

ISSN 2091-5527  
№ 4/2025

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

Результаты полученных данных показывает, что предлагаемые резиновые смеси обладают высокой стойкостью подвулканизации, а вулканизаты характеризуются высокой стойкостью к тепловому старению и пониженным значением показателя накопления остаточной деформации при сжатии что позволяет с успехом использовать их в качестве герметизирующих уплотнителей.

**Выводы.** Технологические исследования и проведенные испытания резиновой смеси, показали, что применение вторичных технологических шлаков медно-молибденового производства позволяет улучшить технологическое смешения резиновых смесей при этом сохранив эксплуатационные свойства вулканизатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзажонова С.Б., Маткаримов С.Т., М.С. Саидова., Н.К. Боходирова. Технологии переработки горнометаллургических отходов. Монография. – Ташкент. 2023. 134 – с.
2. Хакимов К.Ж., Каюмов О.А., Эшонкулов У.Х., Соатов Б.Ш. Техногенные отходы Перспективное сырье для металлургии Узбекистана в оценке отвальных хвостов фильтрации медно-молибденовых руд // Universum: технические науки - Москва, 2020. № 12 (81\_1) С. 54-59.
3. Хакимов К.Ж., Эшонкулов У.Х., Умирзоков А. Complex Processing Of Lead-Containing Technogenic Waste From Mining And Metallurgical Industries In The Urals. The american journal of engineering and technology (tacet) SJIF-5.32 DOI-10.37547/tacet Volume 2 Issue 9, 2020 ISSN 2689-0984 The USA Journals, USA.
4. Хакимов К.Ж., Хасанов А., Каюмов О.А. и др, Изучение химического вещественного состава шлаков медеплавильного производства, кеков, клинкеров и других отходов металлургических производств // Universum: технические науки - Москва, 2021. № 2(83).
5. Коробейников, Г., Ваниев, М., Бочкарёв, Е., Востриков, Д., Смирнова, С. и Новаков, И. 2024. Влияние типа вулканизирующей системы на свойства водонабухающих резин на основе БНКС-28АН.// Журнал «Каучук и резина». 83, 1 (фев. 2024), 20–25.
6. Шишкина, Н., Закирова, Л. и Самуилов, Я. 2020. Использование добавок на основе карбамида в резиновых смесях как агентов полифункционального действия. // Журнал «Каучук и резина». 79, 4 (авг. 2020), 198–202.

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНВЕРСИИ СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА

Турдиев Ш.Ш., Салохиддинов Ф.А.

*Каршинский государственный технический университет*

**Аннотация.** Расчеты показывают, что выход этилена при совместном пиролизе выше, чем при раздельном только при содержаниях этана в смеси более 70 %; разница может достигать 2-3 % (отн.). Однако при любых соотношениях углеводородов в смеси при совместном пиролизе выход пропилена ниже, а метана выше, чем их выход при раздельном пиролизе.

**Ключевые слова:** селективность, производительность печей пиролиза, конверсия, ТВЗ, выход этилена.

**Введение.** В современной газохимической промышленности пиролизные печи занимают ключевое место, являясь основным технологическим узлом для производства олефинов, таких как этилен и пропилен. Эффективность их работы напрямую определяет экономические показатели всего производства, влияя на себестоимость продукции, объём выпуска и энергозатраты. В условиях возрастающих требований к экологической безопасности и ресурсосбережению оптимизация технико-экономических параметров эксплуатации пиролизных печей становится одной из наиболее актуальных задач. Это включает не

только поддержание стабильных технологических режимов, но и минимизацию удельного расхода сырья и топлива, снижение образования отходов и повышение межремонтного пробега оборудования.

Процесс термического пиролиза углеводородного сырья остаётся основным способом получения низших олефинов - этилена и пропилена.

Этилен  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ -бесцветный газ с удушливым сладковатым запахом. Класс опасности - 4 (вещество малоопасное). Концентрационные пределы воспламенения смеси с воздухом-нижний (не менее 3,0 % объёмных), верхний - (не более 32,0%

объемных). Предельно-допустимая концентрация в рабочей зоне-100 мг/м<sup>3</sup>.

К числу основных параметров, в наибольшей степени влияющих на процесс пиролиза, относятся температура, время пребывания сырья в реакторе и парциальное давление взаимодействующих углеводородов. Применяемые в промышленной практике величины этих важнейших параметров устанавливаются в соответствии с известными зависимостями термодинамики и кинетики реакций углеводородов при пиролизе [1].

**Материалы и методы.** В промышленных условиях пиролиз углеводородов осуществляют при температурах 800 - 900 °С и при давлениях, близких к атмосферному (на входе в пирозмеевика ~ 0,3 МПа, на выходе - 0,1 МПа избыточных). Время пребывания сырья в зоне реакции составляет 0,1 - 0,5 сек.

Условно все реакции при пиролизе можно разделить на первичные и вторичные. Первичные реакции протекают с увеличением объёма реакционной массы. Это, в основном, реакции расщепления парафинов и нефтяных углеводородов с образованием углеводородов с меньшей молекулярной массой [2].

Вторичные реакции протекают, преимущественно, на поздних стадиях пиролиза и протекают они с уменьшением объёма реакционной смеси. Это, в основном, реакции образования ароматических, полиядерных ароматических углеводородов в результате реакции конденсации/поликонденсации термически стабильных ароматических углеводородов. Также к вторичным реакциям можно отнести реакции образования различных твёрдых углеродистых соединений, которые в промышленности принято называть коксом. Однако, ещё раз следует подчеркнуть, что такое деление реакций на первичные и вторичные условно [2].

На установках пиролиза производят мономеры – этилен и пропилен, которые используются в качестве сырья для производства полипропилена и полиэтилена. Этилен и пропилен получают путем высокотемпературного пиролиза этана и бензина с получением пирогаза. Целевые этилен, пропилен и побочные продукты (водород, метан, бутилен-бутадиеновая фракция, пропановая фракция, углеводороды C<sub>5</sub>, смола пиролиза) из пирогаза получают методами низкотемпературной, средне- и высокотемпературной ректификации. Это основные продукты, которое служат сырьем для получения пластических масс [3].

Для проведения пиролиза с получением этилена и пропилена необходимо:

- быстрый подвод к сырью большого количества тепла;
- минимальное время контакта;
- быстрое охлаждения продукта для предотвращения побочных реакций;
- исключение большого образования кокса на стенках оборудования.

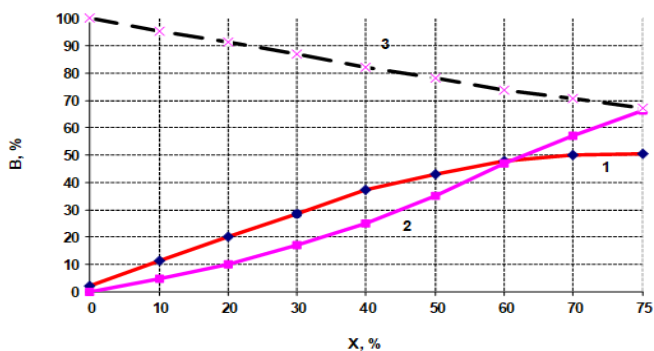
Большое количество действующих установок пиролиза нуждаются в усовершенствовании. Пути повышения эффективности процесса: совершенствование аппаратуры колонны;

- увеличение производительности аппаратов с помощью их модернизации;
- внедрение новых технологических узлов;
- изменение свойств и состава сырья для разгрузки секции разделения продуктов [4].

Для повышения селективности процесса и выходов продуктов при пиролизе время пребывания сырья в реакционной зоне необходимо сокращать, а температуру повышать. По такому пути и развивалось изменение этих параметров на промышленных печах пиролиза. На данный момент время контакта на современных печах составляет порядка 0,2 сек., а температура пиролиза достигает 870-900 °С [5].

Газообразное сырье- этан, пропан, Н-бутан и их смеси - являются наилучшим сырьем с точки зрения получения максимальных выходов этилена и пропилена. Состав продуктов пиролиза этого сырья зависит от глубины конверсии (степени превращения), которая в промышленной практике определяется конкретными условиями производства: необходимостью выработки заданного объема продуктов, загруженностью узла компримирования системы газоразделения, энергетическими затратами и другие. Ниже рассмотрено изменение некоторых показателей при пиролизе этана, так как на практике степень его превращения колеблется в широких пределах.

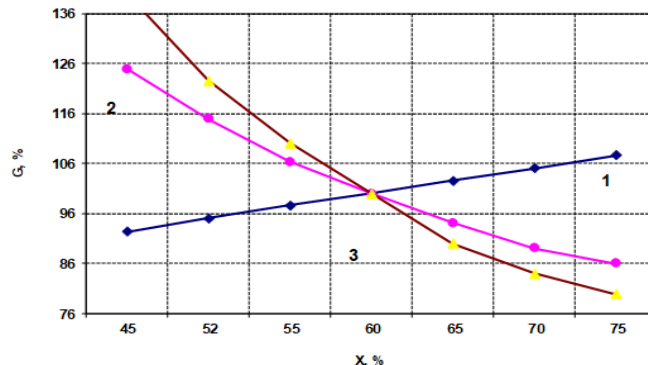
На рис.1 показаны зависимости выходов этилена и метано-водородной фракции, а также селективности по этилену (отношение выхода этилена к степени превращения этана) от степени превращения этана для печей одного типа. В промышленности степень превращения этана колеблется от 0,53 до 0,73. С ее увеличением селективность падает, так как выход побочных продуктов растет быстрее, чем выход этилена.



**Рисунок 1.** Зависимость выхода В этилена (1) и метановодородной фракции (2) от степени конверсии этана X, пунктирная линия (3) селективность по этилену

Следовательно, требуется больше сырья для получения заданного количества этилена. С уменьшением степени превращения возрастает доля возвращаемого на пиролиз этана, требуется большее число печей, увеличивается нагрузка на компрессор и систему газоразделения. На рис.2 показано изменение расхода сырья, нагрузки на компрессор и печи пиролиза в зависимости от степени превращения. За базовый был взят режим при 60 %-м конверсии этана за проход.

Как видно из рисунка, с уменьшением конверсии до 50% расход сырья сокращается на 4,7%, а нагрузка на компримирование возрастает на 14% относительно базового режима. Необходимое количество печей или их производительность при этом возрастает на 20%.



**Рисунок 2.** Зависимость относительного расхода сырья (1), нагрузки на компрессор (2) и на пиролизные печи (3) от степени превращения этана X, %

В табл. 1 приведено влияние конверсии на выработку этилена и др. продуктов при крекинге этана.

Таблица 1.

№	Показатели	Тип	Тип	Примечание
1	Конверсия сырья	60	65	Изменение конверсии оказывает первостепенное влияние на выработку
2	Змеевик	SRT V	SRT V	
3	Давление на выходе змеевика, кгс/см <sup>2</sup>	2.0	2.0	
4	Соотношения. Пар/сырье	0.3	0.3	
5	Температура на выходе змеевика (ТВЗ), °C	836	846	
6	Время задержки в зоны реакции, сек	0.2	0.2	
7	CH <sub>4</sub>	3.65	4.55	
8	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	49.2	52.0	
9	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.85	1.0	
10	C <sub>6</sub> -204 °C	0.80	1.25	
11	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> / CH <sub>4</sub>	0.233	0.22	
12	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.017	0.019	

**Результаты.** Резко отличный состав продуктов получается при пиролизе этана в печах Millisecond. Здесь при времени пребывания в змеевике <0.1 с и температура ТВЗ 830-850 °C, а также за счет низкой конверсии этана образуется мало метана, пропилена и жидких продуктов пиролиза, что обеспечивает высокую селективность процесса.

При увеличении температуры термического распада до 850°C и уменьшении времени реакции до 0,4 с. и ниже, температура дымовых газов на выходе из камеры сгорания превышает 1050 °C. Дымовой газ имеет так много жару, что пользование зоны конвекции оказывается недействительной. Для устранения жары дымового газа, секция перегрева пара дополнена к зоне конвекции. Повышение теплового КПД пиролизной печи обусловлено главным образом снижением температуры дымового газа перед

его выбросом в атмосферу. КПД печи может достигать 93 -94% при температуре 100–120 °C. При данной температуре нет нужного разрежения дымовой трубы за счет естественной тяги, конвективной секция становится больше в размерах только за счет добавочных зон. В данном обстоятельстве используют дымососы. Они образуют нужное для нормального горения топлива, и позволяют уменьшить

В последние годы в мировом производстве этилена наблюдается тенденция использовать в качестве сырья сжиженные углеводородные газы [3]. При этом возникают проблемы совместного пиролиза различных углеводородов – сырья и потоков рецикла. Мнения исследователей расходятся. Так, Г. Фромент с сотр. [2, 3] считает, что выход этилена при совместном пиролизе этана и пропана, этана и

### 3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Собиров Ж.С., Самандаров Х.О., Ибадуллаев А., Тешабаева Э.У. Эластомерная композиция со специфическими свойствами .....	67
Негматов С.С., Намозов С.С., Саидкулов С.А., Негматова К.С., Абед Н.С., Султанов С.У., Жовлиев Ш.Х., Шодиев Х.Р., Дусмурадов Э.Б. Исследование и разработка эффективных составов антикоррозионных композиционных ингибирующих материалов и покрытий на их основе .....	71
Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Каримов К.А., Мардонакулов Ш.У. Состав флюса для восстановления алюминия из его оксидов .....	75
Adinayev X.A. Shaffof-rangsiz shisha namunalari sintezi va ularning fizik-kimyoviy xossalari .....	76
Yakubov M.M., Sunnatov J.B., Maqsudxo‘jayeva M.S. Mineral va texnogen xom ashyolardan nodir metallar eritish usuli bilan ajratib olishni tadqiq etish .....	79
Yusupov Sh.F., Yusupov S.K., Kadirov H.E., Temirov G.B., Yusupov D.B. Rheological characterization of sulfanol-based surfactant systems .....	81
Сайназарова М.М. Совершенствование рецептурно-технологических решений эластомерных композиций .....	83

### 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Мардонакулов Ш.У., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н., Махмудов Ф.М., Носирхужаев И.А. Тураходжаев Н.Д. Обеспечение ресурсосбережения при плавке алюминиевых сплавов .....	86
Yodgorov B.O., Komilov Q.O‘., Kurbanova A.Dj., Muxamedov G‘.I. Filtrlanishiga qarshi ekran sifatida karbamido-formaldegid oligomeri asosidagi interpolimer komplekslardan foydalanish .....	87
Ho‘jiyev Sh.T., Xolikulov D.B., Xaydaraliyev X.R., Javliyev S.S., Movlanov A.S. Sfaleritni marganes dioksidi bilan oksidlovchi tanlab eritishning termodinamik imkoniyatlarini baholash .....	90
Азимова Ш.А. Перспективы вторичной переработки органических компонентов отходов щелочной очистки пирогаза .....	93
Панжиев А.Х., Холлиева Ш.О., Шодмонов Б. Шўртаннефтгаз МЧЖ чиқинди экспанзер газлари асосида кальций цианамид олиш кинетикаси .....	96
Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Karimov K.A., Mardonakulov Sh.U., Turakhujaeva A.N. The role of alloying elements in improving the mechanical properties of aluminum-magnesium alloys: an overview and an ecological analysis .....	99
Сайназарова М.М., Содикова М.Р., Абдумавлянова М.К. Использование вторичных технологических шлаков медно-молибденового производства в качестве ингредиента резиновых смесей .....	101
Турдиев Ш.Ш., Салохиддинов Ф.А. Анализ показателей конверсии сырья в процессе пиролиза .....	103
Каршиев М., Файзиев М.М. Исследование влияния вида обработки поверхности деталей почво-обрабатывающих машин на адгезионную прочность напыляемого покрытия .....	106

### 5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов

Qayumjonov O.R., Yusupov M.O., Sherquziyev D.Sh. Tarkibida nikel, azot va NPK saqlagan ftalosiyanin pigmentining olinishi va infraqizil spektirini tadqiq qilish .....	108
Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Каримов К.А., Мардонакулов Ш.У., Тураходжаев Н.Д. Метод применения композиционного модификатора для плавки алюминиевых и магниевых сплавов .....	110
Turobov Sh.N., Boymurodov N.A., Xo‘jakulov A.M. Tarkibida volfram bo‘lgan texnogen chiqindilarni granulometrik tarkibini aniqlash bo‘yicha eksperimental tahlili .....	112
Турсунов А.С., Турдалиев У.М., Оразимбетова Г.Ж. Исследование структура глауконита по методом электронно-микроскопического анализа .....	117
Ermatov R.K., Doliyev G‘.A., Mamajanov S.B. Methods for obtaining electrode coatings from local raw materials .....	120