**Применение антрацита как наполнителя углеродной продукции**

В. И. Пирогов, А. Н. Селезнев

Антрацит продолжает оставаться основным технологическим сырьем (наполнителем) при производстве таких важнейших видов углеродной продукции, как подовые и боковые блоки для алюминиевых электролизеров, блоки различной конфигурации для футеровки доменных печей, угольные электроды для электротермических процессов получения кремния, ферросплавов, фосфора и других материалов, электродные массы для рудотермических печей с самообжигающимися электродами и др.

На Новосибирском электродном заводе (ЗАО «НовЭЗ») для производства углеродной продукции применяется антрацит Горловского, Колыванского и Ургунского месторождений Горловского бассейна [1, 2].

Горловский бассейн расположен в Новосибирской области и представляет собой вытянутую примерно на 120 км с юго-запада на северо-восток узкую полосу площадью около 400 км2. Из 11 известных месторождений бассейна разведаны четыре — Горловское, Ур-гунское, Колыванское и Листвянское, эксплуатируются в настоящее время первые три. Балансовые запасы бассейна составляют около 800 млн т, прогнозные ресурсы до глубины 900 м — 6,5—7,0 млрд т.

Ресурсы технологического сырья в Горловском бассейне в настоящее время характеризуются следующим образом.

Листвянское месторождение — шахта «Лист-вянская», в настоящее время не эксплуатируется. Постоянная добыча угля велась с 1931 г. Остаток балансовых запасов антрацитов до глубины 320 м 70 млн т.

Горловское месторождение — разрез «Горловский». Остаток балансовых запасов в границах разреза около 5 млн т.

Колыванское месторождение — площадь месторождения около 30 км2. Суммарная мощность угленосной толщи более 1900 м, балансовые запасы до глубины 306 м 600 млн т.

Ургунское месторождение — разрез (участок) «Ургунский». Остаток запасов до глубины 215м около 30 млн т, вне границ участка дополнительно разведано около 17 млн т антрацита.

В целях снижения влияния минеральных примесей антрацита на качество углеродной продукции антрацит после добычи проходит технологическую операцию обогащения. Обогащение антрацитов Горловского бассейна производится на обогатительной фабрике ЗАО «Сибантрацит» в магнетитовой суспензии с удельным весом 1,8 г/см3. Продукт разделяется по классам (фракционному составу): до 6 мм, 6—13 мм, 13—25 мм и 25—120 мм.

Современные требования к углеродной продукции предусматривают термическую обработку антрацита перед его применением в качестве углеродного наполнителя. Традиционными процессами термообработки антрацитов являются: газокальцинирование во вращающейся печи при температуре до 1350 °С и электрокальцинирование в электрокальцинаторе при температуре около 1800 °С. ЗАО «Новосибирский электродный завод» в настоящее время оснащен оборудованием для газовой кальцинации (вращающиеся прока-лочные печи УВК — 60x3,5) и оборудованием для производства электрокальцинированного термоантрацита (электрокальцинатор ИЭТ-10).

Перспективной задачей для электродных заводов, выпускающих продукцию на основе антрацита, является создание крупнотоннажных промышленных мощностей по производству электрокальцинированного антрацита.

Современная мировая практика идет по пути увеличения степени термообработки применяемых наполнителей для катодных блоков как для существующих электролизеров с токовой нагрузкой до 200 кА, так и в случае их модернизации [3]. При этом четко прослеживаются этапы этой эволюции: ГКА + графит; ЭКА + графит; графит. Получаемые блоки подвергаются заключительной механической обработке после их обжига, не проходя графитацию. Содержание термоантрацита (ГКА или ЭКА) в шихте меняется от 60 до 20%.

Важным при этом является то обстоятельство, что чем выше содержание в шихте графита, тем большую термопрочность имеет блок, выше его стойкость к электролиту, лучшие показатели электролиза можно достичь. Однако эти положительные эффекты, с другой стороны, сопровождаются повышенным абразивным износом подины, что может сократить срок службы электролизера в целом. Поэтому при переходе от ГКА + графит к ЭКА + графит и затем к 100% графиту необходимо учитывать не только достигаемые технические эффекты, но и экономическую целесообразность в целом.

Необходимость совершенствования производства алюминия требует применения мощных электролизеров с токовой нагрузкой 300 кА и выше. В этом случае (например для 300 кА) применяются блоки с содержанием графита до 80% и можно ожидать снижение их срока службы по сравнению с электролизерами на 130—200 кА, срок службы которых может достигать 65—80 месяцев. Однако уже отечественная практика показывает, что производительность электролизера в этом случае повышается в 1,4—1,8 раза, что делает эту модернизацию экономически эффективной.

За рубежом активно ведутся работы по расширению применения в качестве подовых блоков изделий из нефтяного кокса с циклом производства, аналогичным производству графитирован-ных электродов, т.е. с графи-тацией этих блоков. В этом случае срок службы существенно сокращается и, следовательно, производительность этих электролизеров должна быть еще выше. Однако в отечественной практике подобные блоки пока не применяются, и эту ситуацию в данной работе мы не рассматриваем.

Начиная работу, мы поставили задачу разработать способ и технологию производства термоантрацита с более высокой температурой его конечной обработки, чем в случае получения термоантрацитов марок ГКА и ЭКА. Затем, заменяя в различной доле другие наполнители вновь полученным, мы получили возможность совершенствовать технические характеристики таких видов углеродной продукции, как электродная масса, угольные электроды и подовые блоки. Мы учитывали, что выпуск нового наполнителя должен реализовываться в промышленных масштабах, а стоимость его производства не приводить к необходимости увеличения сложившихся цен.

Таким образом, с целью обеспечения производства углеродной продукции на основе антрацита проведены исследования в промышленных условиях и предложены способ и технология получения термоантрацита (марки АПГ) с высокими характеристиками кристаллической структуры.

Термоантрацит АПГ получают в графитировочных печах, используя тепло, выделяющееся в процессе графитации углеродной продукции. Термоантрацит АПГ имеет пониженное удельное электросопротивление, повышенные действительную плотность и адсорбционную способность по сравнению с термоантрацитами марок ГКА и ЭКА. Свойства термоантрацитов, полученных в ЗАО «НовЭЗ» в различных промышленных агрегатах, представлены в табл. 1.

Изменяя количество термоантрацита в составе сырья можно управлять физико-механическими свойствами углеродной продукции. В табл. 2 представлены физико-механические показатели катодных блоков для алюминиевых электролизеров в зависимости от количества термоантрацита ГКА в материале блоков. Из таблицы видно, что с увеличением в материале содержания термоантрацита снижаются истинная и кажущаяся плотность, предел прочности при сжатии и изгибе, теплопроводность и повышаются значения удельного электросопротивления, модуля упругости, относительного удлинения. Установленные зависимости физико-механических показателей материалов от количества и качества термоантрацита в них используются в промышленных условиях для корректирования свойств блоков в соответствии с требованиями потребителей.

В 2004 г. разработаны и освоены технологии изготовления подовых блоков, электродной массы, угольных электродов на основе термоантрацита АПГ взамен термоантрацитов марок ГКА, ЭКА. Новосибирский электродный завод для получения термоантрацита АПГ использует П-образные графитировочные печи с длиной керна 35 м, что позволяет организовать крупнотоннажное производство. Указанные печи были ранее построены и предназначены для выпуска графи-тированных электродов.

В целях стабилизации свойств термоантрацита АПГ проводятся исследования по усовершенствованию конструкции и материалов графитировочных печей. Выбор более эффективных теплоизоляционных материалов и конструкции печи позволит провести в ближайшем будущем модернизацию графитировочных печей с целью снижения градиента температурного поля керна и печи в целом.

Применение термоантрацита АПГ позволяет повысить термопрочность материала, улучшить другие эксплуатационные характеристики углеродной продукции (катодных блоков, угольных электродов, электродной массы) и повысить экономическую эффективность их производства.

**Подовые блоки**

Из приведенных данных следует, что подовые блоки на основе газокальцинированного антрацита (ГКА) соответствуют требованиям, предъявляемым к подовым блокам типа Н-1. Подовые блоки на основе электрокальци-нированного антрацита (ЭКА) и термоантрацита АПГ соответствуют требованиям, предъявляемым к подовым блокам типа Н-2. Исключение из рецептуры подовых блоков термоантрацита ЭКА и замена его на термоантрацит АПГ позволяет получать материал подовых блоков с более однородной структурой, которая характеризуется меньшими значениями времени прохождения ультразвука и параметра неоднородности блоков (табл. 4).

**Электродная масса**

Использование термоантрацита АПГ взамен термоантрацита ГКА экономически целесообразно, поскольку из состава исключается технический графит (табл. 5), для производства которого требуется низкосернистый нефтяной кокс, а технологический цикл его получения исчисляется двумя месяцами.

Исключение из рецептуры технического графита позволяет также снизить расход сырьевых и энергетических ресурсов. Выпуск технического графита на основе нефтяного кокса в электродном производстве сопровождается необходимостью эксплуатации смесильно-прессового оборудования, печей обжига и графитации. Экономическая эффективность применения термоантрацита АПГ вместо термоантрацита ГКА при изготовлении электродной массы составляет около 10 млн рублей за год. Из табл. 6 видно, что электродная масса на основе АПГ существенно превосходит требования потребителей, что гарантирует высокую эффективность ее применения.

**Угольные электроды**

Результаты изготовления угольных электродов диаметром 1205 мм на основе АПГ также дали хорошие результаты при их эксплуатации. В 2004 г. разработана и освоена технология изготовления угольных электродов по рецептуре на основе АПГ (табл. 5).

Использование АПГ в рецептуре угольных электродов позволило повысить теплопроводность электродов до 18 Вт/мхК (табл. 7). Увеличение показателя теплопроводности угольных электродов при эксплуатации у потребителя приводит к повышению термопрочности электродов и снижению удельного расхода электродов на тонну выплавленного кремния.

В ЗАО «Кремний» (г. Щелехов) в 2005 г. проведены промышленные испытания угольных электродов диаметром 1205 мм на основе термоантрацита АПГ. На основании результатов испытаний специалистами ЗАО «Кремний» сделан вывод — угольные электроды диаметром 1205 мм на основе термоантрацита АПГ соответствуют зарубежным угольным электродам.

Таблица 6

Технические характеристики электродной массы на основе термоантрацита марок АПГ и ГКА

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид наполнителя | Прочность на разрыв, МПа | Зола, % Содержание летучих Кт веществ, % | | | УЭС, мкОм-м |
| Требования потребителя | не менее 1,76 | не более 6,0 | 13-16 | 1,8-2,3 | не более 80 |
| АПГ | 2,8 | 2,5 | 14,3 | 2,2 | 61 |
| ПСА | 2,3 | 2,0 | 15,2 | 1,9 | 73 |

В ЗАО «НовЭЗ», наряду с традиционными направлениями применения термоантрацита для изготовления подовых и боковых блоков, электродной массы, угольных электродов, изучается возможность применения термоантрацита в качестве наполнителя для изготовления других видов углеродной продукции.

Выпуск промышленных партий электродной массы, угольных электродов, подовых блоков и результаты исследовательских работ показали, что, обрабатывая антрацит при различных температурах, мы можем получить качественное сырье для производства многих видов углеродной продукции.

**Список литературы**

1. Селезнев А.Н. Углеродистое сырье для электродной промышленности. М.: Профиздат, 2000, 256 с.

2. Угольная база России. Т. П. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и республики Алтай). М.: ООО «Геоинформцентр», 2003, 604 с.

3. Сорлье М., Ойя Х.А. Катоды в алюминиевом электролизере. Пер с англ. П.В. Полякова. Красноярск, изд-во Красноярского гос. ун-та, 1997, 460 с.