

УДК 622.741

**КАЧЕСТВО УГЛЕЙ – ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР  
КАЧЕСТВА КОКСА И МЕТАЛЛА**

Назимко Е.И., докт. техн. наук., проф.,  
Донецкий национальный технический университет,  
Ильяшов М.А., докт. техн. наук., проф., ЗАО «Донецксталь»

*Приведены параметры угольных концентратов, влияющие на качество выпускаемого кокса*

*The coal concentrates parametrs are present, wich determine cake quality*

***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

На Украине имеется около 3,5% мировых запасов угля, который на протяжении всей истории страны был доминирующим энергоресурсом. Более 80% угля идет на производство кокса и электроэнергии, наибольшим потребителем которых является металлургическая отрасль. Промышленные запасы коксующегося угля на действующих шахтах оцениваются в 3 млрд. т [1]. Имеются некоторые ежегодные колебания в количестве кокса, которое необходимо для доменного производства Украины. Но в целом производство металлургического кокса с 2000 по 2006 г. увеличилось с 14.3 до 16.5 млн. т. При этом объем поставок отечественных коксующихся углей снизился на 2.7 млн. т. Основными проблемами коксохимических предприятий Украины являются недостаток качественного угольного сырья и импорт кокса [2].

***Анализ исследований и публикаций.*** Существующие производственные мощности по выпуску кокса выше потребностей металлургов в коксе, однако, ежегодно около 1.5 млн. т кокса импортируется из России и Польши. И эта негативная тенденция продолжает усугубляться - с начала 2007 г. в Украину ввезено более 7 млн. т кокса. Такая ситуация вызвана не только конъюнктурными соображениями, но и невозможностью получения качественного кокса по реакционной способности CRI и термомеханической прочности CSR. Следует напомнить, что еще десять лет назад отечественный кокс считался одним из лучших в мире.

Импорт углей для коксования вызван тем, что добываемые в Украине угли, среди которых Донецкие имеют доленое участие в коксовой шихте 70-73%, часто не обеспечивают получение кокса с

заданными показателями по указанным параметрам. Часть шихты для коксования, представленная отечественными углями, характеризуется повышенной влажностью – 10.5%, зольностью 8,2-8,7% и высокой сернистостью – 1,8-2%. Выход летучих веществ также завышенный и составляет 31-32%. Технологическая ценность украинских углей определяется высоким значением их спекаемости – 16-18 мм. Показатель CSR для австралийского кокса, принятого за эталон, составляет 70%, а для отечественного – 18-38% [3]. Основной причиной снижения качества кокса является резкое ухудшение качества угольных концентратов, поступающих на коксование.

**Постановка задачи.** В данной работе поставлена задача по определению параметров угольных концентратов, влияющих на режим работы коксовых печей и качество кокса, и направлениям их совершенствования.

**Изложение материала и результаты.** Одним из факторов регулирования свойств угольных концентратов является их шихтовка. Украинский углехимический институт провел укрупненный экономический расчет, который показал, что экономия на концентрате с ухудшенным качеством составляет 39 коп/т, а потери на прокате – от 3.6 до 10.8 грн/т [3].

Качество кокса характеризуется совокупностью его химических, физических, физико-химических и физико-механических свойств [4]. К химическим свойствам относятся зольность, сернистость, выход летучих веществ и влажность. Зольность кокса определяется зольностью угольных концентратов для коксования. Наличие минеральных веществ в коксе снижает теплоту его сгорания и требует дополнительного расхода тепла на ошлакование. Это вызывает повышение расхода кокса и флюсов при доменной плавке, что влечет за собой необходимость снижения рудной загрузки печи, т.е. уменьшение ее производительности. Повышение зольности кокса на 1% приводит к увеличению его расхода на 1.2-2% и к снижению производительности доменной печи на такую же величину [5].

В кокс переходит 45-75% серы угольной шихты. Сера, попадающая в металл при его плавке из кокса, придает металлу красноломкость, снижая его качество. Такой металл плохо сваривается, его ковкость снижается, при прокате получают рванины. В литейном чугуне повышается вязкость, металл неравномерно заполняет формы, уменьшается прочность отливок. Повышение сернистости кокса на 0,1% приводит к увеличению расхода известняка на 2%, кокса – на 2-

3%. При введении дополнительного количества известняка можно добиться снижения содержания серы в металле, но при этом ухудшается газопроницаемость столба материалов в доменной печи, увеличивается унос кокса со шлаками и снижается производительность на 1.5-2%.

Увеличение влажности угля повышает затраты энергии (коксового газа) на прогрев шихты при коксовании. На каждый процент влаги повышается расход тепла на коксование на 3%, время коксования - на 20-30 мин. При этом снижается производительность коксовых печей, усиливается износ огнеупорной кладки, ухудшается качество кокса. При превышении влажности более заданных 8% снижается скорость подъема температуры в шихте в интервале 20-300°C и значительно увеличивается в интервале 300-800°C, что отрицательно сказывается на качестве кокса [5]. Повышенная влажность углей оказывает отрицательное влияние не только на качество кокса, но и на режим работы углеподготовительного, коксового цехов и транспортных цепочек.

Ввозимые из России угли Кузнецкого и Карагандинского бассейнов имеют не только повышенную зольность (порядка 9%), но и содержат до 0,17-0,9% фосфора, что в 10 раз превышает допустимые нормы. Содержание фосфора в коксе не должно превышать 0.015%. Фосфор попадает в кокс из угля практически полностью, а затем в процессе доменного и литейного производства переходит в металл, т.к. связать его флюсами не удастся. Наличие фосфора в металле также снижает его качество, придавая ему хладноломкость. Донецкие угли являются низкофосфористыми, содержание фосфора в них не превышает 0,02%.

К физическим свойствам кокса относятся пористость, плотность, электросопротивление и тепловые характеристики, к физико-химическим – реакционная способность. Плотность и пористость кокса являются взаимосвязанными параметрами – при увеличении пористости кокса его прочность снижается и наоборот. Пористость кокса имеет прямую зависимость от выхода летучих веществ в угольной шихте и от скорости коксования. При высоком выходе летучих веществ повышается усадка полукокса и количество трещин, снижающих прочность кокса. Кроме того, количество трещин в коксе связано с зольностью шихты, т.к. минеральные включения имеют другие теплофизические характеристики, отличные от органической массы угля, и являются центрами образования трещин. От выхода ле-

тучих веществ зависит и валовой выход кокса из угольной шихты. Чем выше выход летучих веществ, тем больше получается при коксовании газа и химических продуктов и тем меньше выход кокса.

К снижению прочности кокса ведет и уменьшение насыпной плотности шихты, которая возникает при увеличении степени ее измельчения. Повышенная степень измельчения угольной шихты в ряде случаев приводит к улучшению качества кокса, т.к. увеличивается однородность шихты, что особенно важно для углей с неоднородностью петрографического состава, снижается ее сегрегация и количество крупных слабоспекающихся компонентов. Но снижение насыпной плотности шихты ведет к уменьшению производительности коксовых печей.

Реакционная способность кокса СRI является суммарным показателем, характеризующим скорость протекания реакций взаимодействия кокса с газами – кислородом и диоксидом углерода. Реакционная способность зависит в основном от условий коксования, свойств шихты, ее состава и свойств составляющих компонентов, количества и состава минеральных примесей, структуры кокса (пористость, истинная и кажущаяся плотность). Исследованиями установлено, что кокс с более высокой реакционной способностью получается из углей более низкой степени метаморфизма. К тому же при увеличении содержания газовых углей в шихте прочность и средняя крупность кусков кокса уменьшаются, а пористость его возрастает. 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.

К физико-механическим свойствам кокса относятся крупность кускового кокса, равномерность распределения классов крупности, трещиноватость, прочность, газопроницаемость.

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 производи-

тельность доменной печи на 3%. Большое значение имеет также соотношение выходов отдельных классов кокса и особенно равномерность распределения его по классам [5].

Трещиноватость кокса связана с его гранулометрическим составом и прочностью, процессами усадки кокса в печи, обусловлена составом шихты, ее подготовкой и режимом коксования. Чем больше в шихте хорошо спекающихся углей с высоким выходом летучих веществ марок Ж и Г, тем более трещиноватым и дробящимся получается кокс. При изменении степени измельченности шихты изменяется ее спекаемость.

Спекаемость и общее поведение углей в процессе коксования зависит от их элементного состава. 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.

Существенное значение имеет также и петрографический состав, т.к. петрографические составляющие угля различаются по коксуемости и механической прочности.

В процессе коксования имеет значение давления распираания, создаваемое газами, которые выделяются внутри пластического слоя. Это давление должно быть оптимальным – от 0,01 до 0,02 МПа. Величина давления распираания зависит от вязкости углей в пластическом состоянии и газопроницаемости пластической массы, которые определяются марочным составом шихты.

Для получения конкурентоспособного кокса, который может удовлетворять сложившимся в настоящее время требованиям рынка, для повышения эффективности использования коксовых печей и другого оборудования коксохимических заводов следует поддерживать свойства угольных концентратов строго в соответствии с предъявляемыми требованиями. Это приводит к необходимости пересмотра существующих средних норм по их зольности и устанавливаемых техническими условиями предельных значений этого параметра, к введению более жестких ограничений.

Нехватка качественных угольных концентратов, извлечение горючей массы из техногенных месторождений привели в ряде случаев к появлению так называемых синтетических марок углей. Для исключения этого негативного явления в технические условия на

угольный концентрат для коксования должны быть включены и методы петрографического анализа, т.к. петрографические составляющие угля различаются по коксуемости и механической прочности. В действующих технических условиях отсутствует показатель отражения витринита, который является наиболее воспроизводимым.

Таким образом, разработка новых стандартов на концентраты углей коксующихся марок является актуальной проблемой, решение которой позволит повысить качество кокса и соответственно выплавляемого металла.

***Выводы и направления дальнейших исследований.*** Выполненный анализ позволяет подчеркнуть необходимость тщательного подбора угольной шихты для коксования с учетом многих свойств ее компонентов, их качества по зольности, влажности, сернистости, выходу летучих веществ и другим параметрам. Важным этапом является подготовка шихты к коксованию, а именно условия хранения углей, степень измельчения, насыпная плотность. Технико-экономическая оценка должна учитывать не только стоимость передела углей, но и тарифы на перевозки, дефицитность отдельных составляющих, марочный состав, а также конечное качество получаемого кокса и выплавленного металла. Для получения конкурентоспособного кокса следует пересмотреть существующие средние нормы по качеству товарных продуктов обогащения и технические условия и ввести более жесткие ограничения.

Список источников.

1. В.С. Тополов. Концепция развития угольной промышленности Украины // Сб. трудов первой ежегодной конференции «Уголь СНГ-2005» - Алушта. – 2005. – С. 45-47.
2. И.Д. Дроздник. Потребление коксующихся углей Украины. Проблемы и перспективы // Сб. трудов третьей ежегодной конференции «Уголь СНГ-2007» - Алушта. – 2007. – С. 91-95.
3. И.Д. Дроздник К вопросу обеспечения металлургического комплекса коксующимися углями необходимого качества // Сб. Збагачення корисних копалин. – 2005. – вип. 23 (64). – С. 8-12.
4. Саранчук В.И., Ильяшов М.А., Ошовский В.В., Саранчук Е.В. Углерод: неизвестное об известном. Донецк, УК Центр. – 2006. – 400 с.
5. Эйдельман Е.Я. Основы технологии коксования углей. К., Вища школа.– 1985.–192 с.

*Дата поступления статьи в редакцию: 05.11.07*