

**BULLETIN**  
**ALMANACH SCIENCE**  
**ASSOCIATION FRANCE-KAZAKHSTAN**  
  
**2015**

**Editions**  
**Association France-Kazakhstan**

BULLETIN ALMANACH SCIENCE  
ASSOCIATION FRANCE-KAZAKHSTAN

2015  
VOLUME 3

© Editions Association France-Kazakhstan, 2015

72, Rond Point du Pont de Sèvres  
92100 BOULOGNE FRANCE

Directeur de la publication: Louis-Jérôme Marchandier

E-mail: [afrancekazakhstan@free.fr](mailto:afrancekazakhstan@free.fr)

**ISSN 2273-4120**

**УДК 669.749**

**Гульнара Анатольевна Ульева**

к.т.н., заведующий кафедрой «Химические технологии и экология»

Карагандинский государственный индустриальный университет

Казахстан, 101400, г. Темиртау, ул. 40-ая кольцевая, д.50

E-mail: granatik73@mail.ru

**Елена Петровна Набоко**

к.т.н., старший преподаватель

Карагандинский государственный технический университет

Казахстан, 101400, г. Темиртау, пр. Комсомольский, д.24, кв.4

E-mail: lena\_per@mail.ru

**Елена Михайловна Харченко**

к.т.н., старший преподаватель

Карагандинский государственный индустриальный университет

Казахстан, 101400, г. Темиртау, ул. Тольятти, д. 25, кв.7

E-mail: harchenko271279@mail.ru

Особенности пористого строения являются одной из главных причин различия в физико-химических свойствах углеродистых материалов, а взаимосвязь структуры и реакционной способности – ключевой вопрос. Но вопрос влияния пористой структуры кокса на его реакционную способность достаточно сложен. Актуальной задачей является исследование пористой структуры различных твердых восстановителей, которая определяет сопротивление кокса истирающим воздействиям, его реакционную способность, с целью выявления и выбора оптимального строения, позволяющего данному продукту эффективно работать восстановителем в процессах электротермии.

Ключевые слова: поровая структура, размер пор, реакционная способность, углеродистые восстановители, рексил, карбонизат.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОРОВОЙ СТРУКТУРОЙ СПЕЦКОКСА И ЕГО РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Углеродистый материал, применяемый в качестве твердого восстановителя при выплавке кремния и его сплавов, должен обладать развитой пористой структурой, высокой реакционной способностью и электросопротивлением, достаточной механической прочностью; он различается по характеру, размерам, количеству пор, а также по величине удельной поверхности [1, с. 20]. Поровая структура кокса является важной характеристикой. Все тело кокса пронизано порами разных размеров – от крупных, которые можно увидеть невооруженным глазом, до субмикропор. Поры имеют сложную форму (щелевидную, многоугольную, цилиндрическую, глобулярную, бутылочную и др.) и разделены разнообразными по геометрии межпоровыми стенками [2, с. 12]. То есть характер пористой структуры различных коксов неупорядоченный, хаотический. А кокс, имеющий большое число и меньшие размеры пор, будет иметь большее число контактов и большее удельное сопротивление. Поэтому для улучшения восстановительных свойств коксов, используемых в электротермии, необходимо уменьшение размеров межпорового пространства [3, с. 28].

В данной работе изучена микроструктура различных видов твердых восстановителей (доменного кокса, нефтяного кокса, древесного угля, спецкокса «Сары-Арка», спецкокса «ХМИ», карбонизата, рексила). Доменный кокс, нефтяной кокс, древесный уголь получены по традиционным технологиям, а спецкокс «Сары-Арка», «ХМИ», карбонизат, рексил получены из неспекающегося шубаркольского длиннопламенного угля при разной скорости нагрева.

Поровая структура кокса из неспекающихся длиннопламенных углей зависит от скорости нагрева угольного вещества в интервале температур

его деструкции. Высокоскоростной пиролиз шубаркольского угля обеспечивает развитую поровую структуру спецкокса и его высокую реакционную способность [4, с. 33-35].

Так, в таблице 1 приводятся средние размеры пор, а также значения реакционной способности исследуемых углеродсодержащих восстановителей, полученные по ГОСТ 10089-89 (АО «Арселор Миттал Темиртау»), с целью определения влияния пористой структуры кокса на реакционную способность.

**Таблица 1. Показатели поровой структуры углеродистых восстановителей и их влияние на реакционную способность.**

Тип восстановителя	Средний размер пор, мкм	Средний размер межпоровых стенок, мкм	Реакционная способность, см <sup>3</sup> /(г·сек)
Доменный кокс	170,73	55,31	0,27
Нефтяной кокс	313,51	413,50	0,31
Древесный уголь	15,10	5,00	8,00÷12,00
Спецкокс «Сары-Арка»	9,90 (средний поперечный размер трещин)	-	1,00÷1,50
Спецкокс (технология ХМИ)	21,30	7,26	1,50÷4,00
Карбонизат	18,88	4,22	1,50÷4,00
Рексил (лабораторный)	14,63	4,18	4,00÷8,00

Из таблицы следует, что высокими значениями реакционной способности характеризуются продукты высокоскоростного термоокислительного пиролиза (спецкокс «ХМИ», карбонизат, рексил), обладающие развитой тонкопористой структурой. Повышение реакционной способности кокса связано с возрастанием суммарного объема пор и увеличением удельной поверхности.

Древесный уголь также имеет малый размер пор (15,10 мкм), то есть является высокопористым твердым восстановителем, используемым в электротермии. Но получаемые виды спецкокса из неспекающегося угля марки «Д» по своим технологическим свойствам несколько не уступают древесному углю, поэтому их можно считать эффективным недорогим и качественным восстановителем. К тому же получаемый новый вид

спецкокса – рексил для выплавки кремния полностью исключает использование в составе шихты дефицитного древесного угля, что приводит к сохранению лесных массивов страны.

Интенсивность взаимодействия кокса с газами зависит не только от скорости химических реакций, но и от скорости диффузии газов к поверхности. А знание показателей реакционной способности кокса позволит более целенаправленно формировать необходимые технологические качества углеродистых материалов, используемых в электротермии.

Структурные характеристики подтверждают, что реакционная способность и восстановительная способность коксов зависят как от природы углей, так и условий коксования. Регулируя конечную температуру коксования и продолжительность выдержки при этой температуре, можно в определенной степени влиять на структуру кокса и тем самым на его реакционную способность.

Таким образом, при получении кокса специального назначения необходимо учитывать особенности влияния скорости коксования в различные температурные интервалы нагрева на процесс коксования. Изучение микроструктуры кокса позволяет прогнозировать его реакционную способность, которая характеризуется свойствами и размерами активной поверхности материала [1, с. 22-23].

### **Заключение.**

Имеющиеся технологии коксования, а также разработка и усовершенствование действующих режимов коксования позволяют получать различные виды спецкоксов, физико-химические свойства которых позволяют использовать их в качестве эффективного базового восстановителя в электротермии.

Для обеспечения оптимальных восстановительных свойств восстановителей, используемых в электротермии, необходимо иметь сообщающуюся систему пор, что создает комплекс транспортных артерий,

обеспечивающих доступ окислительного агента вглубь куска углеродистого восстановителя.

Установлена взаимосвязь между структурой специальных видов кокса и его реакционной способностью в зависимости от скорости нагрева угольной загрузки.

### **Литература.**

1. Ким В.А., Ульева Г.А. О микроструктуре спецкоксов, используемых в электротермии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. №2. 2012. с.20-23.
2. Ульева Г.А., Ким В.А. Анализ и обоснование выбора существующих методов определения пористости спецкокса // Кокс и химия. 2012. №5. с.12-17.
3. Ю.А. Нефедов, Ф.Л. Шапиро, И.Б. Соколовский, Г.Н. Макаров, О.Ф. Букварева Оценка структуры восстановителей, полученных в кольцевой печи из слабоспекающихся газовых углей // Кокс и химия, 1987, №7, с. 28÷30.
4. Ким В.А., Ульева Г.А., Кударинов С.Х. / Влияние скорости нагрева (коксования) на структуру спецкокса // Материалы IV Международной конференции «Инновационные идеи и технологии – 2011». 2011. с. 33-35.