

**Е.И. Назимко**, доктор техн. наук  
(ДонНТУ),

**М.А. Ильяшов**, доктор техн. наук  
(ЗАО «Донецксталь»),

## О ТРЕБОВАНИЯХ К КАЧЕСТВУ УГОЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Минерально-ресурсный потенциал Украины является наибольшим в Европе. На территории нашего государства разведано свыше 8 тыс. месторождений 90 видов полезных ископаемых, половина из которых разрабатывается [1]. На Украине имеется около 3,5% мировых запасов угля. Уголь на протяжении всей истории страны всегда был доминирующим энергоресурсом [2, 3]. Более 80% угля идет на производство кокса и электроэнергии, наибольшим потребителем которых является металлургическая отрасль – основной экспортер государства [4]. По данным [5] промышленные запасы коксующегося угля на действующих шахтах составляют около 3 млрд. т.

Потребность доменного производства Украины в коксе постоянно изменяется, но в целом производство металлургического кокса с 2000 по 2006г. увеличилось с 14.3 до 16.5 млн. т [6]. При этом объем поставок отечественных коксующихся углей снизился на 2.7 млн. т (см. рисунок).

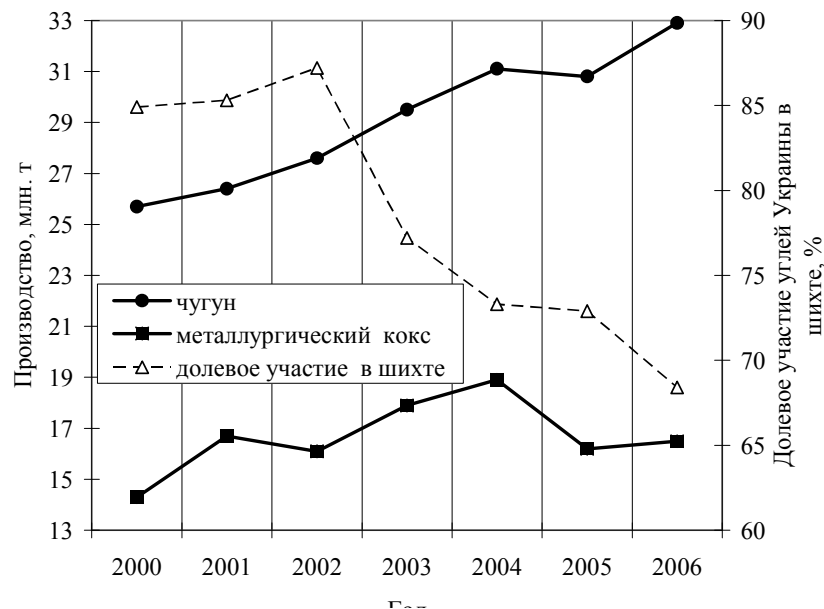


Рис. 1. Колебания производства кокса и долевое участие углей Украины в шихте для коксования

Основными проблемами коксохимических предприятий Украины являются недостаток качественного угольного сырья и импорт кокса [7]. Существующие производственные мощности выше потребностей

металлургов в коксе, однако, в прошлые годы ежегодно около 1.5 млн. т кокса импортировалось из России и Польши. При этом во внешнеторговой деятельности России наблюдается переориентация экспортных потоков кокса из Казахстана в Украину. И эта негативная тенденция продолжает усугубляться: за три месяца с начала 2007 г. в Украину ввезено свыше 7 млн. т кокса. Такая ситуация вызвана не только конъюнктурными соображениями, но и невозможностью получения качественного кокса по показателям реакционной способности CRI и термомеханической прочности CSR. Следует напомнить, что еще десять лет назад отечественный кокс считался одним из лучших в мире.

Показатели CRI и CSR в основном зависят от свойств коксуемых углей и частично от технологии коксования и характеризуют свойства кокса в горячем состоянии. Показатель CSR для австралийского кокса, принятого за эталон, составляет 70%, а для отечественного – колеблется в пределах 18-38% [8]. Реакционная способность кокса CRI зависит в основном от условий коксования, свойств шихты, ее состава и свойств составляющих компонентов, количества и состава минеральных примесей, структуры кокса. Исследованиями установлено, что кокс с более высокой реакционной способностью получается из углей более низкой степени метаморфизма [9].

Специалисты по-разному оценивают значение реакционной способности кокса в доменном процессе, т.к. требования к величине этого параметра зависят от дальнейшего назначения кокса, от объема доменной печи, условий плавки и качества получаемого чугуна. Считается, что реакционная способность кокса должна быть минимальной, чтобы не вызывать в шахте доменной печи развития регенерации углекислого газа и паров воды, т.к. это приводит к увеличению расхода кокса. При высоком значении реакционной способности межпоровые перегородки в кусках кокса быстро ослабляются, приводя к образованию большого количества мелочи в нижней части печи, что является нежелательным.

Проблема соответствия качества концентратов коксующихся марок углей предъявляемым к ним требованиям резко обострилась, что связано с увеличением конкуренции на коксовом рынке и ужесточением требований потребителей к качеству кокса. Основной причиной снижения качества кокса является ухудшение качества угольных концентратов. Например, зольность концентратов повысилась на 1.2%, выход летучих веществ - на 3-4%, влажность – до 10.5%. Технологическая ценность украинских углей определяется высоким значением их спекаемости – 16-18 мм. По оценкам специалистов снижение зольности шихты для коксования до 7.2-7.4% (зольность концентратов составляет в настоящее время 8,2-8,7%) при обеспечении необходимого уровня остальных параметров может способствовать улучшению показателей CRI и CSR на 10-12% относительных. Поэтому при обогащении необходимо поддерживать плотность разделения не более 1500 кг/м<sup>3</sup>, а для труднообогатимых углей и более низкую с обязательным выделением промежуточного продукта.

Для поддержания свойств угольных концентратов, необходимых для получения конкурентоспособного кокса, следует пересмотреть существующие средние нормы по их зольности и устанавливаемые техническими условиями предельные значения этого параметра и ввести более жесткие ограничения. Эти меры будут способствовать выпуску кокса с параметрами, удовлетворяющими современным требованиям рынка. Таким образом, разработка новых стандартов на концентраты углей коксующихся марок является актуальной проблемой, решение которой позволит повысить качество кокса в свете современных требований.

Поставляемые из России угли по сравнению с отечественными имеют более высокую зольность, которая составляет 9%, и более низкую влажность. Качество российских углей постоянно снижается, что вызвано использованием лучших ресурсов на собственные нужды. Ожидается, что в импортных поставках из России будет увеличиваться доля углей, добытых открытым способом, которые имеют высокую петрографическую неоднородность и непостоянство такой важной технологической характеристики как спекаемость [6].

Сокращение добычи коксующихся углей привело к попыткам фальсификации, т.е. к формированию синтетических марок для коксования. При этом смешиваются угли, имеющие выход летучих веществ более и менее, чем, например, у марки К (марки Т и Г). Смешивание может происходить при обогащении нескольких марок угля на одной обогатительной фабрике или при недобросовестной поставке рядового угля. Для исключения этого негативного явления, которое влечет за собой получение низкокачественного кокса, в технических условиях на угольный концентрат для коксования должны быть включены и методы петрографического анализа, т.к. петрографические составляющие угля различаются по коксуемости и механической прочности. Следует отметить, что в действующих технических условиях отсутствует показатель отражения витринита, который является наиболее воспроизводимым.

Анализ договорных условий с поставщиками концентратов показывает наличие трех пределов – среднего, предельного и браковочного – для зольности, влажности, содержания серы и летучих веществ. Поставщики стремятся поддерживать указанные характеристики выше предельных значений и ниже браковочных, что приводит к снижению качества, находящегося между предельным и браковочным. Специалисты отмечают, что в договорных отношениях необходимо исключить использование браковочных значений показателей, т.к. это заведомо ведет к получению кокса низкого качества и к технологическим и экономическим потерям в коксохимической отрасли.

Важным фактором регулирования свойств концентратов углей коксующихся марок является их шихтовка. Укрупненный экономический расчет последствий неправильного формирования сырьевой базы обогатительных фабрик, перерабатывающих такие угли, проведенный



известняка на 2%, кокса – на 2-3% и к снижению производительности доменной печи на 1.5-2%.

Увеличение влажности угля приводит к дополнительным затратам не только на его транспортирование, но и на прогрев шихты при коксовании. На каждый процент влаги на 3% повышается расход коксового газа, увеличивается на 20-30 мин. время коксования, снижается производительность коксовых печей и усиливается износ их огнеупорной кладки, ухудшается качество кокса, уменьшается насыпная плотность шихты, растут потери кокса. Исследования показали, что при превышении влажности более 8% понижается скорость подъема температуры в шихте в интервале 20-300°C и значительно увеличивается в интервале 300-800°C, что отрицательно сказывается на качестве кокса [10]. Влажная шихта хуже спекается.

Повышенная влага шихты влечет за собой рост количества испаряемой влаги при коксовании, которая затем конденсируется из коксового газа. Эта вода переходит в фенольные воды, объем которых в связи с этим также увеличивается, создавая дополнительные экологические проблемы. Специалистами определено, что 2% влаги добавляют порядка 3000 т фенольных вод. Таким образом, повышенная влажность углей оказывает отрицательное влияние не только на качество кокса, но и на режим работы углеподготовительного, коксового цехов и всех транспортных цепочек [11].

Содержание фосфора в коксе не должно превышать 0.015%. При коксовании фосфор, содержащийся в угле, практически полностью переходит в кокс, а затем в металл, т.к. связать его флюсами не удастся. Наличие фосфора в металле придает ему хладноломкость. Донецкие угли являются низкофосфористыми, содержание фосфора в них не превышает 0,02%, угли Кузнецкого и Карагандинского бассейнов России содержат до 0,17-0,9% фосфора, что в 10 раз больше допустимого.

Гранулометрический состав кокса зависит от состава шихты, методов ее подготовки, режима коксования и условий транспортирования кокса. Мелкие куски нежелательны в доменной плавке, т.к. они ухудшают газопроницаемость столба материалов и частично уносятся со шлаками, повышая расход кокса. Специалисты считают, что удаление 1% мелких классов кокса (менее 25 мм) повышает производительность доменной печи на 3%. Большое значение имеет равномерность распределения кокса по классам [9].

Трециноватость кокса связана с его гранулометрическим составом и прочностью, обусловлена составом шихты, ее подготовкой и режимом коксования. Спекаемость и общее поведение углей в процессе коксования зависит от их элементарного состава – содержания углерода, водорода, азота, органической серы, кислорода, хлора и других веществ. Возможность получения качественного кокса характеризуется отношением содержания водорода и кислорода Н/О. Угли, богатые кислородом, плохо спекаются, а богатые водородом – сильно вспучиваются. Содержание

водорода и кислорода прямо пропорционально выходу летучих веществ, а количество углерода – обратно пропорционально этому параметру.

В процессе коксования имеет значение давления расpiration, создаваемое газами, которые выделяются внутри пластического слоя. Это давление должно быть оптимальным – от 0,01 до 0,02 МПа, величина его зависит от вязкости углей в пластическом состоянии и газопроницаемости пластической массы, которые определяются марочным составом шихты. Специалисты отмечают различие этих параметров даже у углей одной и той же марки.

Таким образом, выполненный анализ позволяет подчеркнуть, что основной причиной снижения качества кокса является ухудшение качества угольных концентратов. Отсюда вытекает необходимость поддержания при обогащении плотности разделения не более 1500 кг/м<sup>3</sup>. Для получения конкурентоспособного кокса следует пересмотреть существующие средние нормы по качеству товарных продуктов обогащения и технические условия и ввести более жесткие ограничения.

Для исключения фальсификаций по марочному составу в технические условия на угольный концентрат должны быть включены методы петрографического анализа, в частности показатель отражения витринита.

Для повышения качества получаемого кокса и снижения технологических и экономических потерь в коксохимии в договорных отношениях с поставщиками необходимо опираться на предельные значения показателей качества и исключить использование браковочных.

Важным этапом является подготовка шихты к коксованию, а именно условия хранения углей, степень измельчения, насыпная плотность. Техничко-экономическая оценка должна учитывать не только стоимость передела углей, являющихся компонентами шихты, но и тарифы на перевозки, дефицитность отдельных составляющих, марочный состав, а также конечное качество получаемого кокса и выплавленного металла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Г.І. Рудько.** Стратегія розвитку мінеральних ресурсів України // Качество минерального сырья. Сб. научных трудов международного симпозиума «Качество-2005» – Кривой Рог. – Минерал. – 2005. – С. 29-36.
2. **В.И. Федоров, И.П. Курченко, А.А. Золотко.** Состояние и проблемы развития углеобогащения Украины // Уголь Украины. – 1999. - №8. - С.13-17.
3. **И.П. Курченко, А.А. Золотко.** Проблемы и резервы обогащения углей Украины // Уголь Украины. – 1994. - №11. – С. 2-8.
4. **Дрозник И.Д., Орлов А.В., Черкасов В.В.** Рынок угля и перспективные направления его использования. Харьков. – 2004 – 188 с.
5. **В.С. Тополов.** Концепция развития угольной промышленности Украины // Сб. трудов первой ежегодной конференции «Уголь СНГ-2005» - Алушта. – 2005.
6. **И.Д. Дрозник.** Потребление коксующихся углей Украины. Проблемы и перспективы // Сб. трудов третьей ежегодной конференции «Уголь СНГ-2007» - Алушта. – 2007. – С. 91-95.

7. **А.Г. Старовойт.** Рынок кокса в Украине – новые требования к качеству // Там же. С. 67-70.
8. **И.Д. Дроздник** К вопросу обеспечения металлургического комплекса коксующимися углями необходимого качества // Сб. Збагачення корисних копалин. – 2005. – вип. 23 (64). – С. 8-12.
9. **Саранчук В.И., Ильяшов М.А., Ошовский В.В., Саранчук Е.В.** Углерод: неизвестное об известном. Донецк, УК Центр. – 2006. – 400 с.
10. **Эйдельман Е.Я.** Основы технологии коксования углей. К., Донецк: Вища школа. – 1985. – 192 с.
11. **Диденко В.Е.** Технология приготовления угольных шихт для коксования. Киев, Вища школа. – 1989. – 288 с.