

УДК 66.047

*Проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук; аспір. М.І. Мосюк;
доц. Д.П. Кінзера, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

ГІДРОДИНАМІКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ БУРОГО ВУГІЛЛЯ

Наведено результати експериментальних досліджень гідродинаміки під час руху теплоносія через сухий шар бурого вугілля. Вивчено гідродинамічні закономірності процесу сушіння дрібнодисперсних фракцій бурого вугілля у щільному шарі, коли теплоносієм рухається в напрямку "шар матеріалу → перфорована решітка". На основі узагальнення експериментальних даних було побудовано графічну залежність, що має лінійний характер, яка показує зміну гідравлічного опору шару бурого вугілля залежно від зміни висоти шару матеріалу. Представлена залежність дає змогу прогнозувати величину гідравлічного опору шару матеріалу за зміни його висоти.

Ключові слова: сушіння, брикетування, кінетика дрібнодисперсних фракцій.

Постановка проблеми. Вугільна промисловість є базовою галуззю паливно-енергетичного комплексу України. Значну частку вугілля, що нині видобувають (майже 70 %), спалюють в енергетичних установках. Вугілля є головним енергоносієм, що використовується на більшості ТЕС країни. Значний обсяг вугілля використовують як сировину для отримання вторинного палива і горючих продуктів. Як сировина для технологічного перероблення найбільшу цінність має реакційно спроможне вугілля, до якого належить значна частина кам'яного та всі види бурого вугілля. Вугілля також є невід'ємною частиною циклу виробництва чавуну й окремих сортів сталі для вугільного коксу, виробництва абразивних матеріалів, карбідів, вуглеграфітових матеріалів, феросплавів, а також постачальником сировини хімічним підприємствам. Здебільшого для подальшого використання вугілля після видобування потрібно висушити.

Паливні матеріали – торф, буре вугілля, дрібні класи кам'яного вугілля та антрацитів, напівкоксів та коксовий дріб'язок, побутові відходи – брикетують і застосовують паливні брикети як паливо. Брикетування підвищує теплоту згоряння бурого вугілля, поліпшує ККД спалювання, транспортабельність, умови зберігання та використання паливної сировини.

Залежно від властивостей вихідної сировини, брикетування виконують без в'язивних речовин (молоде буре вугілля, торф) під дією тиску 100-250 МПа і зі в'язивниками (кам'яне вугілля та рудний дріб'язок, антрацитовий штиб та ін.) під дією тиску 20-80 МПа. Процес брикетування охоплює певну послідовність оброблення сировини, до яких належить сушіння. Промислове сушіння – стадія виробництва, від ефективної організації якої залежить якість та собівартість готового продукту. Наявні методи зневоднення дисперсних матеріалів, до яких належить буре вугілля перед його брикетуванням, характеризуються значними енергозатратами і тривалістю, тому інтенсифікація останніх, зменшення питомих енергетичних затрат та технологічного навантаження на навколишнє середовище є актуальними питаннями сьогодення.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження було буре вугілля "Морозовського" кар'єру, видобуте відкритим способом. Основні характеристики бурого вугілля подано у табл. 1.

Табл. 1. Характеристика бурого вугілля "Морозовського" кар'єру

Інтервал значення	Вологість, %	Зольність, %	Сірка, %	Вихід летких, %	Вихід бітуму, %	Гумінові кислоти, %	Теплота згорання, Q, КДж/кг	
							вища	нижня
Від	-	8,6	1,8	24,6	2,4	38,3	24,40	-
до	-	40,0	4,3	58,1	9,0	89,1	29,30	-
середнє	56,2	16,0	3,6	49,1	6,6	62,6	28,67	8,32

З табл. 1 видно, що початкова вологість видобутого бурого вугілля становить 56,2 %, а для здійснення процесу брикетування вугілля висушують до вологості 20 %. Буре вугілля на виробництві сушать в барабанних сушарках, але цей процес має низку вад, як з погляду питомих енергозатрат, так і з погляду забруднення навколишнього середовища. Виходячи із аналізу методів сушіння, найпридатнішим, як з погляду захисту довкілля та інтенсифікації процесу, так і з погляду зменшення енергозатрат є фільтраційне сушіння.

Ми пропонуємо сушіння бурого вугілля у щільному шарі, коли теплоносії рухається в напрямку "шар матеріалу → перфорована решітка", на якій розміщений шар дисперсного матеріалу (рис. 1). Під час такого сушіння тепловий агент рухається крізь пористу структуру вологого матеріалу внаслідок створення перепаду тиску, при цьому поверхню випаровування є розвинена внутрішня поверхня матеріалу, яку омиває тепловий агент, і яка на порядок-два є більшою, ніж геометричні розміри об'єкта сушіння.

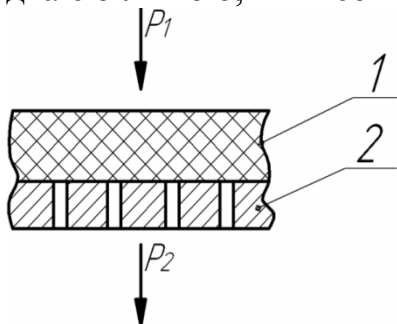


Рис. 1. Схема розміщення дисперсного матеріалу на перфорованій решітці під час сушіння в щільному шарі: 1 – дисперсний матеріал; 2 – перфорована решітка; P_1 – тиск над шаром матеріалу; P_2 – тиск під шаром матеріалу; перепад тисків $\Delta P = P_1 - P_2$

Сушіння у щільному шарі характеризується дуже високою інтенсивністю тому, що потік вологи і температурний градієнти збігаються за напрямком, крім цього значна частина вологи видаляється внаслідок механічного витіснення і винесення. Такий метод сушіння перебуває на стадії експериментального і теоретичного дослідження, у промисловості застосовують рідко через недостатність обґрунтованих методів розрахунку технологічних параметрів процесу й основних розмірів сушарок.

Метою роботи є вивчення гідродинамічних закономірностей процесу сушіння дрібнодисперсних фракцій бурого вугілля у щільному шарі, коли теплоносії рухається в напрямку "шар матеріалу → перфорована решітка", який має багато істотних переваг над наявними методами зневоднення, а саме: затрати енергії на організацію процесу та фазове перетворення вологи, що міститься у матеріалі, зменшуються завдяки видаленню значної її кількості рухомим теплоносієм у період механічного витіснення та винесення; завдяки руху теплоносія в напрямку "шар матеріалу → перфорована перегородка" практично відсутнім є винесення дрібнодисперсної фази матеріалу зі сушильного агрегату, відпрацьований теплоносії характеризується низькими температурами, що дає змогу зменшити техногенне навантаження на атмосферу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню гідродинаміки фільтраційного сушіння вугілля присвячено низку наукових праць. Виникла потреба у здійсненні досліджень, спрямованих на визначення гідравлічного опору стаціонарного шару дрібнодисперсного бурого вугілля.

Обговорення отриманих результатів. Першим етапом дослідження сушіння бурого вугілля за вибраним методом є вивчення гідродинаміки процесу, яка визначає питомі енергозатрати на створення перепаду тисків для забезпечення певної швидкості руху теплоносія через шар матеріалу. Результати експериментальних досліджень гідродинаміки під час профільтровування з теплоносія крізь сухі шари бурого вугілля різної товщини представлені на прикладі фракції досліджуваного об'єкта з розмірами частинок $d=(0,1-20) \cdot 10^{-3}$ м і зображено на рис. 2, 3.

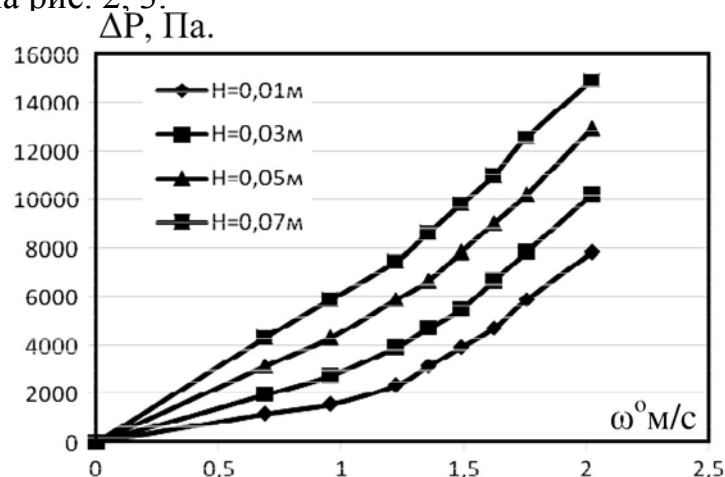


Рис. 2. Зміна гідравлічного опору шару сухого бурого вугілля залежно від фіктивної швидкості теплоносія. Фракція бурого вугілля з розмірами частин $d=(0,1-20) \cdot 10^{-3}$ м

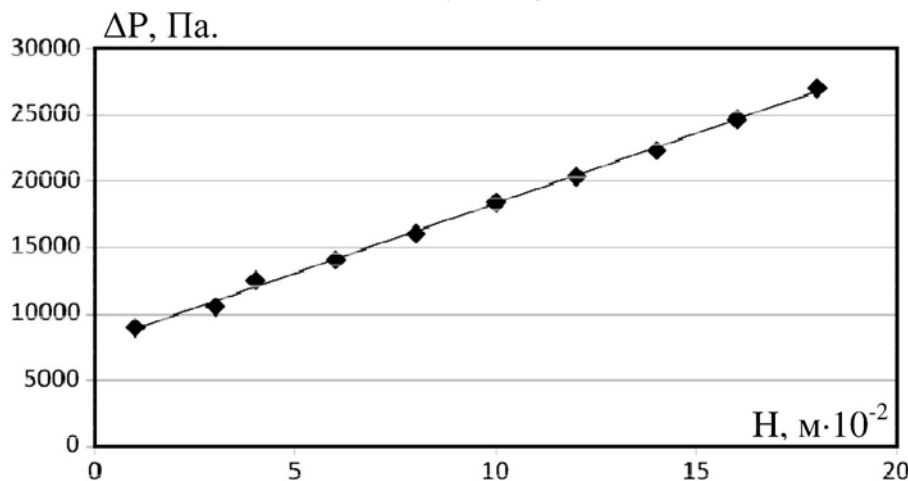


Рис. 3. Зміна гідравлічного опору шару бурого вугілля різної висоти за швидкості руху теплоносія 1,5 м/с

Із графічних залежностей видно, що величина гідравлічного опору зростає із збільшенням швидкості руху теплоносія та висоти шару матеріалу. Також видно, що зі збільшенням висоти шару бурого вугілля від $1 \cdot 10^{-2}$ м до $7 \cdot 10^{-2}$ м, гідравлічний опір різко зростає і змінюється від 6000 Па до 15000 Па за швидкості руху теплоносія 2 м/с. Представлені графічні залежності мають параболічний характер, що свідчить про вплив на гідравлічний опір як в'язівної, так й інерційної складників.

На основі здійснених експериментальних досліджень та узагальнення експериментальних даних було побудовано графічну залежність, що має лінійний характер, яка показує зміну гідравлічного опору шару бурого вугілля (фракція з розмірами частин $d=(0,1-20) \cdot 10^{-3}$ м) залежно від зміни висоти шару матеріалу (за швидкості руху теплоносія 1,5 м/с). Представлена залежність дає змогу прогнозувати величину гідравлічного опору шару матеріалу за зміни висоти останнього до $18 \cdot 10^{-2}$ м.

Література

1. Ханьк Я.Н. Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов : дисс. ... д-ра техн. наук / Ярослав Николаевич Ханьк. – Львов. – 1992. – 401 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М. : Изд-во "Химия", 1971, 784 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М. : Изд-во "Энергия", 1968. – 254 с.
5. Ханьк Я.М. Гідродинаміка процесу фільтраційного сушіння матеріалів для яких властиве явище сідання / Я.М. Ханьк, Я.М. Гумницький, В.М. Атаманюк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.7. – С. 16-22.

Ханьк Я.М., Мосюк М.И., Кинзера Д.П. Гидродинамика фильтрационной сушки бурого угля

Приведены результаты экспериментальных исследований гидродинамики при движении теплоносителя сквозь сухой слой бурого угля. Изучены гидродинамические закономерности процесса сушки мелкодисперсных фракций бурого угля в плотном слое, когда теплоноситель движется в направлении "слой материала → перфорированная решетка". На основе обобщения экспериментальных данных была построена графическая зависимость, имеющая линейный характер, которая показывает изменение гидравлического сопротивления слоя бурого угля в зависимости от изменения высоты слоя материала. Представленная зависимость дает возможность прогнозировать величину гидравлического сопротивления слоя материала за изменения его высоты.

Ключевые слова: сушение, брикетирование, кинетика мелко дисперсных фракций.

Hanyk Ya.M., Mosiuk M.I., Kinzera D.P. Hydrodynamics of lauter drying of brown coal

The results of hydrodynamics experimental investigations, when heat carrier moves through dry layer of brown coal, as well the results of studying of brown coal highly dispersed fractions drying process, when heat carrier moves in "material layer → perforated lattice" direction, are represented. On the basis of generalization of experimental information graphic dependence which has linear character was built, which shows the change of hydraulic resistance of layer of brown coal depending on the change of height of layer of material. The presented dependence enables to forecast the size of hydraulic resistance of layer of material for the changes of its height.

Keywords: drying, briquetting, kinetics of shot dispersible factions.