

а) наличие эффекта ускорения именно в области окисления однозарядной меди до двухзарядной меди (т.е. в области потенциалов больше +0,3 В).

б) заметной пространственной локализации процесса растворения вблизи границы Cu/Pt.

**Благодарность.** Авторы выражают глубокую благодарность д.х.н., профессору Маслий А.И. и к.х.н., доценту Медведеву А.Ж. за ценные советы при подготовке статьи.

**Список использованной литературы:**

1. Pickering H.W., Wagner C. Electrolytic dissolution of binary alloys containing a noble metal // J. Electrochem. Soc. – 1967.-V. 114, N. 7.-P. 698-706.
2. Маслий А.И., Медведев А.Ж., Зиядуллаев А.Ш., Абдураимов Е.Е. Динамика анодного растворения золотосеребряных сплавов в хлоридных растворах // Прикладная электрохимия. Теория, технология и защитные свойства гальванических покрытий: Межвузовский сборник научных трудов. Казань, 1991. 36-42 б.
3. Бек Р.Ю., Клетеник Ю.Б., Зелинский А.Г., Замятин А.П. Твердый электрод с обновляемой срезом поверхностью // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук.– 1986. - N 17, вып. 6. - С. 8-14.
4. Frankenthal R.P. and Tompson D.E. The Anodic Behavior of Gold in Sulfuric Acid Solutions . Effect of Chloride and Electrode Potential // J. Electrochem. Soc. – 1976. - V. 123, N 6.-P. 799-803.
5. Алтухов В.К., Маршаков И.К., Воронцов Е.С., Емельянов Д.Е. Влияние концентрации хлорид-ионов на кинетику анодного растворения меди // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 1972. - 5, N 11. - С. 1752.
6. Шиврин Г.Н., Годовицкая Т.А., Смирнов И.И. Анодные процессы в хлоридных растворах меди (I) // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1986.- Т. 4, N 4.- С. 25-29.
7. Лазарев В.Б., Красов В.Г., Шаплыгин И.С. Электропроводность окисных систем и пленочных структур. М.: Наука, 1979. С. 49.
8. Devilliers D., Lantelme F. And Chemla M. Surface processes: Effect of ohmic polarization on potentiodynamic V/I curves // J. Electrochem. acta. – 1986.-V. 31, N 10. - P. 1235-1245.
9. Pickering H.W. The surface roughening of a Cu-Au alloy during electrolytic dissolution // J. Electrochem. Soc. – 1968.-V. 115, N. 7.-P. 690-694.
10. Rambert S. and Landolt D. Anodic dissolution of binary single phase alloys. II. Behavior of CuPd, NiPd and AgAu in LiCl // J. Electrochem. acta. – 1986. - V. 31, N 11. - P. 1433-1441.

© Зиядуллаев А.Ш., Суяров З.Х., Ибрагимов С.М., Норгитов Ф.Т., 2021

**УДК: 662.7662.749.33**

**Макаровская Н.С.**

студент 1 курса СФУ,

г. Красноярск, РФ

**Научный руководитель: Кузнецова Л.И.**

канд. хим. наук, СО РАН,

г. Красноярск, РФ

## **ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСТВОРЕНИЕ УГЛЯ. АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ**

### **Аннотация**

Коксование каменных углей является составной частью доменной технологии производства чугуна и стали. Высокими темпами растет электролизное производство алюминия с использованием угольных анодов, причем за последние годы спрос на алюминий опережает производство. Быстро растет выплавка чугуна и стали, где до настоящего времени доминирует традиционная доменная технология, в которой металлургический кокс незаменим, так как выполняет целый ряд важных технологических функций: источника тепла, восстановителя железной руды и ряда других ключевых функций. Направления

совершенствования этой технологии связаны с радикальным снижением расхода кокса из-за его высокой стоимости (на него приходится почти половина всех затрат на производство металла) и значительных выбросов CO<sub>2</sub>. В силу этого опережающее развитие получают более перспективные процессы получения металла без применения кокса, такие, как прямое восстановление железной руды водородом, природным газом, восстановительное плавление, плавка в электродуговых печах и др. Перспективным способом получения заменителей каменноугольной смолы является термическое растворение угля при невысокой температуре. Показатели терморастворения углей сложным образом зависят от многих факторов – условий процесса, состава и свойств углей и растворителей, других факторов.

Целью данной работы является изучение влияния минеральной части углей на состав и свойства получаемых при терморастворении пекоподобных продуктов.

### Ключевые слова

Термическое растворение, растворитель, температура, свойства угля, пек

1 Обоснование метода терморастворения, как наиболее оптимального метода для получения пека.

У всех перечисленных методов есть свои достоинства и недостатки. Получение связующих из нефтяного сырья, обладающего повышенным содержанием серы и пониженной коксующей способностью, приводит к ухудшению механических и физических свойств пека, что сказывается и на качестве получаемых из него изделий.

Методом горячего центрифугирования при соответствующем подборе угольного сырья и технологических условий можно получать пекоподобный продукт с выходом, многократно превышающим выход при коксовании. Однако этот способ применим для переработки дефицитных битуминозных каменных углей с повышенным содержанием пластической массы, являющихся ключевым компонентом при приготовлении шихты для коксования.

Наиболее перспективным методом является термическое растворение угля, который позволяет получать поликонденсированные ароматические углеводородные продукты, которые после соответствующей подготовки могут служить источником получения заменителя каменноугольного пека.

2 Зависимость показателей терморастворения от свойств углей

Свойства угля играют важную роль в удалении минералов из угольной матрицы. Эти минералы присутствуют на поверхности или в ядре угля и / или связаны с молекулой угля. Для понимания их свойств необходимо знать технический, элементный анализ и минеральный состав конкретного угля.

Температура размягчения исходного угля влияет на выход экстрактов обеззоленного угля. Mochida et al. [4] показали, что температура размягчения угля оказывает существенное влияние на выход экстракции. Связь между точкой размягчения угля и выходом извлечения показана на рисунке 1. Если точка размягчения угля ближе к температуре экстракции, скорость извлечения угля становится более высокой, что указывает на то, что точка размягчения угля влияет на скорость растворения угля.

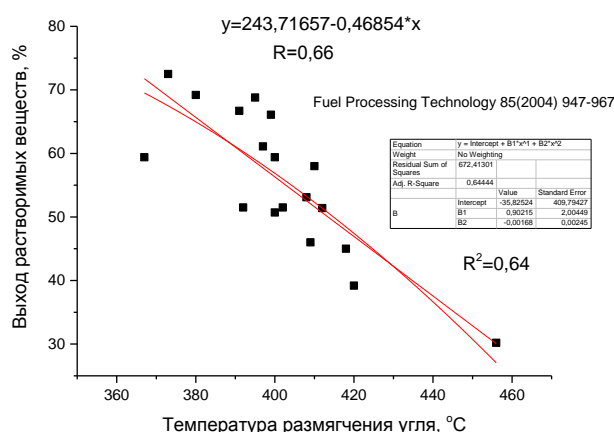


Рисунок 1 – Зависимость выхода растворимых веществ от температуры размягчения угля Okuyama et al.[3].

### 3 Обоснование выбора растворителя

Растворители обладают способностью ослаблять взаимодействия между молекулами, составляющими органическую часть угля. Полярные растворители обладают высокой способностью к ослаблению взаимодействий. Например, диметилфориамид и *n*-метил-2-пирролидион обладают способностью растворять уголь в большей степени и, следовательно, приводят к более высоким выходам экстракции. [1]

Полярные растворители являются одними из лучших растворителей, обладающих способностью растворять полярные (O, N и S, содержащие органические компоненты) в угольной матрице. Renganathan et al. [2] исследовали способность *n*-метилпирролидона уменьшать содержание золы и пиритной серы в угле. Они обнаружили, что содержание золы в различных битуминозных углях может быть уменьшено до 0,1% путем простой экстракции с помощью *n*-метилпирролидона, при 202°C и атмосферном давлении.

Неполярные растворители обладают способностью растворять преимущественно неполярные органические компоненты угля. Исследования Okuyama et al. [3] показали, что использование неполярного двухкольчатого ароматического растворителя для некоторых битуминозных углей может обеспечить выход извлечения почти 70%, однако в случае суббитуминозного угля выход был ниже 60%.

На рисунке 2 приведена зависимость различных растворителей на выход экстрактов процесса терморастворения угля.

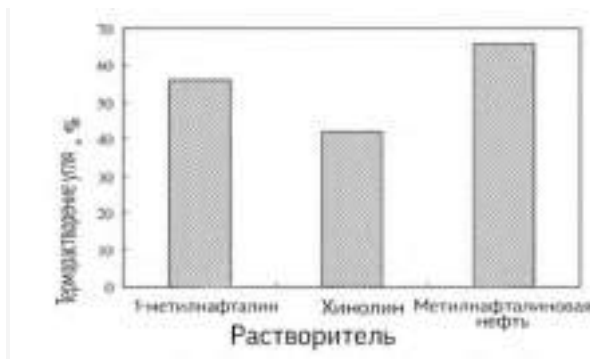


Рисунок 2 – Терморастворение угля в различных растворителях при 360°C [3] (перепечатано с разрешения автора (2013) Elsevier).

Данная диаграмма сравнивает полученные значения терморастворения в неочищенной метилнафталиновой нефти и хинолине со значениями в 1-метилнафтале при 360°C. Значение терморастворения угля 66% в неочищенной метилнафталиновой нефти было выше, чем в 1-метилнафтале, но значение терморастворения угля 42% в хинолине было ниже, чем в 1-метилнафтале. Результаты показывают, что терморастворение угля в полярном растворителе хинолине ниже, чем в неполярном растворителе 1-метилнафтале.

Неочищенная метилнафталиновая нефть дает гораздо более высокий выход экстракции для битуминозных углей, чем 1-метилнафталин или нефть легкого цикла. Высокий выход экстракции в сырой метилнафталиновой нефти был обусловлен сольвентиндуцированной релаксацией угольных агрегатов азотсодержащими соединениями, которые в основном состоят из соединений хинолинового типа, в дополнение к их термоиндуцированной релаксации. [3]

Во многих работах в качестве растворителя для переработки углей используют остаточные нефтяные фракции, что технологически целесообразно с точки зрения, как переработки углей, так и квалифицированной утилизации нефтяных остатков. В крупных технологических установках в качестве растворителя наиболее часто используют высококипящие фракции продуктов самого процесса.

#### Заключение

Свойства угля важны для оценки качества угля и его правильного использования в промышленности. Выход получения углей экстракцией растворителем является одним из наиболее важных аспектов процесса производства обеззоленного угля, который зависит от типа растворителя (полярного, неполярного, смешанного), температуры размягчения угля, температуры экстракции и свойств угля.

**Список использованной литературы:**

1. G.F. Yannolis, Ultra clean coal: an option for greenhouse friendly coal fired power generation, ACPS Meeting Cessnock, NSW 20 August, 2008.
2. K. Renganathan, J.W. Zondlo, E.A. Mintz, P. Kneisl, A.H. Stiller, Preparation of an ultra-low ash coal extract under mild conditions, Fuel Process. Technol. 18 (1988) 273–278.
3. N. Okuyama, N. Komatsu, T. Shigehisa, T. Kaneko, S. Tsuruya, Hyper-coal process to produce the ash-free coal, Fuel Process. Technol. 85 (2004) 947–967.
4. I. Mochida, A. Takarabe, K. Taeshita, Solvolytic liquefaction of coals with a series of solvents, Fuel 58 (1979) 17–23.

© Макаровская Н.С., 2021