**Содержание общей серы в угольных пластах на шахтах Украины**

Долгий В.Я., Кривченко А.А., Шамало М.Д.

По состоянию на 01.01.99 г. в Украине в разработке находится более 570 шахтопластов, которые сильно разнятся по своим качественным параметрам. Одним из важных показателей качества добываемых углей является содержание общей серы— наиболее вредной примеси. При сжигании углей значительная часть сернистых соединений превращается в оксиды серы (сернистый газ), которая негативно влияет на здоровье человека, отравляет атмосферу, вызывает коррозию металлов [1].

Повышенное содержание серы в углях снижает их качество, обусловливает при энергетическом использовании значительный рост расхода топлива и опасность загрязнения среды токсичными оксидами серы, а при коксовании — ухудшение качества кокса и увеличение его количества при выплавке чугуна. Например, увеличение сернистости угля на 0, 1% приводит к снижению производительности доменной печи и росту расхода кокса на 1, 8% [2]. Превышение содержания обшей серы в углях, предназначенных для коксования, на 0.1% по сравнению со средними расчетными нормами влечет за собой снижение оптовой цены угля на 0.5%.

Содержание серы в угле — один из важнейших критериев пригодности его для коксования, так как качественные показатели кокса зависят от содержания золы и серы. В украинских углях различаются колчеданная (пиритная), органическая, сульфатная и элементарная серы.

Колчеданная (пиритная) сера — основной вид сернистых соединений в углях, на ее долю в среднем приходится 62% общего содержания серы. Формы включений серного колчедана в угольные пласты различны. Колчедан, образовавшийся в период угленакопления, распределен по угольному веществу равномерно, в тонкодисперсной форме и, как правило, связан с органической массой угля. Сернистый колчедан, образовавшийся по трещинам усыхания путем инфильтрации после прекращения процесса угленакопления, распределен грубодисперсно, локализовано — в виде линз, желваков, зерен, гнезд. Он представляет включения в виде примесей, доступных выделению механическим способом.

Органическая сера равномерно распределена по всему угольному веществу, ее невозможно выделить. Диапазон содержания органической серы в украинских углях 0, 3-0, 5%, но встречается 2, 5-3%; такое бывает и в пределах одного пласта на близлежащих участках. Это говорит о том, что органическая сера образовалась не только за счет серы исходного растительного материала. Органические сернистые его соединения соответствуют примерно 0, 3-0, 5% серы в угле. Полагают, что источниками образования вторичной серы была элементарная сера, которая при соответствующих условиях взаимодействовала с органическим веществом и увеличивала количество органической серы.

Сульфатная сера в украинских углях содержится в небольшом количестве (до 0, 1%), чаще встречается в углях, долго хранящихся на поверхности. Эта форма серы — результат окисления пирита, в угле она в виде тонких примазок из гипса. Элементарная сера — остатки серы, которая не прореагировала с углем, она распределяется в виде тонкодисперсных соединений. В угле ее около 0, 15%.

В балансе сернистости углей существенную роль играют колчеданная и органическая серы и незначи¬тельную — сульфатная и элементарная. В углях невысокой сернистости преобладает сера органическая (около 60% общего ее содержания), в высокосернистых — колчеданная, а доля органической серы уменьшается до 30%. Выраженной закономерности в соотношении между колчеданной и органической серами, как по мощности угольного пласта, так и по его простиранию не наблюдается.

Согласно общепринятой классификации по содержанию общей серы угли подразделяются на низкосернистые (до 1, 5% серы), среднесернистые (1, 5-2, 5%), сернистые (2, 5-4%) и высокосернистые (более 4%). Ценными для коксования являются угли двух первых групп.

На предприятиях Минуглепрома разрабатываются пласты всех категорий, больше всего сернистые (35, 2% их общего количества), 26, 4% пластов относится к низкосернистым, 24% — к среднесернистым и 14, 4% — к высокосернистым. Пять предприятий отрабатывают только низкосернистые пласты: шахты «Кировская», «Октябрьский рудник» ГОАО «Октябрьское», «Бутовка-Донецкая», «Южнодонбасская» № 3 и «Благодатная». Кроме последней, все они добывают коксующиеся угли; всего таких шахт по Минуглепрому 74.

Из 238 шахтопластов с коксующимися углями 113 (или 47, 5%) имеют наиболее ценные сернистостью до 2, 5%. Содержание серы в углях различных марок и в пределах каждой сильно колеблется. В среднем в углях ДГ, Г, К и ОС серы меньше 2.5%, они являются ценными для коксования. Сернистость углей Ж ниже предельной для коксования. Среднее содержание серы в угле каждой марки достигается путем его шихтования в пределах марки. Шихтование (шихтовка) — процесс смешения ископаемого сырья разных сортов или с различным содержанием ценного компонента в целях придания определенных технологических свойств смеси, а также ее вещественному составу для упрощения технологии и повышения показателей обогащения [3]. При шихтовании качественный кокс (равномерный по крупности и малотрещиноватый) получается только из коксовых углей. Для получения высококачественного кокса из углей остальных марок (ДГ, Г, Ж и ОС) необходимо производить шихтовку их не только внутри каждой марки (для усреднения содержания серы), но и смешивая между собой. При этом отощенные спекающиеся угли являются отошаюшим компонентом шихты, снижающим трещиноватость кокса, способствуют увеличению его крупности. При шихтовании углей ДГ, Г, Ж и ОС получается смесь с содержанием серы 2, 2%, что ниже верхнего предела сернистости углей, ценных для коксования. Таким образом, посредством шихтования углей в пределах одной и между различными марками можно получить угли, ценные для коксования.

Если в процессе шихтования происходит только усреднение содержания серы в углях, то его снижение осуществляется на всех этапах производственного цикла "обогащение — коксование — доменная плавка". При переработке угля на обогатительных фабриках достигается значительное снижение серы: до 20% при обогащении на концентрационных столах и до 20-22% на отсадочных машинах. В основном удаляется колчеданная сера, содержащаяся в многосернистых углях, причем максимальный эффект обессеривания дают угли марки Ж.

В углях Украины преобладающее количество пирита представлено зернами размером до 15 мк, поэтому при обогащении физическими методами, используемыми в промышленном масштабе (отсадка, тяжелосредные сепараторы, гидроциклоны, противоточная сепарация и др.), снижение содержания серы в концентратах невелико. Для глубокого обогащения по сере необходимо раскрытие лиритных зерен путем дробления угля до 3 мм и менее. Эффективное обогащение по сере дробленого угля осуществляется только при таких методах обогащения, которые обеспечивают точность поддержания плотности разделения и четкость разделения мелких классов. Таким требованиям отвечают химико-гравитационный и центробежный методы десульфурации, однако они отличаются сложной технологией, большой энергоемкостью и высокой себестоимостью.<>br Кроме того, существуют химический и бактериологический методы обессеривания угля. Химические методы, основанные на действии окислительных и реже восстановительных агентов, приводят к переводу серы в газообразные или растворимые в водных средах продукты. Например, паровоздушная обработка при 200—350 °С углей Донбасса переводит 55% исходного количества серы в SO, с примесью SO}. Под действием водных растворов окислителей (например, азотная кислота) из угля извлекаются практически все неорганические и свыше 70% органических соединений серы. Заметная степень обессеривания угля достигается при бактериологическом выщелачивании хемоавтотрофными микроорганизмами — до 90% пиритной серы [2]. Однако эти методы у нас не применяются ввиду их дороговизны (около 50 дол. на 1 т угля).

Дальнейшее обессеривание угля наблюдается при его коксовании, когда сера переходит в газ. При этом установлена следующая закономерность: если серы содержится до 2, 5, то чем ее больше, тем больше выделяется; при содержании более 2, 5% выделение становится относительно постоянным. При коксовании удаляется 18—20% серы, остальная часть переходит в кокс. Исследования показали, что дальнейшее увеличение сероудаления во время коксования невозможно.<>br Максимальное количество серы (91-92%) уходит со шлаками в процессе доменной плавки, еше 5% — с колосниковой пылью. При этом установлено, что количество серы, переходящее в чугун, в меньшей мере зависит от количества внесенной серы в доменную печь, а обычно — от качества протекания процесса. Сернистость чугуна — в определенных пределах управляемая величина посредством изменения степени ошлакования серы, что достигается изменением основности шлаков. При работе доменной печи на высокосернистом коксе с улучшенными механическими свойствами удельный его расход снижается на 2%, при этом технико-экономические показатели работы доменной печи становятся выше. Улучшенные механические свойства кокса не только компенсируют вредное влияние повышенного содержания серы, но и превалируют над ним при выплавке чугуна. Еще более эффективна внепечная десульфурация чугуна, в процессе которой содержание серы в чугуне уменьшается в 2—3 раза, а затраты по удалению серы ниже, чем в доменных печах шихтования, обогащения угля, коксования и доменной плавки содержание серы может быть доведено до необходимого уровня.

Исследования, проведенные еще в начале 70-х годов, показывают, что высокое содержание серы в углях не является препятствием к применению их для коксования и что требования металлургов по ограничению содержания серы в коксующихся углях неоправданно жестки. Особо актуален этот вопрос в настоящее время, когда металлурги настаивают на ввозе низкосернистых углей из других стран, в чем нет острой потребности, так как в процессе.

Таким образом, при обогащении, коксовании и доменной плавке происходит удовлетворительное обессеривание углей, что позволяет использовать в металлургических процессах сернистые и высокосернистые угли.

**Список литературы**

Справочник по обогащению углей.— М.: Недра, 1984.

Горная энциклопедия.— М.: Советская энциклопедия, 1987.— Т. 3.

Горное дело: Терминологический словарь.— М.: Недра.