



УДК 614.84

OPTIMIZATION OF ASPIRATION SYSTEM PERFORMANCE IN COKE PRODUCTION TO IMPROVE WORKING CONDITIONS

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ АСПІРАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОКСУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ

Rumiantsev V.R. / Румянцев В.Р.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4404-3454

Sharapova T.A. / Шарапова Т.А.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9868-5428

Gridiaiev V.V. / Грідяєв В.В.*PhD, ded. t. / PhD, доц., ст. викл.*

ORCID: 0000-0001-7767-4490

Karpenko H.V. / Карпенко Г.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-3504-0283

*Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Sobornyi Ave, 226, 65029**Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, пр. Соборний 226, 69600*

Анотація. У роботі досліджено особливості процесу виробництва коксу з точки зору покращення умов праці робітників. Розглянуто основні закономірності процесу коксування та проведено розрахунок геометричних параметрів камери для забезпечення рівномірного розподілу нагрівальних газів в обігрівальному простінку. Тепло димових газів, що виходять з обігрівального простінку, використовується в регенераторах для підігріву повітря та газоподібного палива. Утилізація фізичної теплоти коксу сприяє підвищенню теплового коефіцієнта корисної дії (ККД) печі та покращенню мікроклімату робочої зони, що підтверджено розрахунком теплового балансу процесу. Показано, що процес коксування є джерелом значних теплових ресурсів, які становлять до 90% загальної витрати тепла, зокрема: теплота розпеченого коксу — 40%, фізична теплота прямого коксового газу — 30%, теплота продуктів згоряння опалювального газу — 20%. Рекомендовано застосування установок сухого гасіння коксу для ефективного охолодження розпеченого матеріалу.

Ключові слова: аспірація, виробництво коксу, димові гази, утилізація, вентиляція

Вступ.

Аспірація (лат. *aspiratio* - «подих») призначена для видалення дрібних сухих частинок з під укриття транспортно-технологічного обладнання та робочої зони, використовуючи метод їх засмоктування з потоком повітря (повітря використовується як середовище-носіє) в трубопровід системи аспірації, по якому частинки з потоком повітря досягають місця призначення (фільтра, відстійника) і збираються в будь-яку тару. Для усунення пиловидалення використовуються системи аспірації з розгалуженою мережею повітроводів і газоочисним обладнанням [1].



На відміну від вентиляції, де робота системи зосереджена на управлінні безпосередньо потоками повітря, в аспірації повітря використовується лише у якості носія, а робота системи зосереджена на видаленні дрібних сухих частинок шкідливих і небезпечних газів [2].

Основний текст.

Призначення системи аспірації є запобігання поширенню шкідливих викидів від джерела в повітря робочої зони. Пристрій аспірації, як правило, потрібний на різних підприємствах легкої та важкої промисловості, де технологічний процес відбувається з виділенням шкідливих речовин.

Основною відмінністю даного типу вентиляції від інших є великий кут нахилу повітроводів для запобігання утворенню застійних зон та висока швидкість повітряного потоку.

Ефективність системи оцінюється по співвідношенню видалених шкідливостей до шкідливостей, що потрапили в повітря робочої зони через різні нещільності в мережі повітроводів і недостатню продуктивність витяжного агрегату.

Існує два види систем аспірації – це моноблокові та модульні.

До переваг моноблокових систем відносять мобільність та автономність. Моноблоковість дозволяє розміщувати установку поблизу від джерела виділення шкідливостей і забезпечує простоту підключення до магістралі центральних систем аспірації. Моноблоковий агрегат складається з вентилятора, сепаратора (фільтра) і місткості для відходів, і може бути мобільного чи стаціонарного виконання. Такі системи доцільно встановлювати на невеликі об'єкти зі шкідливими виділеннями та розташованими на значній відстані один від одного, наприклад в межах одного цеху.

Модульна система аспірації є більш ефективною, може використовуватися для агрегатів з великим об'ємом викидів (металургійні печі, агломашини, електролізери, коксові батареї й т. п.). Аспірація проектується і монтується виходячи з параметрів викидів, допустимої концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони, вимог утилізації корисних елементів викидів або



вторинних енергоресурсів. Є можливість забезпечити повну сумісність характеристик створеного пристрою з особливостями конкретного технологічного процесу.

При виробництві коксу виділяється дуже багато шкідливих викидів газоподібного і рідкого типу, усунення та утилізація яких вимагає значних матеріальних і фінансових затрат. Для розробки раціональної системи видалення і перероблення викидів з метою створення допустимих умов праці необхідно розглянути причини та характер їх утворення [9,10].

Кокс - твердий матово-чорний, пористий продукт. З 1 т сухої шихти одержують 650-750 кг коксу. Він використовується головним чином в чорній і кольоровій металургії, ливарному виробництві, а також для газифікації, виробництва карбиду кальцію, електродів, як реагент і паливо в ряді галузей хімічної промисловості. Кокс повинен мати достатню механічну міцність, бо він може руйнуватися в металургійних печах під тиском шихти, що порушує їх нормальну роботу, знижує продуктивність і т.і.; він повинен володіти теплотворною здатністю 31,4 - 33,5 МДж/кг. Кокс отримують на коксохімічних заводах шляхом розкладання коксівного вугілля без доступу повітря. Показниками якості коксу є горючість і реакційна здатність. Перший характеризує швидкість горіння коксу, другий - швидкість відновлення їм двоокису вуглецю. Обидва ці процеси гетерогенні, швидкість їх визначається не тільки складом коксу, а і його пористістю, бо від неї залежить поверхня контакту взаємодійних фаз. Якість коксу також характеризується вмістом в ньому сірки, золи, вологи та летких.

Коксування здійснюється в високопродуктивних коксових печах, що обігріваються низькокалорійним (доменним) або висококалорійним (коксівним) газом. На рис. 1 представлена одна з наявних схем виробництва коксу. При подальшому нагріванні напівкокс втрачає залишкові летючі речовини, головним чином водень, і зазнає усадку, що викликає його розтріскування. При температурі від 650 до 800 °С напівкокс переходить в кокс середньо температурного коксування. Вище 950 °С напівкокс повністю перетворюється на



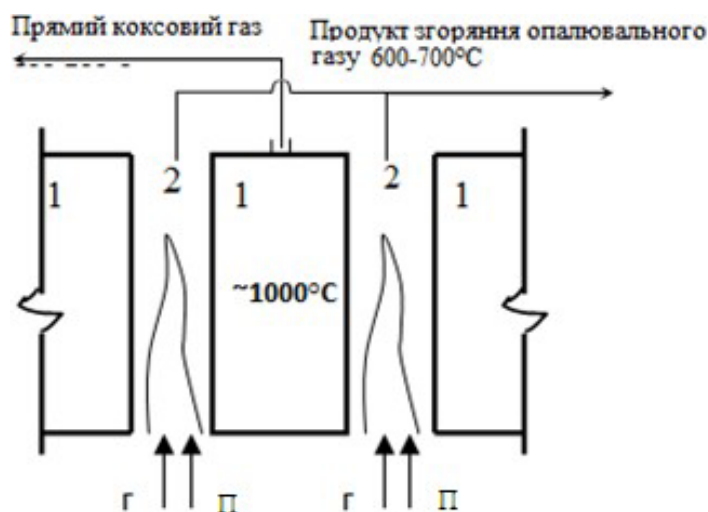
КОКС.



Рисунок 1 - Схема технологічного процесу виробництва коксу

Авторська розробка

Коксові камерні печі формуються у вигляді батареї (рис. 2).

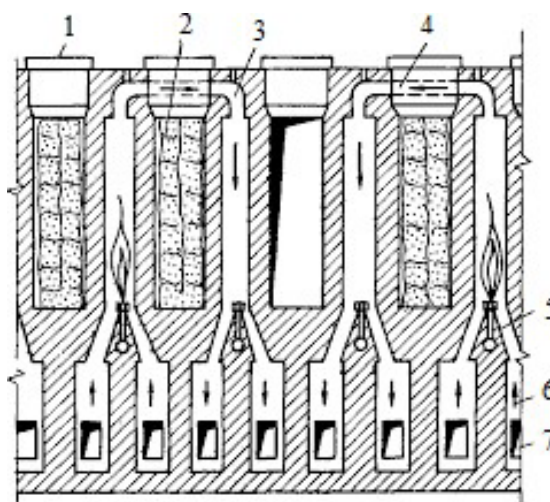


1- камера коксування; 2- опалювальні простінки (вертикаль); П - повітря; Г – газ

Рисунок 2 - Схема коксової батареї

Джерело: [3]

Коксова піч (рис. 3) складається з 61-69 камер, що працюють паралельно, які становлять собою довгі, вузькі канали прямокутного перерізу, викладені з вогнетривкої цегли (динасу).



1- кришка завантажувального люка; 2 - коксова камера; 3 - газохід гріючих газів; 4 - завантажувальний люк; 5- форсунка спалювання газу; 6 - подача нагрітого повітря і газу; 7- регенератор

Рисунок 3 - Устрій коксової печі

Джерело: [3]

Кожна камера вміщує від 15 до 23 т шихти, має передню і задню знімні двері, які у момент завантаження камери щільно закриті та знімаються під час вивантаження коксу. У зведенні камери знаходяться завантажувальні люки 4, які відкриваються при завантаженні вугілля і закриті в період коксування. По рейковому шляху, розташованому над коксовими камерами, переміщується завантажувальний вагон, який через завантажувальні люки подає шихту в коксові камери. Уздовж однієї зі сторін батареї по рейковому шляху переміщується коксовиштовхувач - машина, яка після закінчення процесу коксування розкриває двері камери й виштовхує отриманий кокс. З іншого боку по рейковому шляху переміщується гасильний вагон, який приймає розпечений кокс, транспортує його під вежу гасіння і потім вивантажує на рампу. Нагрівання вугілля в камері відбувається через стінки камери димовими газами, які проходять по обігрівальним простінкам, розташованим між камерами. Гарячі димові гази утворюються в результаті спалювання доменного, зворотного коксового або рідше генераторного газів. Для забезпечення рівномірності прогріву завантаженого вугілля проводиться розрахунок габаритів камери та



рівномірного розподілу газів, що гріють в обігрівальному простінку. Звичайна ширина камери становить 400-450 мм. Довжина камери обмежується статичною міцністю простінків, труднощами видалення коксу з камери, складністю розподілу газів в обігрівальному простінку. Довжина камери дорівнює приблизно 14 м. Висота камери визначається в основному умовами рівномірного обігріву її по висоті. З цієї точки зору, задовільна висота камери близько 5,5 м [15].

Тепло димових газів, що виходять з обігрівального простінка, використовується в регенераторах для нагріву повітря і газоподібного палива, що надходять на обігрів коксових печей. В результаті утилізації фізичної теплоти коксу збільшується тепловий коефіцієнт корисної дії (ККД) печі. Після регенераторів температура газів, що відходять, становить 250-300 °С.

Орієнтовно, тепловий баланс процесу коксування виглядає наступним чином (табл. 1).

Таблиця 1 - Характеристика теплових викидів процесу коксування

Прихід теплоти	Витрата теплоти
Теплота, що отримується від спалювання палива ($Q_T \sim 95\%$)	Теплота розпеченого коксу ($Q_K \sim 40\%$)
Фізична теплота газу й повітря, що йдуть на обігрів печі ($Q_{г.п.} \sim 2\%$)	Фізична теплота прямого коксового газу ($Q_{к.г.} \sim 30\%$)
Фізична теплота вугільної шихти ($Q_{ш} \sim 2\%$)	Фізична теплота продуктів згоряння опалювального газу ($Q_{о.г.} \sim 20\%$)
Теплота від чаду коксу ($Q_{чк} \sim 1\%$)	Втрати теплоти в навколишнє середовище ($Q_{вт} \sim 10\%$)
Всього: 100%	Всього: 100%

Авторська розробка

З видаткової частини теплового балансу виходить, що процес коксування є джерелом теплових ресурсів, на частку яких припадає 90% від загальної витрати

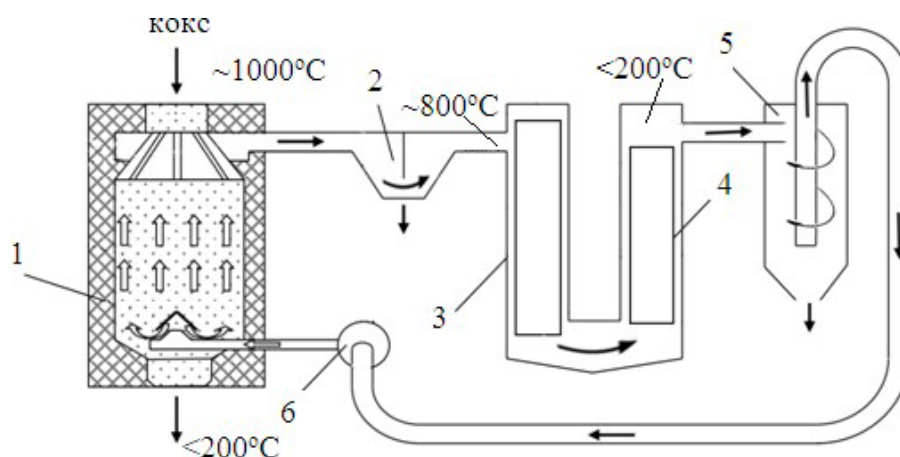


тепла, включаючи теплоту розпеченого коксу (40%), фізичну теплоту прямого коксового газу (30%) і продуктів згоряння опалювального газу (20%).

Для охолодження розпеченого коксу, використання його фізичної теплоти доцільно застосовувати установки сухого гасіння коксу (УСГК), які на відміну від мокрого (з використанням води), мають такі переваги:

- ✓ істотно поліпшується якість коксу внаслідок відсутності розтріскування (утворення дрібниці) і зволоження коксу. Ізотермічна витримка при сухому гасінні робить кокс більш пористим і газопроникним, що підвищує реакційну здатність коксу.
- ✓ відсутня витрата води на зрошення коксу і, відповідно, утворення токсичних стічних вод (при мокрому гасінні витрата води становить 4-5 м³/т коксу).
- ✓ відсутні виділення токсичної пари в атмосферу.

Циркулює в УСГК охолоджувальний інертний газ, який забирає тепло розпеченого коксу та передає його у котлі-утилізаторі воді, створюючи пару (рис. 4).



1 - УСГК; 2 - теплоосаджувальна камера; 3 - котел-утилізатор;
4 - економайзер; 5 - теплоосаджувальний циклон; 6 - ексгаустер, що забезпечує
циркуляцію охолоджувального газу.

Рисунок 4 - Принципова схема установки сухого гасіння коксу

Джерело: [9]



У представлений схемі реалізована можливість повної аспірації нагрітого і забрудненого газу. При цьому використовується замкнутий цикл руху газів. Після охолодження вихідних газів в котлі-утилізаторі та очищення від пилу в циклоні, газ за допомогою ексгаустера подається в УСГК.

Висновки.

Для видалення коксового газу з коксових печей, проведення його через систему газоочистки й подачі споживачам застосовують турбоексгаустери з паровим або електричним приводом продуктивністю: 72000 м³/рік з тиском до 36 кН/м² і потужністю приводу приблизно 1000 кВт. Для видалення продуктів згоряння з коксових печей і викид їх в атмосферу, а також для циркуляції інертного газу в установках УСГК, використовують димосмок продуктивністю 150000 м³/рік, при тиску до 60 кН/м² з електроприводом потужністю до 500 кВт.

Таким чином, реалізація описаної системи аспірації технологічних газів коксохімічного виробництва дозволить покращити умови праці робітників та зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Література:

1. Бойченко Б. М., Охотська В. Б., Харлашин П. С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: підручник. Дніпропетровськ : Дніпро-ВАЛ, 2006. 454 с.
2. Воденніков С. А. Теорія та технологія електросталеплавильного виробництва. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 246с.
3. Коваленко А. В, Далека В. Х., Голтвянській М. А., Скуріхін В. І. Компресорні станції транспортних засобів : навч. посіб. Харків : ХНУМГ, 2014. - 128 с. ISBN: 978-966-695-333-2.
4. Кравчук П. О. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Розрахунок аспіраційної мережі» для студентів спеціальності. Умань : УДАУ, 2008. 24с.



Abstract. This study examines the coke production process with a focus on improving working conditions for personnel. The fundamental patterns of the coking process are analyzed, and the dimensions of the heating chamber are calculated to ensure uniform distribution of heating gases within the combustion wall. The heat from flue gases exiting the heating zone is recovered in regenerators to preheat air and gaseous fuel. Utilization of the physical heat of coke increases the thermal efficiency of the furnace and improves the microclimate of the working area, as confirmed by a thermal balance analysis. It is demonstrated that the coking process is a major source of thermal energy, accounting for up to 90% of total heat consumption, including: incandescent coke heat (40%), sensible heat of raw coke oven gas (30%), and combustion products of heating gas (20%). The use of dry coke quenching systems is recommended for effective cooling of hot coke.

Key words: aspiration, coke production, flue gases, heat recovery, ventilation

Науковий керівник: к.т.н., доц. Румянцев В.Р.

Статтю надіслано: 08.08.2025 г.

© Румянцев В.Р.