікротурбін) дозволить підвищити ефективність використання тепла. При тій же кількості тепла буде вироблятися ще й електроенергія, яку можна

використовувати на технологічні потреби виробництва, що в часи дорогих енергоносіїв значно вплине на собівартість продукції.

Виходячи з того, що авторами [1, 2] пропонується процес отримання сульфатуючого агента проводити під тиском 0,6 МПа, то з урахуванням опорів газододів на попередній стадії процес спалювання сірки треба проводити під тиском не менше, ніж 0,8 МПа, а після стадії контактування газоповітряну суміш необхідно дроселювати до рівня атмосферного тиску (зі зниженням температури до 150 °С) для подачі на сульфатування органічної сировини. Така схема когенераційної установки представлена на рис. 1.

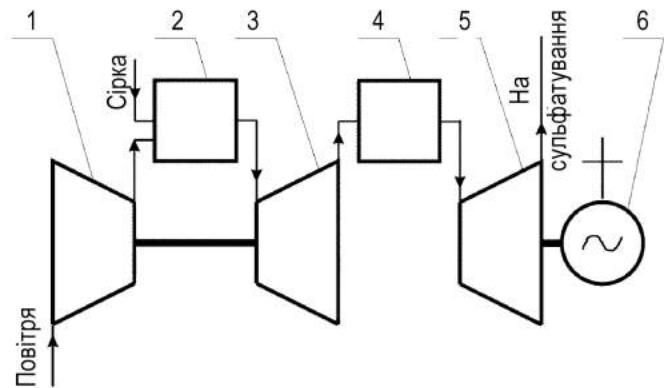


Рис. 1. Схема ГТУ простого циклу та силової турбіни генератора

1 – компресор; 2 – сірчана піч; 3 – турбіна; 4 – контактний вузол; 5 – силова турбіна; 6 – генератор.

Відомо, що в ГТУ з регенеративним використанням тепла продуктів згоряння існує залежність її ефективної роботи від розміру тиску за компресором. Так, для визначення тиску за компресором, що забезпечить ефективну роботу ГТУ у процесі отримання сульфатуючого агента, у виробництві ПАР розраховувалися теоретичні потужності (кВт) компресора та турбіни за формулою [3]:

$$N = G \cdot I, \quad (3)$$

де G – масова потужність агрегату, кг/с; I – робота, що здійснюється 1кг газу при політропічному режимі, Дж/кг.

Робота компресора на стискання при політропічному процесі:

$$I_{кпол} = \frac{n}{n-1} \times R \times T_{r1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right], \quad (4)$$

де n – показник політропи; R – газова постійна, Дж/(кг·К); $T_{г1}$ – температура газу до стискання, К; P_1, P_2 – тиск до та після стискання відповідно, МПа.

Робота на розширення для газових турбін при політропічному процесі:

$$I_{\text{турб}} = \frac{n}{n-1} \times R \times T_{г2} \left[1 - \left(\left(\frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вих}}} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right)^{-1} \right], \quad (5)$$

де $T_{г2}$ – температура газу до турбіни, К; $P_{\text{вх}}, P_{\text{вих}}$ – тиск до та після турбіни відповідно, МПа.

У результаті розрахунків потужностей компресора продуктивністю 2160 м³/год (необхідного для утримання 5% SO₂ [1, 2]) та привідної газової турбіни, в якій зменшується тиск до необхідного для проведення окислення SO₂ в SO₃ (0,6 МПа), були отримані дані, що наведені на рис. 2.

Як видно, рівновага потужностей компресора (поз. 1, рис. 1) та турбіни (поз. 3) досягається при тиску за компресором на рівні 1,5 МПа з урахуванням втрат для сталої роботи; тиск в печі спалювання сірки (поз. 2) повинен сягати 1,6 МПа. Використання в схемі силової турбіни (мікротурбіни) (поз. 5) дозволяє використати теплову енергію процесу окислення SO₂ в SO₃ (при тиску 0,6 МПа) та енергію газу при його дроселюванні до атмосферного тиску для отримання електричної енергії; при цьому потужність турбіни складатиме N=195 кВт.

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що процес отримання сульфатуючого агента у виробництві ПАР може стати енерготехнологічним за умов проведення спалювання сірки під тиском 1,6 МПа. Тільки за такої умови газотурбінний привід компенсує потужність компресора, що виключає використання електроприводу компресора, а використання силової турбіни з генератором може додатково забезпечити електроенергією 702 МВт/год або 256,23 ГВт/рік

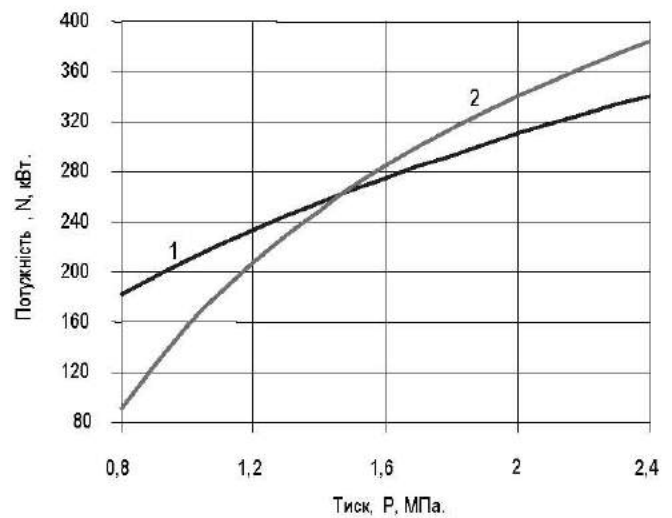


Рис. 2. Залежність потужності компресора та газової турбіни від тиску за компресором
1 – компресор; 2 – турбіна.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Подустов М. А., Тошинский В. И., Дзевочко А. М. Совершенствование процесса получения сульфатирующего агента с целью повышения экологической безопасности производства поверхностно-активных веществ // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2003. – № 6. – С. 59–61.
2. Подустов М. А., Тошинский В. И., Дзевочко А. М. Изучение процесса получения сульфатирующего агента при повышенных давлениях // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Химия, химические технологии и экология». – 2004. – № 15. – С. 41–48.
3. Товажнянский Л. Л., Готлинская А. П. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В двух частях. Часть 1 / Под общ. ред. Л. Л. Товажнянского. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 632 с.
4. Амелин А. Г. Технология серной кислоты. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. – М., Химия, 1983. – 360 с.

Поступила в редакцию 01.03.07.

В статье рассматриваются вопросы использования тепловой энергии в процессе получения сульфатирующего агента в производстве поверхностно-активных веществ с целью повышения технологии энерго- и ресурсосбережения.

The article concerns the questions of utilizing thermal energy in process of deriving sulphatizing agent during surface-active substances manufacturing with the purpose of reducing energy and resource consumption.