

ДО ПИТАННЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ КОКСІВНОСТІ ВУГІЛЛЯ В УМОВАХ ГІДРОТРАНСПОРТУ: ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕМАСЛЯНИХ СТРУКТУР ТИПУ «ЯДРО – ОБОЛОНКА»

© В.С.Білецький¹,

Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, Україна

С.Ю.Потапенко²

Донецький національний технічний університет (Красноармійськ), 85300, Донецька область, м. Красноармійськ, пл. Шибанкова, 2, Україна

¹ Білецький Володимир Стефанович, доктор техн. наук, проф., зав. каф. Обладнання нафтових та газових промислів, e-mail: ukcdb@i.ua

² Потапенко Сергій Юрієвич, магістр, e-mail: mail@donntu.edu.ua

Показано причини погіршення коксівних властивостей вугілля при його гідравлічному транспортуванні. Вітчизняна технологія зменшення цього негативного впливу включає попередню масляну агломерацію вугілля, зокрема, одержання при цьому вугільно-масляних агрегатів структури «ядро-оболонка». Теоретично обґрунтовані умови та режими одержання агломераційних вугільно-масляних структур типу «ядро – оболонка» і наведені результати їх експериментальної апробації.

Ключові слова: коксівне вугілля, гідравлічний транспорт, масляна агломерація, структури «ядро-оболонка».

Постановка проблеми і стан її вивчення. У роботах [1-8] показано, що основними чинниками, які впливають на коксівні властивості гідротранспортованого вугілля є подрібнення під час гідротранспортування, зміна форми зерен (їх обкатування), окиснення вугільної поверхні, обволікання вугільних зерен тонкою плівкою розмоклих глин, перерозподіл петрографічних компонентів по класах крупності (зокрема спостерігається значне переподрібнення вітринітової частини шихти до розмірів 10 мкм і менше), висолювання розчинних та інших компонентів у водну фазу.

Нами в попередніх роботах [9-12] запропоновано з метою збереження коксівності вугілля попередньо піддавати його масляній агломерації. При цьому зафіксовано, що в умовах порівняно малих витрат реагента-зв'язуючого, – на рівні 1-3 % за масою, – частково утворюються вугільно-масляні агрегати типу «ядро – оболонка». При гідравлічному транспортуванні полідисперсного вугілля вони особливо важливі з технологічної точки зору. По-перше, для всіх різновидів вугілля (енергетичне, коксівне), це суттєво зменшує подрібнення більш крупних зерен-ядер, захищених оболонкою дрібніших зерен від механічних впливів у насосах і трубопроводі. Зменшення подрібнення матеріалу під час гідравлічного транспортування покращує його зневоднюваність на приймальному терміналі. По-друге, утворення структур «ядро – оболонка», як показано у [11, 13], сприяє збереженню коксівних властивостей вугілля. Разом з тим, актуальним залишалося питання теоретичного обґрунтування та експериментальної апробації умов та режимів одержання агломераційних вуглемасляних структур типу «ядро – оболонка».

Умови одержання агломераційних структур типу «ядро – оболонка»

При розгляді проблеми одержання структур «ядро – оболонка» важливе значення має розрахунок діаметра центрального зерна d_3 . Співвідношення числа зустрічей вугільних зерен в одиниці об'єму в турбулентному потоку рідини в трубопроводі за інерційним та дифузійним механізмами визначається [14]:

$$\frac{K_i}{K_d} \cong \frac{\rho_B \cdot d_3}{2\rho_0 \cdot \lambda_0}, \quad (1)$$

де $\lambda_0 \cong \frac{l_M}{Re^{3/4}}$ – внутрішній масштаб турбулентних пульсацій; l_M – масштаб найбільших турбулентних пульсацій; Re – число Рейнольдса; ρ_B – густина вугілля; ρ_0 – густина води.

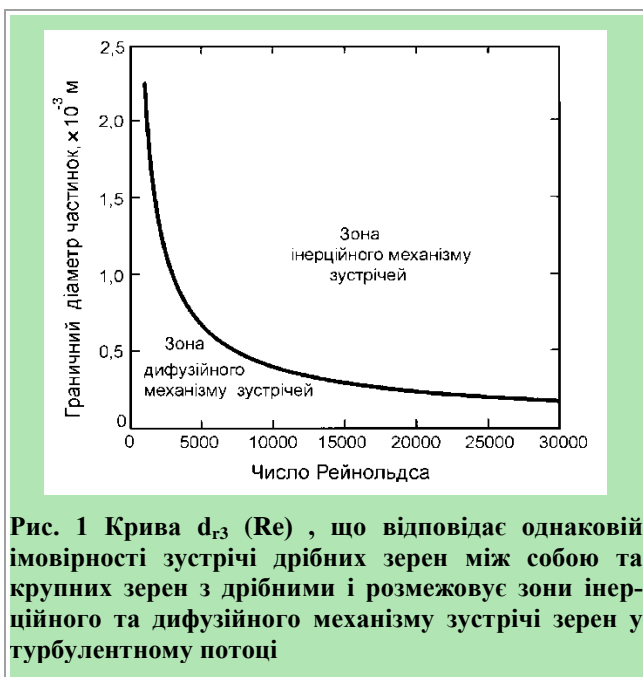
Граничний діаметр частинок d_{3z} визначається з (1) при $K_i = K_d$, коли імовірність зустрічі дрібних зерен між собою та крупних зерен з дрібними однакова:

$$d_{r3} \cong \frac{2\rho_o \cdot \ell_M}{\rho_B \cdot Re^{3/4}}, \quad (2),$$

Для частинок $d_3 > d_{r3}$ переважає інерційний механізм зустрічі, а для частинок $d_3 < d_{r3}$ – дифузійний. В умовах турбулентного потоку рідини при гідротранспортуванні кількість зустрічей в одиницю часу по інерційному механізму в 400-10000 раз перевищує кількість дифузійних зустрічей [9].

Тому при агрегації полідисперсного вугілля створюються умови для виникнення гетерогенних структур типу «ядро – оболонка», центрами яких стають зерна з $d_3 > d_{r3}$. Імовірність одержання гетерогенних структур значно більша, ніж гомогенних структур із зерен $d_3 < d_{r3}$.

Нами за виразом (2) в координатах d_{r3} (Re) встановлені зони інерційного та дифузійного механізмів зустрічей вугільних зерен (рис. 1).



Згідно з графіком, крива d_{r3} (Re) поділяє простір на зону інерційного механізму зустрічей та зону дифузійного механізму зустрічей. Для частинок $d_3 > d_{r3}$ переважає інерційний механізм зустрічі, а для частинок $d_3 < d_{r3}$ – дифузійний [9].

Експериментальне дослідження одержання агрегаційних структур типу «ядро – оболонка»

Нами проведені експерименти з агрегації вугілля марки «Г» крупністю 0-1 мм. У якості реагенту-зв'язуючого ми використовували мазут М100, його

витрати склали 7 % за масою. Дослідження проводилися в турбулентному режимі в зоні інерційного механізму зустрічі при числі Рейнольдса $Re=4200$. Одержаний агломерат досліджувався за допомогою розробленої авторами методики препарування та мікроскопії [15].

На рис. 2 показано фрагменти структур типу «ядро – оболонка», одержані при масляній агрегації вугілля на головному терміналі гідротранспортної системи (до гідравлічного транспортування).

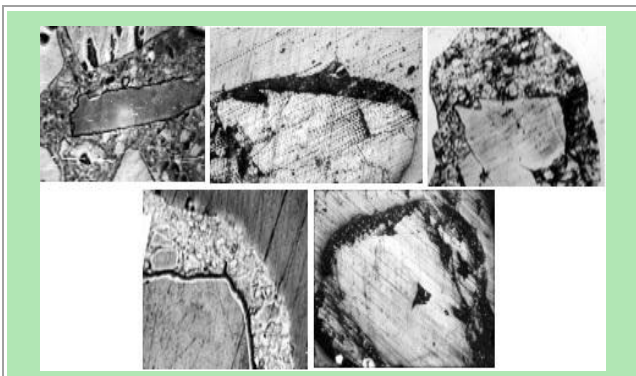


Рис. 2 Фрагменти структур типу «ядро – оболонка», одержані в зоні інерційного механізму зустрічей вугільних зерен

Як бачимо, в центрі усіх наведених структур знаходиться крупне вугільне зерно, вкрите «подушкою» (шаром) дрібних обмаслених вугільних зерен. Цей шар захищає крупне зерно від руйнування під час зіткнення з іншими зернами або з робочою поверхнею трубопроводу, насоса, тощо.

Перевірку гіпотези захисту вугілля під час гідравлічного транспортування від переподрібнення шляхом його попередньої масляної агрегації виконано на стендових установках НВО «Хаймек». Вихідні матеріали для гідротранспортування:

– вугільна шихта для коксування зі співвідношенням марок вугілля, %: Г – 30; Ж – 33; К – 25; ПС – 8; зольність шихти – 9,0 %; крупність – 0-6 мм.

– вугле-масляний агломерат зі структурою агрегатів переважно «центр – оболонка» (витрати реагенту-зв'язуючого, яким слугував мазут марки М100, становили 3 % за масою).

Режимні параметри гідротранспортування: масова концентрація гідросуміші – 50 %; швидкість пересування трубопроводом – 2 м/с, умовна дальність гідравлічного транспортування – 1700 км [16].

Результати порівняльного дослідження далекого гідравлічного транспортування вугілля і вугільно-масляного агломерату показують інтенсивне самоподрібнення вугільної шихти внаслідок гідротранспорту, що обумовлює різке збільшення вмісту класу крупності

-0,074 мм (рис. 3). Загальний ступінь подрібнення вугільної шихти, який визначається відношенням середнього діаметру зерен до і після гідротранспортування, складає для шихти 1,9 при збільшенні вмісту класу -0,074 мм з 20 до 55 %. Це негативно впливає як на коксівні властивості вугілля, так і на транспортабельність гідросуміші. При гідротранспортуванні вуглемаляного агломерату спостерігається значно менше подрібнення, навіть певна частина тонких вугільних класів далі агломерується під час гідравлічного транспортування: вміст класу -0,074 мм зростає з 20 до 31 % (див. рис. 3).

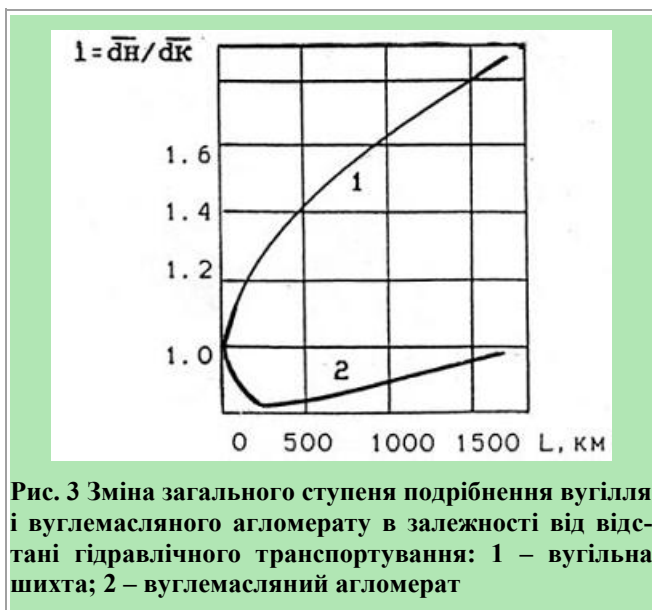


Рис. 3 Зміна загального ступеня подрібнення вугілля і вуглемаляного агломерату в залежності від відстані гідравлічного транспортування: 1 – вугільна шихта; 2 – вуглемаляний агломерат

Таким чином, в умовах далекого гідравлічного транспортування зміна характеристик твердої вугільної фази, а отже і транспортувальних властивостей гідросуміші, значно менша для агрегованого вугілля.

Висновки

1. Одержано вираз для розрахунку граничного діаметра d_{r3} частинок вугілля, імовірність зустрічі яких у турбулентному потоці рідини за інерційним та дифузійним механізмами однакова. Показано, що для частинок $d_3 > d_{r3}$ переважає інерційний механізм зустрічі, а для частинок $d_3 < d_{r3}$ – дифузійний.

2. При масляній агрегації полідисперсного коксівного вугілля в умовах гідротранспорту доцільно створювати умови для виникнення гетерогенних структур типу «ядро – оболонка», центрами яких стають зерна $d_3 > d_{r3}$. У координатах d_{r3} (Re) виокремлено зони інерційного та дифузійного механізмів зустрічей вугільних зерен.

3. У теоретично встановленій зоні інерційного механізму зустрічей вугільних зерен полідисперсного

матеріалу крупністю 0-1 мм експериментально одержані вуглемаляні агрегати зі структурою типу «ядро – оболонка». Експериментально підтверджено, що такі агрегати ефективно протидіють механічним та фізико-хімічним чинникам негативного впливу гідротранспорту на коксівні властивості вугілля.

Бібліографічний список

1. Елишевич А.Т. Изменение поверхностных свойств угля в процессе длительного пребывания в условиях, имитирующих гидротранспорт / А.Т. Елишевич, В. И. Рыбаченко, В. С. Белецкий, Н. Г. Корженевская, Л. В. Лукьяненко, К. Ю. Чотий // Химия твердого топлива. – 1984. – № 1. – С. 58-62.
2. Schrick W.S. Experimental studies on the hydraulic transport of coal / W.S.Schrick, L.G.Smith, D.B.Haas, W.H.Husband. Third internat. confer. On the hydraulic transport in pipes. – 1974. – May. – Paper B. 1. – P. 14.
3. Кориунов В.А. Исследование влияния гидравлического транспортирования на свойства коксующихся углей Кузбасса / В.А.Кориунов. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новокузнецк, 1974. – 33 с.
4. Білецький В.С. Причины зміни технологічних властивостей коксівного вугілля при його дальньому гідротранспорті / В.С.Білецький, Г. П.Маценко // Углехимический журнал. – 2003. – № 5-6. – С. 11-14.
5. Gat L.J. Effect of pumping on the caking properties of coal / L.J.Gat // Canadian Mining and Metallurgical Bulletin. – 1974. – V. 67. – №. 752. – P. 71-74.
6. Rigbi G.R. Slurry pipeline studies on the BHP-BPA 30-tonne per hour demonstration plant / G.R.Rigbi, C.V.Jones, D.E.Meiwaring / 5-th Int. Conf. on the Hydraulic Transport of Solids in Pipes. Johannesburg, August 25-27. – 1982. – P. D1.
7. Erdman W. Möglichkeiten der Entwässerung hydraulisch geförderter Steinkohlen / W.Erdman, R.Rolling, D.Leininger // Aufbereitungs-Technik. – 1978. – Bd. 19. – №. 8. – S. 357-362.
8. Белецкий В.С. Изменение технологических свойств угля при гидротранспорте // В.С. Белецкий, Е.Б. Соснова, Н.И. Сарабун, Н.И. Борискина, Е.А. Полторацкая // Углехимический журнал. – 2002. – № 5-6. – С. 11-14.
9. Білецький В.С. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля / В.С. Білецький, П.В. Сергеев, Ю.Л. Папушин. – Донецьк: Грань, 1996. – 264 с.
10. Елишевич А.Т. Гидротранспорт коксующегося угля / А.Т. Елишевич, В.С. Белецкий, Ю.Г. Свитлый, Т.В. Карлина // Промышленный транспорт. – 1986. – № 6. – С. 11.
11. Белецкий В.С. Сохранение технологических свойств коксующегося угля при гидравлическом транспортировании / В.С. Белецкий, А. Кхелуфи // Кокс и химия. – 1996. – № 4. – С. 9-10.