

References

1. Shagalova S.L., Schnitzer I.N. Solid fuel combustion in furnaces of steam generators. Leningrad : Jenergija, 1976. (Rus.)
2. Industry guidance document 34.10.502-2003. Costs gas-oil fuel combustion in thermal coal from Ukraine Stone-you swing volatile matter less than 20 %. Kiev : APC «HRIFRE», 2003, 30 p. (Ukr.)
3. Kapelson L.M. Ways to reduce the consumption of gas and oil to coal-fired power plants. designed for combustion of low coal. *Teploenergetika*, 2002, (1), pp. 56–60. (Rus.)
4. Kesova L.A., Dovgoteles G.A., Kotelnikov N.I. Development. research. introduction and operation of highly concentrated dust supply (under pressure) TPP-210A boiler Trypilian TPP. Kiev : Obshhestvo «Znanie Ukrainy», 2001, 94 p. (Rus.)
5. Kesova L.A., Cherezov M.M., Georgiev O.V., Pobirovskyy Yu.M. Research and development of technological schemes and automatic control system dust supply with high concentrations of low boilers for fuel. *Naukovi visti NTUU «KPI». Ser. Teploenergetika.*, 1997, pp. 61–63. (Ukr.)
6. Schnitzer I.N. Investigation of combustion of low-reactive coals of varying quality. *Jelektricheskie stancii*, 1983, (5), pp. 27–30. (Rus.)
7. Kryzhanovsky V.N., Kesova L.A., Georgiev A.V. Effect of regime factors on fuel oil consumption of coal-fired steam generators in TPP. *Promyshlennaja teplotehnika. [Industrial Heat.]*, 1982, (2), pp. 88–92. (Rus.)
8. Instructions and guidelines for the operational rapid test boilers to assess the quality of repairs. Moscow : Beljenergonaladka, 1974, 30 p. (Rus.)
9. Trembovlya V.I. Thermal testing of boiler installations. Moscow : Energia, 1977, 150 p. (Rus.)
10. Kravec' P.P., Oksimec' Yu.A., Achkasov E.M. Zvit po teplovim viprobuvannjam kotloagregatu TPP-210A Stancii № 4 Tripil's'koy TES pri roboti na ASh z pidsvichuvannjam mazutom i gazom. *Ukrainka*, 2010, 15 p. (Ukr.)

Received February 3, 2014

УДК 656.56-032.35

Круть А.А., докт. техн. наук**Институт угольных энерготехнологий НАН Украины, Киев**
ул. Андреевская, 19, 04070 Киев, Украина, e-mail: nina.ceti@gmail.com**Деминерализация углей при транспортировании гидравлическим трубопроводным транспортом**

Проанализированы результаты исследований по использованию углей Донбасса с высоким содержанием щелочных металлов в промышленности Украины. Подтверждена техническая возможность деминерализации углей промывкой водой. Определен уровень влияния исходных параметров угля и жидкой среды на процесс обессоливания угля с высоким содержанием щелочных металлов. Охарактеризованы основные факторы и аспекты процесса обессоливания углей при использовании их в теплоэнергетике, при проектировании комплексов по доставке таких углей потребителю гидравлическим транспортом по трубопроводным системам. Даны рекомендации, требующие учета отдельных факторов при реализации технологических комплексов гидротранспортирования угля, в которых процесс деминерализации является попутным процессом, а также для получения кондиционного топлива для сжигания в действующих котлоагрегатах. *Библ. 6, рис. 4.*

Ключевые слова: гидротранспорт, деминерализация, щелочные металлы, водоугольная смесь.

Большой объем научных исследований, связанный с выполнением поисковых работ и научно-технических программ по изучению углей Донбасса с высоким содержанием щелочных металлов и по их использованию в промышленности Украины, проведены Институтом минеральных ресурсов, Институтом физико-органической химии и углехимии НАН Украины,

Днепропетровским химико-технологическим институтом, УкрНИИГидроуголь и др. В настоящее время изучение так называемых солевых углей с целью их технологического применения в теплоэнергетике продолжается в Институте угольных энерготехнологий НАН Украины в содружестве с Институтом проблем материаловедения НАН Украины [1].

Термин «соленый уголь» появился в 1950-е гг. и относится к углям с повышенным содержанием калия, цинка и особенно натрия в виде хлоридов, гуматов и оксидов. Использование таких углей за рубежом и в России однозначно показало отрицательное их влияние на процесс сжигания в котлоагрегатах теплоэлектростанции [2]. В Украине показатель солёности в настоящее время определен в пересчете Na_2O на угле в пределах 0,32–0,4 % и выше.

Установлено, что натрий, а также калий в донецких углях Западного и Северо-Восточного Донбасса в основном входят в состав минеральных водорастворимых примесей в виде хлорида [3]. Это обстоятельство определило один из основных способов возможной деминерализации угля – способ промывки водой при механическом перемешивании водно-угольных смесей. Условия для реализации такого способа создаются не только в стационарных условиях, но и при транспортировании угля потребителю по трубам в напорном турбулентном потоке, причем деминерализация угля в таком случае будет являться попутным технологическим процессом [4].

Имеющиеся результаты исследований и разработок позволили в достаточно глубокой мере установить обоснованные зависимости, характеризующие процесс деминерализации углей. В частности, получены зависимости влияния крупности угля, в том числе рядового, концентрации водно-угольной смеси, времени контакта угля с водой и степени начального насыщения воды по NaCl на процесс деминерализации на базе углей марки «Д» Новомосковского месторождения Западного Донбасса [5]. Содержание Na_2O в углях данного месторождения колеблется в пределах 0,6–1,0 %, а в золе угля – 6,2–8,0 %.

На рис.1–4 показаны основные данные, полученные в условиях стационарного процесса на стенде с перемешиванием водно-угольной смеси вертикальным электрическим импеллером:

– по выходу Na_2O в водную вытяжку ($C_{\text{Na}_2\text{O}}$) в зависимости от времени контакта угля с водой и концентрации водоугольной смеси ($N_{\text{г.см}}$);

– влияние на обессоливание угля ($C_{\text{Na}_2\text{O}}$) фактора крупности угля ($d_{\text{ср}}$);

– влияние степени минерализации воды ($M_{\text{H}_2\text{O}}$) на процесс обессоливания угля ($C_{\text{Na}_2\text{O}}$ в ост. угля);

– зависимости деминерализации угля ($C_{\text{Na}_2\text{O}}$ в угле) от его крупности (d).

Комплекс проведенных исследований по изучению факторов, влияющих на процесс деминерализации в стационарных условиях, пока-

зал, что выход соединений щелочных металлов из углей в несущий создаваемый поток может быть выражен следующими зависимостями:

– от крупности рядового угля $d_{\text{ср}}$:

$$V(d_{\text{ср}}) = a_1 \cdot \exp(b_1 d_{\text{ср}});$$

– от концентрации гидросмеси C :

$$V(c) = a_2 c^{b_2};$$

– от времени контакта угля t :

$$V(t) = V_{\text{исх}} - a_3 t + b_3 t^2;$$

– от исходной минерализации несущей среды M :

$$V(M) = a_4 - b_4 M + c_4 M^2.$$

Множественная корреляция позволила установить такое уравнение регрессии:

$$V_{\text{Na}_2\text{O}} = a \cdot \exp[-(b t + c d_{\text{ср}} + d c + \text{эм})],$$

где $V(d_{\text{ср}}, c, t, M, \text{Na}_2\text{O})$ – содержание Na_2O в остатках угля; $V_{\text{исх}}$ – исходное содержание Na_2O в угле; $a_i, b_i, c_i, d_i, \varepsilon_i$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от характеристики угля, параметров водно-угольной смеси.

Из анализа кривых и результатов математической их обработки видно значительное влияние на содержание Na_2O в остатках угля времени контакта угля с водой (коэффициент корреляции (КК) – 0,85) и концентрации водно-угольной смеси (КК – 0,54). Влияние крупности рядового угля и минерализации среды на процесс деминерализации значительно слабее (КК – 0,31).

Оценивая влияние имеющихся факторов и зависимостей по облагораживанию соленых уг-

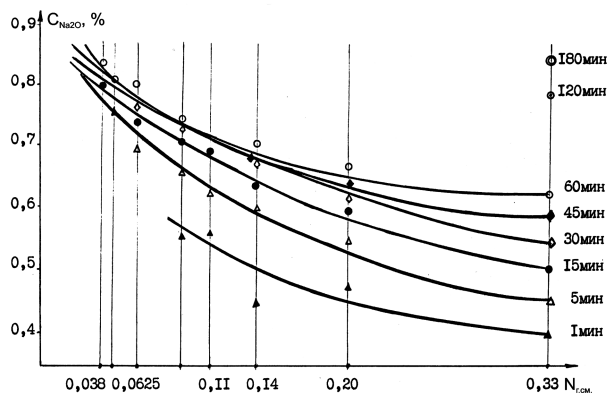


Рис. 1. Выход Na_2O в водную вытяжку в зависимости от времени контакта угля с водой и концентрации гидросмеси ($C_{\text{Na}_2\text{O}}$ – содержание Na_2O в водных вытяжках, %; $N_{\text{г.см}}$ – концентрация водно-угольной смеси).

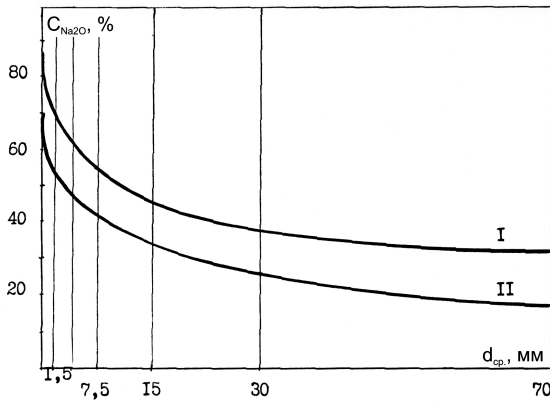


Рис.2. Зависимость выхода натрия от крупности угля при времени экстрагирования 180 мин, (Т : Ж = 1 : 10) и зольности Ас, %: I – 10; II – 25 (C_{Na_2O} – содержание Na_2O в водных вытяжках; d_{cp} – средняя крупность угля по классу).

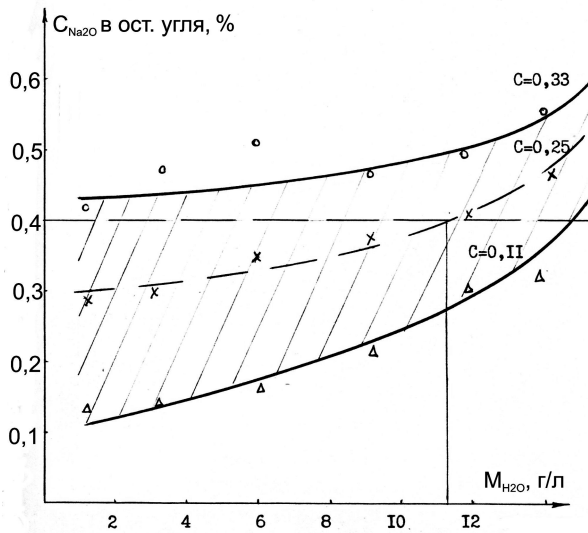


Рис.3. Влияние степени минерализации воды по NaCl (M_{H_2O}) на процесс обессоливания угля при $t = 20$ мин (C_{Na_2O} в ост. угля – содержание Na_2O в остатках угля; C – концентрация водно-угольной смеси).

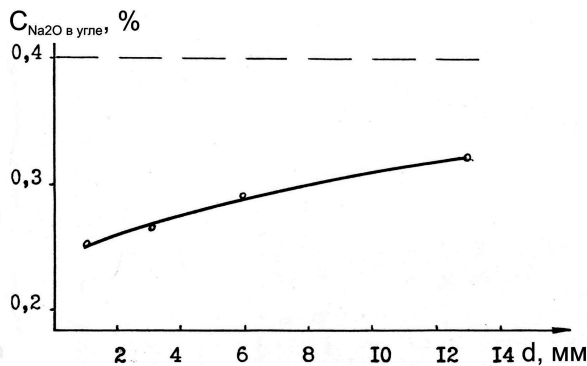


Рис.4. Влияние крупности рядового угля (d) на процесс деминерализации при $t = 180$ мин и Т : Ж = 1 : 4 (C_{Na_2O} в угле – содержание Na_2O в остатках угля).

лей Донбасса при промывке их водой в стационарных условиях, можно с достаточной уверенностью утверждать о возможности и целесообразности осуществления попутной деминерализации угля в будущих технологических комплексах украинской промышленности, в которых может возникнуть потребность запроектировать технологию доставки угля гидравлическим транспортом (технологическим, промышленным или магистральным углепроводом). При этом необходимо учесть следующие выводы и замечания.

Способ промывки углей Донбасса с высоким содержанием щелочных металлов понижает уровень их засоленности и дает положительный результат по получению кондиционного твердого топлива, пригодного для сжигания в действующих котлоагрегатах отечественной теплоэнергетики.

В связи со значительным временем контакта угля с водой в промышленных и магистральных углепроводах (время измеряется часами) такие факторы как крупность угля и концентрация водоугольной смеси слабо влияют на процесс деминерализации. Поэтому эти параметры должны быть исследованы и выбраны исходя из условий эффективности транспортирования угля по гидравлической трубопроводной системе.

Угли марки «Д» подвержены значительному измельчению при его транспортировании по трубопроводам, что вызывает перераспределение по классам крупности угля, а также известна склонность данного угля к адсорбции ионов натрия из несущей среды при широком развитии внешней поверхности мельчайших частичек угля, что может особенно проявляться при значительном удельном увеличении класса угля – 0,04 мм в гранулометрическом составе транспортируемого угля. Отмеченные обстоятельства не могут не отразиться на процессе деминерализации угля и должны учитываться при возможном гидротранспорте угля. Основной позицией при решении этой проблемы являются исследования по определению граничного уровня наличия такого класса частиц в исходном гранулометрическом составе угля.

Повышение плотности несущей среды (образование слабого соляного раствора по причине повышения минерализации воды) и увеличение мельчайших классов угля при гидротранспортировании могут привести к изменению вязко-пластичных свойств водоугольной смеси и режимов течения напорного потока в трубопроводе, что может существенно изменить реологические характеристики течения гидросмеси и основные гидравлические параметры по эффективному выбору напорного оборудования и минимизации энергетических затрат на гидротранспортирование угля.

Необхідно провести оцінку вихідної (початкової) мінералізації несущої середовища, в першу чергу по NaCl, так як в якості її буде використовуватися вода, отримувана з шахтного притока, або технологічні води підприємств, що в свою чергу впливає на зміни параметрів процесу промивки вугілля в стаціонарних умовах і при гідротранспортуванні його по углепроводу до рівноважного режиму між обессолюванням вугілля і адсорбції його іонами натрію.

При визначенні вихідних даних для досягнення достаточної демінералізації вугілля при транспортуванні його по ланцюжку технологічного гідротранспорту (до 2 км) можуть проявитися питання, при яких необхідно вивчення і визначення характеристик і параметрів, що стосуються крупності вугілля, концентрації водоугольної суміші, гранулометричного складу вугілля, мінералізації вихідної води і іншого в зв'язі з обмеженим по часу контактом вугілля з водою.

Список літератури

1. Фатеев А.І., Левченко Н.І. Відмивання водою соляного вугілля Західного Донбасу України від Na та Cl // Збагачення корисних копалин. — 2011. — Вип. 45. — С. 85–92.
2. Інструкція за застосування «Класифікації родовищ твердого мінерального сировини на буроголовних родовищах Німеччини» // Bergbautechnik. — 1970. — № 5. — С. 256–261.
3. Іванова А.В., Кривеча Т.А., Охотник А.К. Вивчення процесів накоплення щелочних металів в вуглях Донбасу в зв'язі з проблемою їх промислового використання // Тез. VII Всесоюз. угольного конф., Ростов-на-Дону, 1981. — Ростов-на-Дону, 1981. — С. 380–382.
4. Шендрік Т.Г., Саранчук В.І. Солоні вугілля. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2003. — 296 с.
5. Світлий Ю.Г., Круть О.А. Гідравлічний транспорт твердих матеріалів. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. — 268 с.
6. Власов Ю.Ф., Світлий Ю.Г., Круть О.А. Демінералізація вугілля в процесі гідравлічного транспортування // Сб. науч. тр. ВНИИПИгідротрубопровод. — М., 1987. — С. 83–91.

Поступила в редакцію 27.05.14

Круть О.А., докт. техн. наук

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, Київ
вул. Андріївська, 19, 04070 Київ, Україна, e-mail: nina.ceti@gmail.com

Демінералізація вугілля при транспортуванні гідравлічним трубопровідним транспортом

Проаналізовано результати досліджень щодо використання вугілля Донбасу з високим вмістом лужних металів у промисловості України. Підтверджено технічну можливість демінералізації вугілля промивкою водою. Визначено рівень впливу вихідних параметрів вугілля та рідкого середовища на процес знесолення вугілля з високим вмістом лужних металів. Охарактеризовано основні фактори та аспекти вирішення проблеми знесолення вугілля при використанні їх у теплоенергетиці, при проектуванні комплексів з доставки такого вугілля споживачу гідравлічним транспортом по трубопровідним системам. Надано рекомендації, що враховують окремі фактори при реалізації технологічних комплексів гідротранспортування вугілля, в яких процес демінералізації є супутнім процесом, а також для отримання кондиційного палива для спалювання у діючих котлоагрегатах сучасної теплоенергетики. *Бібл. 6, рис. 4.*

Ключові слова: гідротранспорт, демінералізація, лужні метали, водовугільна суміш.

Krut' A.A., Doctor of Technical Science

Coal Energy Technology Institute of National Academy of Science of Ukraine, Kiev

19, Andryivska Str., 04070 Kiev, Ukraine, e-mail: nina.ceti@gmail.com

Some Aspects of Demineralization of Coal During Transportation by Hydraulic Tube-Type Transport

Analyzed the research results regarding the use of Donbass coal with a high content of alkali metals in industry of Ukraine. Confirmed the technical ability of coal demineralization by washing with water. Defined the level of influence of coal parameters and liquid medium in the process of desalination of coal with a high content of alkali metals. The main factors and aspects of desalination coals when used in the heat power industry, engineering complexes for the delivery of such coal to consumers by hydraulic transport via pipelines are discussed. The recommendations on the transport of coal, in which the demineralization process is associated process and also to obtain the conditional fuel for burning in the existing boilers are represented. *Bibl. 6, Fig. 4.*

Key words: hydraulic transport, demineralization, alkaline metals, coal water slurry.

References

1. Fateev A.I., Levchenko N.I. Water washing of high chlorine coal of Western Donbass of Ukraine from Na and Cl. *Zbagachennya korysnyh kopalyn*, 2011, Iss. 5, pp. 85–92. (Ukr.)
2. Guidelines on Classification of deposits of solid mineral feedstock at brown coal fields of Germany, *Bergbautechnik*, 1970, 5, pp. 256–261. (Rus.)
3. Ivanova A.V., Kryvecha T.A., Okhotnik A.K. The study of the accumulation process of alkaline metals in Donbass coal caused by the problem of their industry use. *Tezisy VII Vsesoyuznoy ugolnoy konferencyi*. Rostov-na-Donu, 1981, pp. 380–382. (Rus.)
4. Shendrik T.G., Saranchuk V.I. High chlorine coal. Donetsk : Skhidny vydavnychiy dim, 2003, 296 p. (Rus.)
5. Svitly Yu.G., Krut O.A. Hydraulic transport of solid materials. Donetsk : Skhidny vydavnychiy dim. 2010, 268 p. (Ukr.)
6. Vlasov Yu.F., Svitly Yu.G., Krut A.A. Coal demineralization during hydraulic transportation. *Sbornik nauchnykh trudov VNIPI gidrotruboprovod*. Moscow, 1987, pp. 83–91. (Rus.)

Received May 27, 2014