

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р. техн. наук, **А.П. ВОРОБІЙОВ**
(Україна, Донецьк, Донецький національний технічний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСЛЯНОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ БУРОГО ВУГІЛЛЯ

Постановка проблеми та стан її вивчення. В умовах дефіциту паливно-енергетичних ресурсів особливої актуальності набуває залучення до нього низькоякісного вугілля, вторинних ресурсів тощо. В цьому ж ряду стоїть буре вугілля. В Україні поклади бурого вугілля зосереджені в Дніпровському буровугільному басейні, на Закарпатті, Передкарпатті, Придністров'ї. В структурі балансових запасів вугілля України буре вугілля складає 6,6%. Водночас воно має ряд специфічних властивостей, які перешкоджають його масштабному використанню: висока вологість і гігроскопічність, висока реактивна здатність до кисню, дещо занижена теплота згоряння. Ці характеристики обумовлюють неможливість тривалого зберігання бурого вугілля, перевезення на великі відстані, велику імовірність самозаймання. Існує ряд традиційних та перспективних технологій використання бурого вугілля: брикетування, піроліз, газифікація, зрідження, приготування висококонцентрованих водовугільних суспензій (водовугільного палива) та ін.. Ці технології потребують відповідної первинної підготовки бурого вугілля до переробки. Останнім часом в якості такої технології, яка сумісна з вище перерахованими процесами, а також з гідравлічним транспортуванням і ефективним механічним зневодненням вугілля розглядається технологія масляної агломерації.

Дослідження масляної агломерації (грануляції) вугілля, активізація якого в різних країнах припала на кінець ХХ ст., показала принципову можливість ефективного збагачення і зневоднення широкого діапазону дрібно- і тонкодисперсного вугілля – практично всіх стадій метаморфізму. Однак основні дослідження були проведені на кам'яному вугіллі, спеціальні дослідження масляної агрегації бурого вугілля в Україні практично відсутні [1]. У світі такі дослідження для бурого вугілля теж поодинокі, водночас дослідження процесу масляної агломерації для іншої сировини, зокрема коксівного вугілля продовжуються.

Серед нечисленних досліджень масляної агломерації бурого вугілля слід виділити доробок турецьких вчених [2-4]. Масляна агломерація розглядається ними як ефективний метод облагороджування бурого вугілля, зокрема золовидалення і знесірчення [2]. Досліджено вплив основних чинників, які впливають на процес масляної агломерації вугілля: режиму і тривалості агітації пульпи, показника рН пульпи (як електроліти використовувалися FeCl_3 , CaCl_2 , NaCl , NaOH , HCl) та її концентрації, дзета-потенціалу вугільної речовини, витрат зв'язуючої речовини – гасу, дизельного палива, мазуту, масла маку та соняшникової олії, а також нейоногенних поверхнево-активних речовин (Igeral-CA 630). Загалом, виявлені залежності збігаються з відомими і встановленими нами раніше для кам'яного вугілля [1]. Особливістю є те, що витрати

Спеціальні та комбіновані методи

масла-зв'язуючого у дослідженнях варіювалися від 5 до 25% і найкращим зв'язуючим визнано макове масло, яке забезпечує вихід агломерату 98,18%. Агломерація бурого вугілля краще протікає при менших значеннях рН, тобто у кислому середовищі. Зі збільшенням витрат ПАР процес агломерації покращується.

Мета статті – встановлення раціональних значень основних режимних параметрів процесу масляної агрегації бурого вугілля.

Виклад основного матеріалу. Як вихідне прийняте буре вугілля Кансько-Ачинського басейна (яке передбачалося надалі передавати на далекі відстані гідротранспортом) крупністю 0-1 та 0-3 мм, зольністю $A^d = 10,65\%$.

У основній серії дослідів як реагент-зв'язуюче прийнято мазут марки М 100, витрати якого складали 5-30 мас.% від вугілля. Показник рН =7. Температура води бралася 60 і 20 °С. Процес масляної грануляції здійснювався у імпульсній мішалці при швидкості обертання імпелера 1000 хв.⁻¹. Формула процесу відповідала реалізації амальгамного механізму: у вихідну водовугільну пульпу Т:Р=1:1 при її агітації подавався нагрітий до 80-90° мазут, у момент руйнування вуглемасляної "амальгами" (через 0,5-1,0 хв. після подачі зв'язуючого) подавалася нова порція води для розбавлення пульпи до Т:Р=1:3. Загальна тривалість грануляції (агітації водо-вугле-мазутної пульпи) складала 7 хв. Після масляної грануляції гранулят відокремлювався від рідкої фази на ситі і дренивався 1 добу. Визначався вихід грануляту (по вугіллю), середній діаметр гранул і їх структура (мікроскопічно), вологість грануляту безпосередньо після процесу і після дренивання. Результати основної серії дослідів для вугілля 0-1 мм наведені у таблиці.

Результати масляної агломерації-грануляції бурого вугілля (основна серія дослідів)

Характеристики гранулята	Витрати реагента-зв'язуючого у % на суху масу вугілля											
	Температура середовища 60 °С						Температура середовища 20 °С					
	30	25	20	15	10	5	30	25	20	15	10	5
Вихід, %	99,8	99,5	99,9	99,9	99,9	99,9	99,2	99,6	99,8	99,8	99,6	99,5
Середній діаметр, мм	грудки	1,5-2,5	1,0-1,5	0,5-1,0	0,3-0,5	0,2-0,3	10	3-5	1-2	0,5-1,0	0,3-0,5	0,2
Структура*	-	Г	Г	Г, К	К	К	Г	Г	Г	Г, К	К	К
Вологість**:												
через 1 год.	37	37	37	50	55	58	30	39	46	52	57	60
через 24 год.	28	28	28	37	35	35	20	24	30	42	46	47

*Г – окремі гранули; К – конгломерати мікрогранул.

** Вологість визначалася включно з гравітаційною вологою, яка візуально спостерігалася у просторі між гранулами.

Залежності середньої крупності гранул від витрат реагенту-зв'язуючого для різної температури середовища пелетування наведені на рис. 1. Коефіцієнт регресії R для зазначених залежностей знаходиться в межах $R = 0,9997-0,9908$.

На рис. 2 і 3 показано вуглемасляний гранулят, одержаний на основі смоли напівкоксування кам'яного вугілля та мазуту марки М 100.

У додатковій серії дослідів як реагент-зв'язуюче використана також смола

Спеціальні та комбіновані методи

напівкоксування вугілля з такими характеристиками: густина при 20 °С – 1,06 г/см³; вміст сірки – 0,3%; вологість – 4,0%.

Крім того, у додатковій серії варіювався режим перемішування пульпи в межах 1000-1700 хв.⁻¹. Показник рН = 7-5. Тривалість пелетування (агітації водо-вугле-мазутної пульпи 7-20 хв. Витрати реагенту-зв'язуючого – до 2 мас.%. Температура середовища – до 90 °С.

Зокрема, в режимі: витрати зв'язуючого – 5 мас.%; рН=6; швидкість імпера – 1700 хв.⁻¹, температура води бралася 60 °С, тривалість агітації пульпи 7 хв. одержано гранулят крупністю 0,3-0,5 мм. Підрешітна вода – прозора.

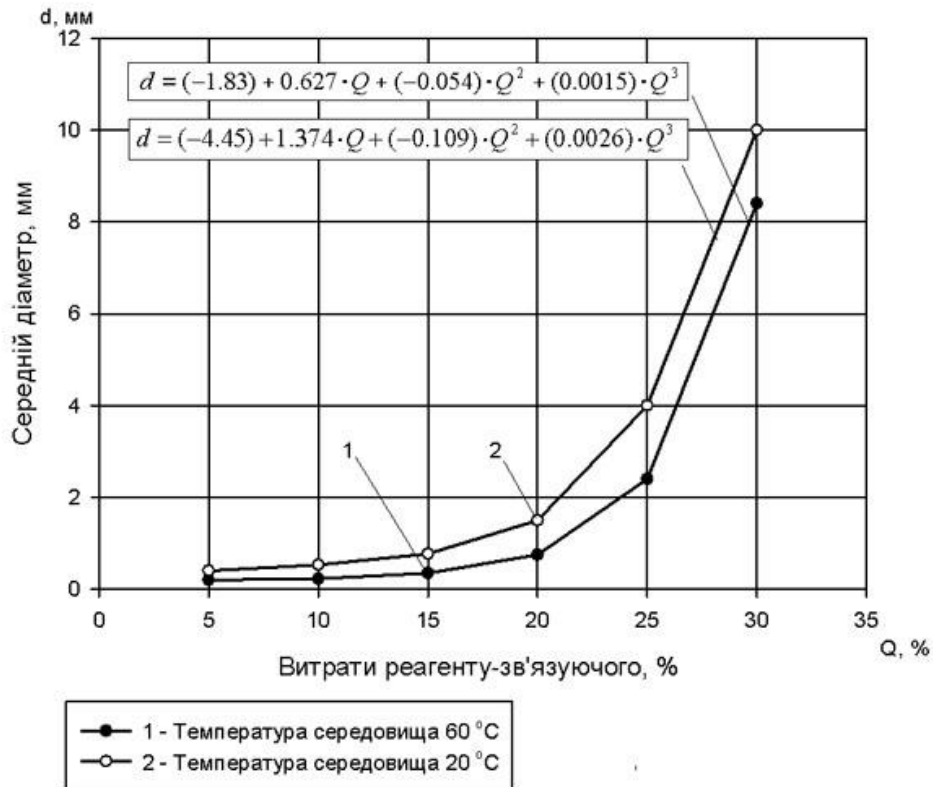


Рис. 1. Залежності середньої крупності гранул від витрат реагенту-зв'язуючого для різної температури середовища пелетування

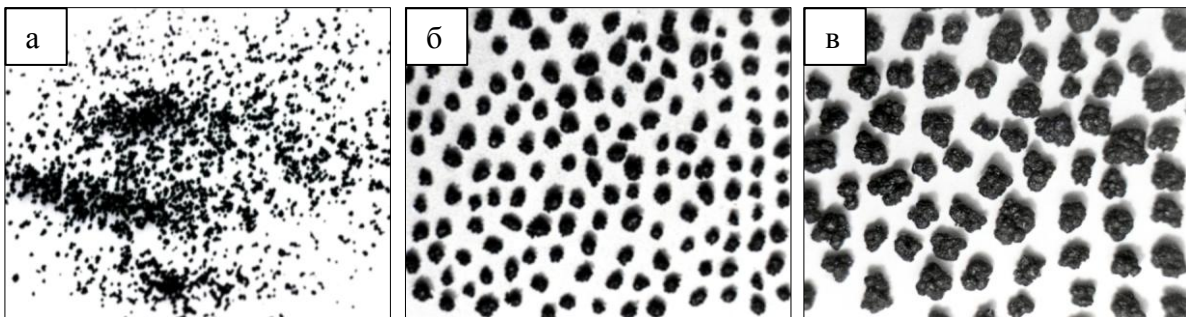


Рис. 2. Вуглемаляний гранулят на основі смоли напівкоксування. Витрати реагенту-зв'язуючого: а – Q=5%; б – Q=20%; в – Q=30%

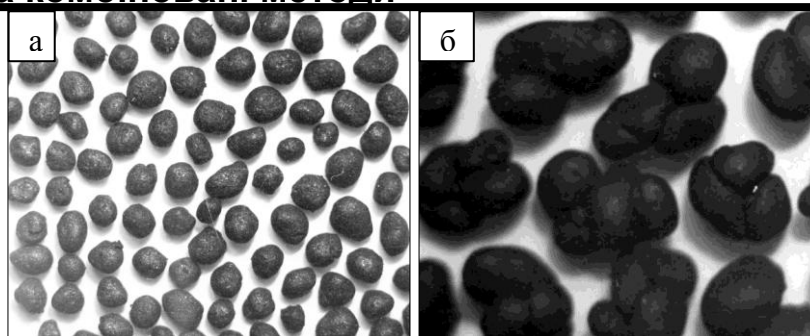


Рис. 3. Вуглемасляний гранулят на основі мазуту.
Витрати реагенту-зв'язуючого: а – $Q=25\%$; б – $Q=30\%$

У режимі: витрати зв'язуючого – 5 мас.%; рН=5; швидкість імелера – 1000 хв.^{-1} , температура води бралася $60 \text{ }^\circ\text{C}$, тривалість агітації пульпи 20 хв. одержано гранулят крупністю 0,5 мм. Підрешітна вода – прозора.

У режимі: витрати зв'язуючого – 3 мас.%; рН=5,5; швидкість імелера – 1000 хв.^{-1} , температура води бралася $60 \text{ }^\circ\text{C}$, тривалість агітації пульпи 7 хв. одержано гранулят крупністю 0,1-0,5 мм. Підрешітна вода – прозора.

У режимі: витрати зв'язуючого – 2 мас.%; рН=5,5; швидкість імелера – 1000 хв.^{-1} , температура води бралася $60 \text{ }^\circ\text{C}$, тривалість агітації пульпи 7 хв. одержано гранулят крупністю 0,1-0,2 мм. Підрешітна вода – непрозора.

На вугіллі крупністю 0-3 мм. результати масляної агрегації аналогічні. Зауважимо, що буре вугілля при агітації пульпи сильно дезінтегрується, тому зерен первинної крупності залишається мало. Дезінтегроване тонкодисперсне вугілля складає вугільну масу агломератів-гранул.

Отже, коментуючи одержані результати, слід зазначити таке.

По-перше, досліджуване буре вугілля має високу грануляційну здатність у режимі масляної грануляції при використанні зв'язуючого нафтового (мазут) і кам'яновугільного (смола напівкоксування) походження.

По-друге, встановлено, що середня крупність агломератів-гранул бурого вугілля зі зменшенням витрат мазуту з 30 мас.% до 5 мас.% зменшується з 5-6 до 0,5-0,4 мм. При витратах менше 8-5 мас.% у виході переважає мікрогранулят крупністю 0,2-0,5 мм та конгломерати мікрогранул та коалесцентні структури типу "центр-оболонка", де центром служать більш крупні частинки вугілля, а оболонкою – тонкі. Цей же результат має місце при витратах смоли напівкоксування менше 12-10 мас.%. При витратах мазуту 3 мас.% процес грануляції протікає в'яло і можливий тільки з підкисленням середовища пелетування (рН=5).

По-третє, температура середовища ($90, 60, 20 \text{ }^\circ\text{C}$) суттєво на результати грануляції не впливає. Підвищення температури середовища пелетування лише збільшує швидкість протікання грануляції (з 20 до $60 \text{ }^\circ\text{C}$ – у 1,5-2 рази), а також збільшує товщину плівок зв'язуючого на вугільних зернах, що пояснює більшу крупність гранул.

По-четверте, вугле-масляний гранулят навіть після дренажу протягом 24 год утримує у міжгранульному просторі певну кількість води, що обумовлює його значну вологість – 28-20%. Його механічне чи інше зневоднення є предме-

том окремого дослідження.

Висновки

1. Досліджуване буре вугілля має здатність до утворення вуглемасяних структур в широкому діапазоні режимних параметрів: витрати зв'язуючого – 3-25 мас.%; рН=7-5; швидкість імпелера – 1000-1700 хв.⁻¹, температура води 90-20 °С, тривалість агітації пульпи 7-20 хв.

2. У режимі часткової масляної грануляції (зі зниженими витратами реагенту-зв'язуючого) одержується мікрогранулят крупністю 0,2-0,5 мм. при витратах мазуту 5 мас.% або смоли напівкоксування 10 мас.%.

3. У цілому треба констатувати добру збіжність результатів, одержаних у зарубіжних лабораторіях (турецька школа) та у цій роботі.

У подальшому слід окремо дослідити вологість одержуваної грануляційної речовини і методи зневоднення вуглемасяного грануляту. Особливо перспективним у цьому плані видається зневоднення частково згранульованого бурого вугілля ежектуванням (методом зриву поверхневої плівки води швидкісним потоком повітря).

Список літератури

1. Білецький В.С., Сергеев П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. – Донецьк: Грань, 1996. – 264 с.

2. Ahmet Gürses, Kemal Doymuş, Samih Bayrakçeken. Selective oilagglomeration of browncoal: a systematic investigation of the design and process variables in the conditioning step // Fuel. Volume 75, Issue 10, August 1996, Pages 1175–1180. Електронний ресурс: http://elibrary.ru/keyword_items.asp?keywordid=165655

3. Ahmet Gürses, Kemal Doymuş, Samih Bayrakçeken. Evaluation of response of brown coal to selective oil agglomeration by zeta potential measurements of the agglomerates. // Fuel. Volume 76, Issues 14–15, November–December 1997, Pages 1439–1444.

4. Unal, I.; Gorgun Ersan, M. Factors affecting the oil agglomeration of Sivas-Divrigi Ulucayir lignite // Energy Sources, 2007. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects; Journal Volume: 29; Journal Issue: 11. page(s) 893-993.

© Білецький В.С., Воробйов А.П., 2012

*Надійшла до редколегії 25.04.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.І. Назимко*