

при введении в схему дополнительной колонны при различных вариантах технологического оформления.

За лимитирующие факторы были приняты текущие возможности предприятия по оптимизации работы колонны разделения фенольной смолы и внедрению нового технологического оформления, выявленные в результате проведения опытно промышленного пробега.

В результате совокупного лабораторного исследования физико-химических свойств и углеводородного состава основных потоков узла переработки фенольной смолы, а также проведения компьютерного моделирования узла удалось добиться снижения тяжёлых примесей, таких как ацетофенон и диметилфенилкабинол, в дистилляте с практических 40% до 10% масс., а содержания фенола в смоле фенольной с проектных 4% и практических 14% до 3% масс. При этом нагрузка по питанию была увеличена в более чем в 2 раза по сравнению с проектным решением с 4191,4 кг/ч до 10000 кг/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьева Е.А., Егорова Е.В., Ларин Л.В. Современное состояние и перспективы развития процессов получения фенола i. Обзор рынка и современное состояние процессов получения фенола // «Вестник МИТХТ». 2007. Vol. 2, № 2. Р. 27–43.

2. Закошанский, В.М. Альтернативные технологии получения фенола и ацетона/ В.М. Закошанский // Российский химический журнал – 2008. – Т. LII, №4. – С. 53 – 71.

3. Закошанский В.М. Кумольный процесс получения фенола-ацетона // Нефтехимия. 2007. Vol. 47, № 4. Р. 301–313.

УДК 665.9.061

**Чебыкина А.А., Утенкова Т.Г.,
Габдулхаков Р.Р.**

(Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ «КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ПЕК-ДВУХКОМПОНЕНТНЫЙ РАСТВОРИТЕЛЬ»

Каменноугольный пек представляет собой сложную смесь высокомолекулярных полициклических ароматических соединений, содержащих также гетероатомные компоненты. Для систематизации сложного

химического состава пеков применяют метод группового анализа, основанный на различной растворимости компонентов в органических растворителях. В соответствии с этим подходом выделяют несколько фракций: α_1 -фракцию (QI - нерастворимую в хинолине), α_2 -фракцию (TI - нерастворимую в толуоле), γ -фракцию (HS - растворимую в гептане) и β -фракцию (HI-TS - растворимую в толуоле, но нерастворимую в гептане) [1]. Каменноугольный пек служит не только сырьем для связующих материалов и дорожных покрытий, но и основой для производства ценных углеродных продуктов - игольчатого кокса, углеродных волокон и композитов [2].

Согласно данным научно-технической литературы, именно соотношение указанных фракций в значительной степени определяет качество игольчатых коксов. Наиболее предпочтительным считается следующий диапазон показателей: α_1 -фракция — менее 0,8%; α_2 -фракция — 13–16%; β -фракция — 55–67%; γ -фракция — 20–32% [3, 4].

В настоящем исследовании для регулирования группового углеводородного состава каменноугольного пека с температурой размягчения 56 °С применялся метод сольвентной экстракции. В качестве экстрагента использовался двухкомпонентный растворитель, включающий ароматический и парафиновый компоненты, взятые в различных соотношениях относительно исходного пека.

При выборе растворителя учитывались такие параметры, как растворяющая способность, токсичность, летучесть, относительная стоимость и пожароопасность. В ходе исследования были проведены сравнительные эксперименты с толуолом, декалином, ортоксилолом и хинолином. Установлено, что наибольший выход экстракта достигается при использовании хинолина, который эффективно извлекает широкий спектр органических соединений. Все изученные аналоги хинолина - пиридин, N-метилпирролидон и тетрагидрофуран - обладают сопоставимой растворяющей способностью, однако опасны в той или иной степени, а в некоторых случаях представляют еще большую опасность для производства, чем хинолин. Несмотря на более высокую токсичность по сравнению с углеводородными растворителями, применение хинолина в данной системе технологически оправдано, поскольку обеспечивает необходимую селективность и эффективность экстракции. В качестве растворителя парафинового ряда был выбран керосин — наиболее доступный парафиновый компонент.

Для выявления зависимости группового углеводородного состава каменноугольного пека от соотношения пек : двухкомпонентный растворитель (1:2,5) было подготовлено 6 образцов пека при различном соотношении хинолин : керосин. Основные параметры процесса экстракции:

время экстракции – 120 минут, время отстоя 180 минут, температура экстракции – 130 °С.

По результатам экспериментов составлены материальные балансы и построены диаграммы распределения α -, β - и γ -фракций между экстрактом и остатком в зависимости от соотношения компонентов растворителя (рис.1-3).

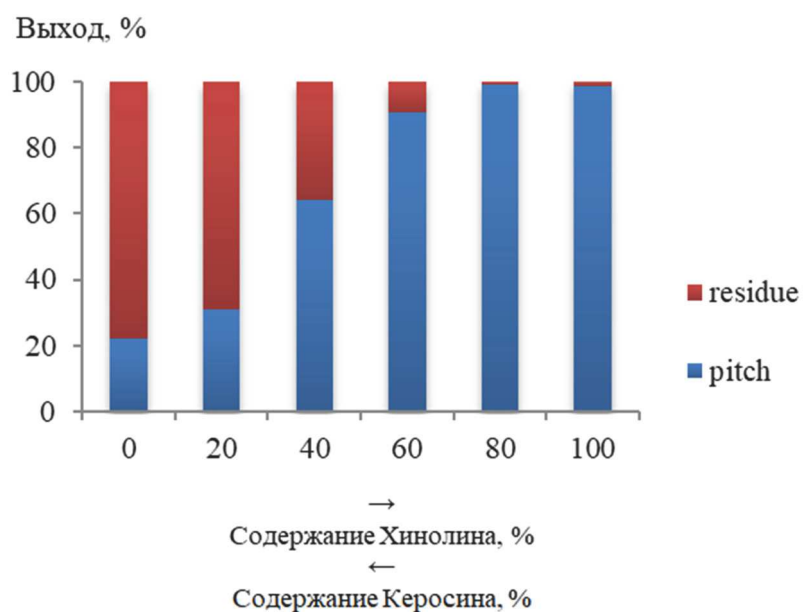


Рисунок 1 – Выход экстракта и остатка в зависимости от соотношения растворителей

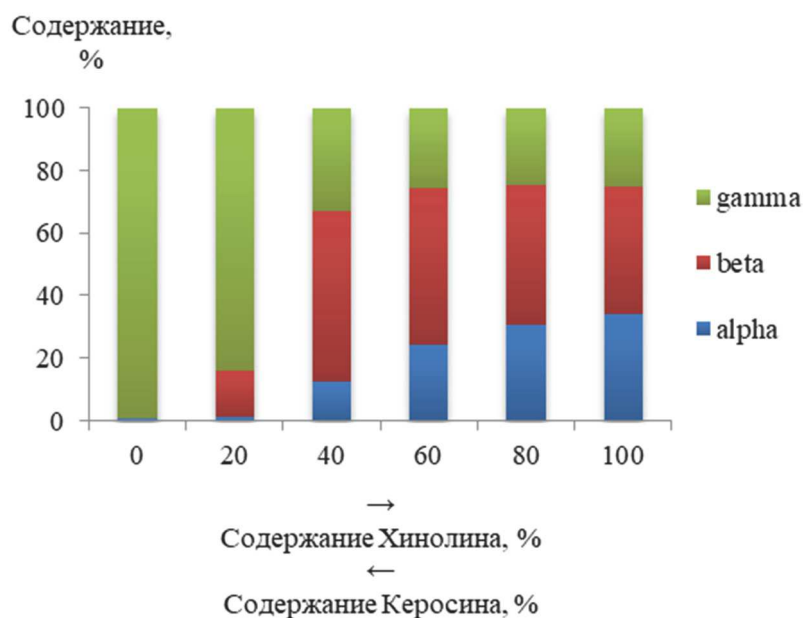


Рисунок 2 – Изменение группового углеводородного состава подготовленного пека в зависимости от соотношения растворителей

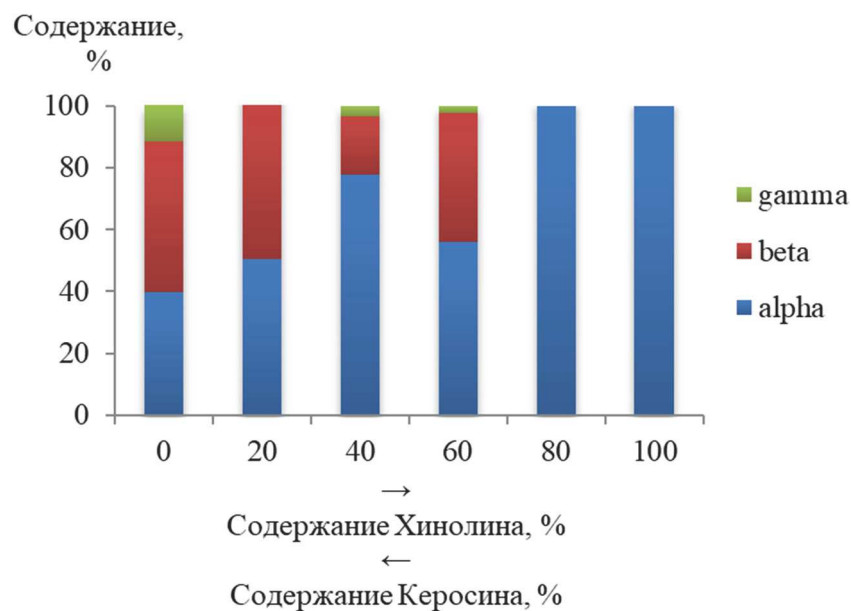


Рисунок 3 – Изменение группового углеводородного состава остатка в зависимости от соотношения растворителей

Максимальный выход экстракта для данных условий процесса экстракции наблюдается при соотношении хинолин : керосин – 80:20. Однако, первоначально при выборе технологических параметров процесса экстракции (соотношение растворителей и исходного пека) следует ориентироваться на групповой углеводородный состав пека экстракта, так как данный параметр является определяющим при получении высококачественных углеродных материалов.

При соотношении хинолин : керосин 40:60 выход экстракта составляет 64 % масс., что меньше, чем при 80:20, но именно при 40:60 формируется оптимальный состав для получения игольчатого кокса: содержание α -фракции менее 12,4 %масс, максимальное содержание β -фракции ~ 55 %масс и γ -фракция, доля которой составляет ~32 %масс.

В остатке после экстракции преобладают карбены и карбоиды (α -фракция), а также β -фракция. При использовании чистого керосина γ -фракция извлекается практически полностью (~ 90 %). При чистом хинолине и при соотношении 80:20 остаток почти полностью состоит из α -фракции.

Несмотря на то, что хинолин действует как растворитель, его использование в чистом виде не позволяет получить требуемый групповой состав из-за низкой селективности: он переводит в экстракт практически все компоненты пека, кроме карбоидов, что приводит к избыточному содержанию α -фракции. Чтобы повысить селективность, в систему вводится керосин — преимущественно парафиновый компонент с небольшой долей ароматической части, который работает не

только как растворитель, но и как разбавитель, снижает вязкость системы «пек–хинолин–керосин» и улучшает условия массопереноса.

Для сокращения времени экстракции необходимо ускорить диффузионные процессы и улучшить растворяющую способность экстрагента путем повышения температуры или увеличения концентрации растворителя в системе. Изменение давления в этом случае не окажет существенного влияния на протекающие процессы массопереноса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang Z, Wang Z, Zhang L, Cui J, Guo S, Ji H, et al. Study on the co-carbonization behavior of high-temperature coal tar pitch and raffinate oil of low-temperature coal tar. // *Fuel*. 2022. Vol. 310.
2. Zhu Y, Zhao C, Xu Y, Hu C, Zhao X. Preparation and Characterization of Coal Pitch-Based Needle Coke (Part I): The Effects of Aromatic Index (fa) in Refined Coal Pitch. // *Energy and Fuels*. 2019. Vol. 33(4), 3456–3464. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00160>.
3. Zhu Y, Hu C, Xu Y, Zhao C, Yin X, Zhao X. Preparation and Characterization of Coal Pitch-Based Needle Coke (Part II): The Effects of β Resin in Refined Coal Pitch. // *Energy and Fuels*. 2020. Vol. 34. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b03406>.
4. Zhu Y, Liu H, Xu Y, Hu C, Zhao C, Cheng J, et al. Preparation and Characterization of Coal-Pitch-Based Needle Coke (Part III): The Effects of Quinoline Insoluble in Coal Tar Pitch. // *Energy and Fuels*. 2020. Vol. 34. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c01049>.

УДК 622.012:331.45

Ивахнюк Г.К., Фокин Д.Р.

(Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет))

СИНЕРГИЗМ ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Введение. Развитие мировой горнодобывающей отрасли характеризуется постоянным усложнением условий, вызванным ростом геомеханических и геодинамических рисков, ужесточением требований к промышленной безопасности, технологическому оснащению и квалификации персонала. Несмотря на это, в мире ежегодно фиксируется более 150 аварий на горнодобывающих объектах. Количество человеческих