

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,

П.В. СЕРГЄЄВ, д-р техн. наук,

С.Ю. ПОТАПЕНКО

(Україна, Донецьк, Державний ВНЗ "Донецький національний технічний університет")

ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРА ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗЕРНА СТРУКТУР "ЯДРО-ОБОЛОНКА" ПРИ МАСЛЯНІЙ АГЛОМЕРАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

Постановка проблеми і стан її вивчення. Сьогодні в галузі вугільних технологій продовжуються дослідження і активно ведеться пошук технічних рішень по збереженню коксівних властивостей вугілля під час його дальнього магістрального гідротранспорту. Зокрема, про це свідчать останні роботи Уханського проектного і науково-дослідницького інституту вугільних технологій (Wuhan Design & Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group) WDRI – провідного проектного та науково-дослідницького вугільного інституту Китаю. За останні 20 років WDRI було спроектовано близько двадцяти трубопроводів для транспортування вугілля, зокрема: "Meizhou – Shantou", "Shenmu – Beijing", "Changcheng", "Zuoquan and Heshun-Wuhan", "Pingdingshan – Wuhan", "Shen-Wei" і т.д. [1].

В попередніх роботах нами показано, що одним з ефективних рішень по усуненню факторів гідротранспорту, що негативно впливають на технологічні характеристики коксівного вугілля: подрібнення вугілля під час його гідравлічного транспортування, обволікання (блокування) вугільних зерен розмоклими глинами, окиснення вугільної поверхні може бути застосування спеціального методу збагачення і зневоднення вугілля – масляної агломерації [2, 3]. Особливий інтерес у цьому плані викликає режим масляної агломерації, який забезпечує отримання структур типу "ядро-оболонка", в яких більш крупні вугільні зерна виступають центрами агрегатоутворення, а більш дрібні утворюють навколо них своєрідну "подушку"-оболонку, яка захищає від руйнування (подрібнення) та ін. перерахованих чинників. Такі вуглемасляні структури були одержані Донецьким національним технічним університетом і НВО "Хаймек" раніше, але умови їх отримання і область режимних параметрів досліджені недостатньо.

Мета статті – визначення умов отримання структур типу "ядро-оболонка" при масляній агломерації, які можуть бути ефективно використані при збереженні коксівних властивостей вугілля під час його дальнього магістрального гідротранспорту.

Виклад основного матеріалу. Базуючись на розвинутих [4, 5] і підтверджених нами для умов масляної агрегації вугілля уявленнях про домінуючу роль інерційного та дифузійного механізмів агрегатоутворення для полідисперсного вугілля (особливо для класів крупності $d_3 > 0,05$ мм), проаналізуємо закономірності утворення структур типу "ядро – оболонка".

Спеціальні та комбіновані методи

Співвідношення числа зустрічей вугільних зерен в одиниці об'єму турбулентного потоку рідини в одиницю часу по інерційному K_i та дифузійному K_d механізмам визначається виразом [4, 5]:

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

де ρ_B , ρ_0 – відповідно густина вугілля та води; λ_0 – внутрішній масштаб турбулентних пульсацій.

Згідно [4]:

$$\lambda_0 \cong \frac{l_M}{Re^{3/4}}. \quad (2)$$

При $K_i=K_d$ імовірність зустрічі дрібних зерен між собою та крупних зерен з дрібними однакова. Відповідаючий цьому стану граничний діаметр частинок d_{r3} знаходимо по рівнянням (1) та (2):

$$d_{r3} \cong \frac{2\rho_0 \cdot l_M}{\rho_B \cdot Re^{3/4}}. \quad (3)$$

За виразом (3) в координатах d_{r3} (Re) можна одержати зони інерційного та дифузійного механізмів зустрічей вугільних зерен (рис. 1).

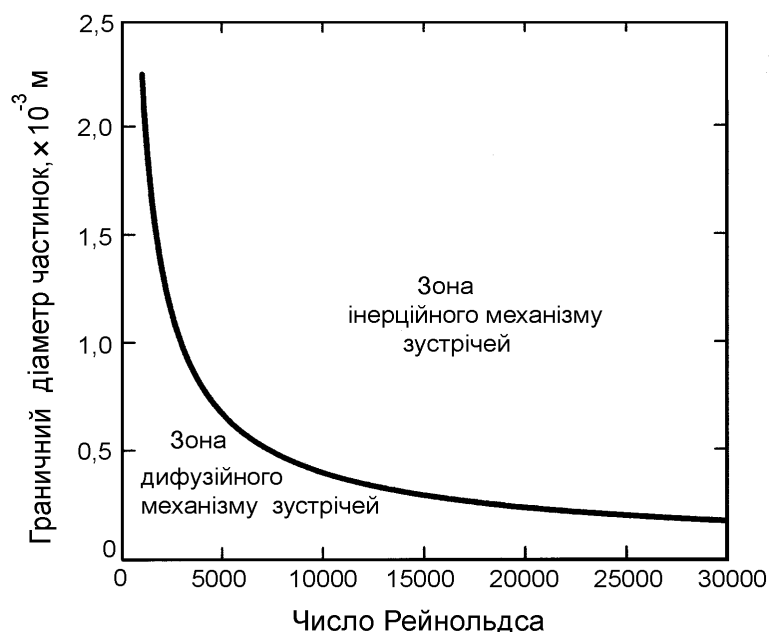


Рис. 1. Крива d_{r3} (Re), що відповідає однаковій імовірності зустрічі дрібних зерен між собою та крупних зерен з дрібними і розмежовує зони інерційного та дифузійного механізму зустрічі зерен у турбулентному потоці

Для частинок $d_3 > d_{r3}$ переважає інерційний механізм зустрічі, а для частинок $d_3 < d_{r3}$ – дифузійний. Згідно експериментальних даних в умовах турбулентного потоку рідини кількість зустрічей в одиницю часу за інерційним механізмом в $(0,4 \dots 10) \cdot 10^3$ раз перевищує кількість дифузійних зустрічей [3, 5, 6]. Тому при агрегації полідисперсного вугілля створюються умови для виникнення гетерогенних структур типу "ядро – оболонка", центрами яких є зерна $d_3 > d_{r3}$. Імовірність одержання таких структур при агрегації полідисперсного вугілля по коалесцентному механізму значно більша, ніж відносно гомогенних структур із зерен $d_3 < d_{r3}$.

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

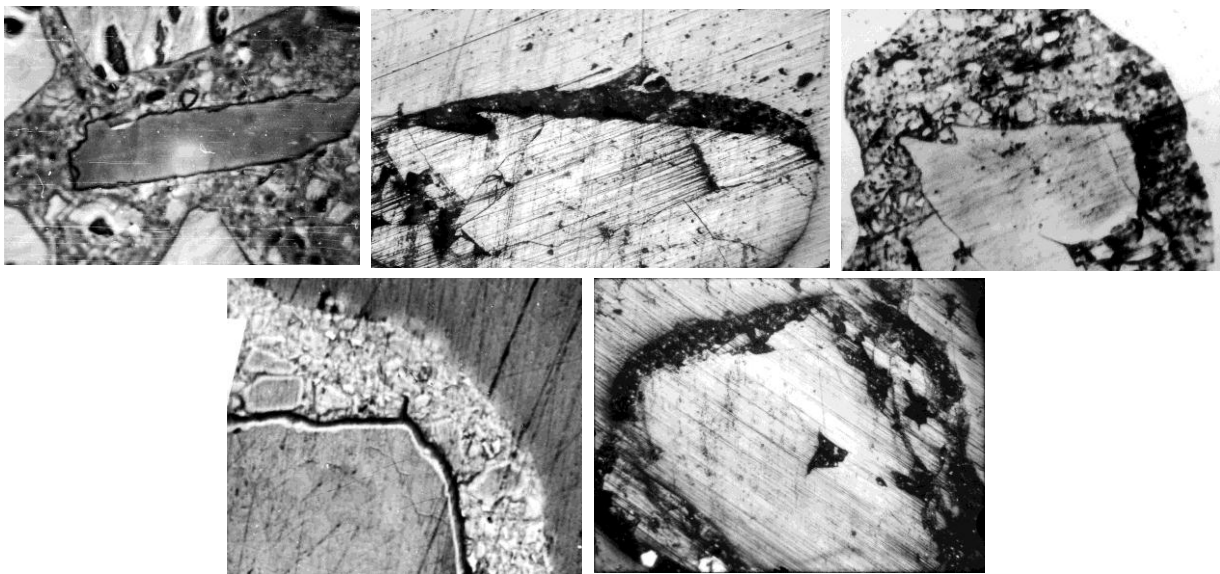


Рис. 2. Фрагменти структур типу "ядро – оболонка" одержані в зоні інерційного механізму зустрічей вугільних зерен

Характерною особливістю технології є продовження процесу агрегатоутворення в процесі гідротранспортування гідросуміші "вуглемасляні агрегати – вода". На рис. 3. показано процес гідротранспорту у скляному трубопроводі при концентрації гідросуміші 10 і 40%.

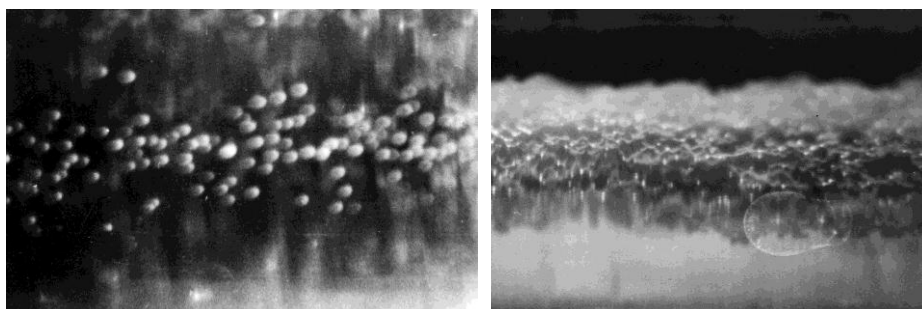


Рис. 3. Процес гідротранспорту у скляному трубопроводі НВО "Хаймек" при концентрації гідросуміші 10 і 40%: структура потоку вуглемасляних агрегатів

Спеціальні та комбіновані методи

Чітко простежується структура потоку вуглемаляних агрегатів – якщо у першому випадку вони зосереджуються в центрі потоку (де швидкість максимальна), то в другому випадку утворюють (при малих швидкостях) суцільне грануляційне тіло з ланцюжками гранул.

Висновки

1. Аналіз механізмів зустрічі вугільних зерен в умовах турбулентного потоку рідини дозволив виділити зону за числом Re , в якій при масляній агломерації відбувається переважно виникнення гетерогенних структур типу "ядро – оболонка", центрами яких є вугільні зерна $d_3 > d_{r3}$.

2. Одержані результати можуть бути застосовані при підготовці коксівного вугілля до дальнього магістрального гідротранспорту із застосуванням технології його масляної агрегації, а також для підбору раціональних режимів течії водо-вугільної (агломераційної) суміші у магістральному трубопроводі.

У подальших дослідженнях необхідно вивчити структурні особливості гетерогенних структур типу "ядро – оболонка" в залежності від числа Re , а також розкрити механізм вторинного агрегатоутворення безпосередньо у гідротранспортному трубопроводі.

Список літератури

1. Wuhan Design & Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, 2014 – Електронний ресурс. Режим доступу: [<http://www.zmwhy.com.cn/en/gczs/gdsm.asp>]
2. Белецький В.С., Кхелуфи А. Сохранение технологических свойств коксующегося угля при гидравлическом транспортировании // Кокс и химия. – 1996. – № 4. – С. 9-10.
3. Білецький В.С., Сергєєв П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. – Донецьк: Грань, 1996. – 264 с.
4. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Издат. физ.-мат. литер., 1959., – 700 с.
5. Самыгин В.Д., Барский А.А., Ангелова С.М. О механизме взаимной флокуляции частиц различной крупности // Коллоидный журнал. – 1968. – Т. 30, Вып. 4. – С. 581-586.
6. Білецький В.С. Адгезійні взаємодії у вуглемаляних гранулах // Геологія та геохімія. – 1996. – № 4. – С. 83-89.
7. Білецький В.С. Адгезійні взаємодії "вугілля-реагент" в процесі селективної агрегації вугілля // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996. – № 1/2 (94/95). – С. 125-130.

© Білецький В.С., Смирнов В.О., Голіков О.С., 2014

*Надійшла до редколегії 05.02.2014 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.І. Назимко*