На правах рукописи

УДК 624.071:678067

АЛШИКХ ВАХИД

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ТРУБ ИЗ УГЛЕРОД - УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, РАБОТАЮЩИХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ
Диссертации на соискание ученой степени
Кандидата технических наук

Москва – 2000 г.

Вахид

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: Академик Российской Академии Космонавтики Доктор технических наук, профессор Сгибнев А. В.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ: Доктор технических наук Татарников Олег Вениаминович

Кандидата технических наук Радишевский Мечислав Болеславович

ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ЦНИИСМ Специального машиностроения

Защита диссертации состоится "24" 05 2000 г."

[illegible] диссертационного Совета К 053. 15. 09. в Московском [illegible]те имени Н. Э. Баумана. По [illegible] д.5.

[illegible]иблиотеке МГТУ им. Баумана.

[illegible]экземпляре, заверенные печатью,

[illegible] 2000 г"

156600

Сгибнев А. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

Актуальность работы: Одним из путей совершенствования трубопроводных конструкций, применяемых в химически агрессивных средах является повышение герметичности, увеличение химической стойкости и увеличение срока службы.

Ключевым моментом решения этих проблем является создание новых композиционных материалов, которые оптимальным образом сочетали бы в себе низкую газопроницаемость и высокую химическую стойкость к воздействию агрессивных сред (кислот), обеспечивающих работоспособность конструкции при воздействии 90%-ной кислоты, а также обеспечивающих высокие механические свойства, стабильность свойств композитов при минимальных производственных затратах.

На сегодняшний день в мире композиционных материалов для трубопроводов, работающих в химически агрессивных средах, первую очередь относятся углерод - углеродные композиционные материалы. Однако потенциальные возможности этих материалов еще далеко не исчерпаны в особенности это касается химической стойкости и прочности армирующего наполнителя. Эти материалы могут обладать широким спектром химическо - механических характеристик. Рациональный выбор сочетаний этих свойств открывает возможность не только качественного улучшения герметичности и химической стойкости, но и создает предпосылки для развития новых направлений в технике.

По этим причинам задача повышение герметичности углерод -углеродных композиционных материалов и их технических модификаций, адаптированных к конструкциями и условиям их эксплуатации, является актуальной научно - технической проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение для Сирии, России и других стран. Решенные, этой проблемы позволит существенно расширить эксплуатационные характеристики и срок службы (свыше 20 лет) трубопроводов из УУКМ, диапазон их работоспособности, эффективность и надежность.

1566001

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана



1566001

Алшикх Вахид Технологическ

МГТУ
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Основные цели и задачи работы:

Основной целью диссертационной работы являются решение комплексной проблемы повышения герметичности трубчатых конструкций из углерод - углеродных композиционных материалов (УУКМ) и разработка технологических процессов изготовления трубопроводов, работающих в химически агрессивных средах.

Задачами работы являются:

1) Разработка технологических процессов изготовления и термообработки трубчатых конструкций из углерод - углеродных композиционных материалов, обеспечивающих оптимальное повышение герметичности без ухудшения механических свойств материала.

2) Проведение расчетно-теоретических и экспериментальных исследований с целью выработки инженерно - технологических решений технологического процесса создания конструкций из УУКМ.

3) Разработка технологического процесса насыщение наружного слоя поверхности трубы и выбор состава пропитывающего пороуплотняющего раствора, повышающего герметичность.

4) Формирования базы данных по свойствами УУКМ с учетом пористости матриц.

Научная новизна:

* Развитие и обоснование рациональных параметров технологических процессов изготовления трубчатых конструкций из УУКМ, которых обеспечивающих оптимальное повышение герметичности без изменения механических свойств материала.

*. Проведение расчетно - теоретических и экспериментальных работ с целью выработки инженерно - технических решений технологического процесса создания конструкций труб из УУКМ и формирования базы данных свойств УУКМ с учетом пористости.

*. Соотношение механических характеристик, структуры, газопроницаемости, химической стойкости материалов и технология процесс изготовления (пористости).

• Обеспечение повышения герметичности методом нанесения непроницаемого покрытия (ПВС+сажа).

Все эти, являются научной новизной исследования.

Практическая ценность работы: В диссертации разработаны: различные технологические процессы изготовления труб из УУКМ, методика определения механических свойств образцов труб из УУКМ при растяжение и внутреннем давлении, методика определения аморфолоческих структур материалов УУКМ электронным микроскопом и методика практического определения газопроницаемости материалов. Кроме того, в диссертации разработана методика нанесения непроницаемого углеродного покрытия на трубы 2D-УУКМ позволяющая повысить герметичность без нарушения механических свойств конструкции труб.

Апробация работы: По результатам диссертации опубликовано 4 печатных работы (Фундаментальные исследования новых технологий.-Липецк, 1998 г.) (Вопросы оборонной техники, 2000 г.). Основные результаты работы докладывались на кафедре СМ12 и предприятиях (S.S.R.C.) в Сирии.

Структура и объем диссертации: Диссертационная работы изложена на 153 страницах машинописного текста, включая введение, четыре главы и основные выводы. Работа иллюстрирована 76 рисунками, содержит 19 таблицы и список литературы из 31 наименования.

Содержание работы

Во введение: показана актуальность решение проблемы обоснованного выбора технологических параметров процесса изготовления УУКМ

Первая глава: Носит обзорный характер: УУКМ и их особенности, рассмотрены варианты технологии получения УУКМ. Особенности физико - механических свойств и возможности управления ими, основные подходы к моделированию композиционных материалов, уплотнение много направленных структур, типы пространственно армированных УУКМ.

Проведен анализ современного уровня теоретических разработок по особенностям конструкций из УУКМ и технологий их получения. Отмечено, что

остро в теории УУКМ формообразования стоит вопрос о получении конструкции трубопроводов повышенной герметичностью.

Отмечено, что изготовление трубопроводов повышенной герметичности, может быть осуществлено выбором параметров и комбинированием методов пропитки и создание матриц, имеющих минимальное содержание пористости.

Математическая модель проектирования труб

Метод осреднения жестокостей в механике пространственно армированных композитов. Будем считать, что пористая матрица образовалась в результате внесения микроскопических пор произвольной формы в первоначально сплошной изотропный однородный материал, упругие свойства которого известны (К - объемный модуль, μ - модуль сдвига). Если считать, что поры в композите расположены случайным образом, а их распределение статистически однородно, то пористая углеродная матрица будет представлять собой макро изотропный материал, но уже с другими свойствами (К* - эффективный объемный модуль, μ* - эффективный модуль сдвига). Решение задачи об определении эффективных упругих свойств пористой матрицы проводилось в сингулярном приближении теории случайных функций.

Рассмотрим цилиндрическую внутреннего трубу радиуса R_1, образованную симметричной намоткой двух жгутов ткани, направленных под углом +- φ, к образующей. Труба нагружена внутренним давлением P_o.

$$N_1 = \sum_{i=1}^{k} h_i \delta_i \cdot \cos^2\beta_i = \frac{P \cdot R}{2}, N_2 = \sum_{i=1}^{k} h_i \delta_i \cdot \sin^2\beta_i = P \cdot R, \quad (1)$$

$$\delta_{вк} \sum_{i=1}^{k} h_i \cdot (\sin^2 \cdot \beta_i + \cos^2 \cdot \beta_i) = \frac{3P \cdot R}{2}, h_1 = h_{oc} = \frac{PR}{2 \cdot \delta_{вк}}, h_2 = h_{ок} = \frac{PR}{\delta_{вк}}, \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \tau 12 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} g^0_{11} & g^0_{12} & 0 \\ g^0_{12} & g^0_{22} & 0 \\ 0 & 0 & g^0_{66} \end{bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma 12 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ 0 \end{Bmatrix} \bullet \Delta T, \quad (3)$$

где $g^0_{11} = \frac{E_1}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}, g^0_{12} = \frac{\nu_{12} E_1}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})} = g^0_{21}, g^0_{22} = \frac{E_2}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}, g^0_{66} = G_{32}$

$$\beta_1 = \frac{(\alpha_1 + \nu_{21} \cdot \alpha_2) \cdot E_1}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}, \beta_2 = \frac{(\alpha_2 + \nu_{12} \cdot \alpha_1) \cdot E_2}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}, \quad (4)$$

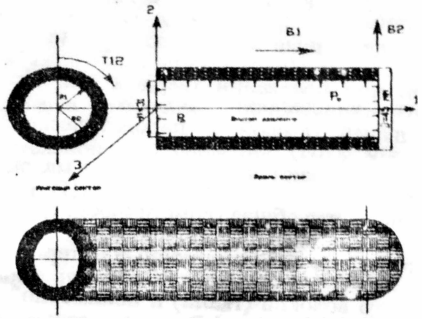


Рис. 1. Проектирование трубы из УУКМ под действием внутреннего давления P_0

Напряжение в окружном направления: $\sigma_2 = \sigma_{экв} = \frac{\varepsilon_2(\nu_{21} \cdot E_1 + E_2) - E_2(\alpha_2 + \nu_{12} \cdot \alpha_1) \cdot \Delta T}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}$,

$$h_2 = \frac{PR \cdot (1 - \nu_{12}\nu_{21})}{\varepsilon_2(\nu_{21} \cdot E_1 + E_2) - E_2(\alpha_2 + \nu_{12} \cdot \alpha_1) \cdot \Delta T}, \quad (5)$$

Напряжение в осевом направления: $\sigma_1 = \sigma_{экв} = \frac{\varepsilon_1(\nu_{12} \cdot E_1 + E_1) - E_1(\alpha_1 + \nu_{21} \cdot \alpha_2) \cdot \Delta T}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}$

$$h_1 = \frac{PR \cdot (1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})}{2 \cdot \varepsilon_1 \cdot (\nu_{12}E_1 + E_2) - E_1(\alpha_1 + \nu_{21}\alpha_2) \cdot \Delta T}, \quad (6)$$

Физическая модель термически обработки УУКМ: Углерод - углеродный композиционный материал при нормальных температурах состоит, как правило, из двух фаз: армирующего волокна (ткань) и полимерной фазы (матрицы), между которыми часто происходят только механические взаимодействия. Геометрическая форма фаз при нормальных температурах может существенно изменятся только при наличии больших деформаций. При термической обработке в полимерной матрице происходит процесс пиролиза, и в ней появляются две новые фаза: пиролитическая фаза, представляющая собой продукты терморазложения полимера, как правило, кокса и газовая фаза, представляющая собой газообразные продукты терморазложения полимера, заполняющая поры материала.

Реальный процесс структурообразования в УУКМ при термодеструкции очень сложен, и точная физическая суть его еще не вполне поддается описанию. При повышении температуры вначале возникают зародыши новых твердых и газовых фаз, которые имеют определенные критические размеры, подобно образованию критических зародышей при плавлении твердых тел. При дальнейшем нагреве происходит рост зародышей газовой и пиролитической фаз. При повторной пропитке под давлением уменьшаются размеры пор, а маленькие поры закрываются полностью, при этом повышается общая герметичность трубчатых образцов.

Во второй главе: Известно, что композиционные материалы состоят, как правило, из двух физ.: армирующего волокна (ткани) и полимерной матрицы, соединенных между собой механическими и химическими связями.

Проведен анализ особенностей технологий изготовления труб из УУКМ и основных материалов, используемых при изготовлении конструкции труб. Рассмотрены различные этапы термообработки: процессы отверждения, предварительная карбонизация, пропитки заготовки каменноугольным пеком, карбонизацию и насыщения заготовки пироуглеродом.

Получены шесть групп технологических процессов изготовления труб из УУКМ, отличающихся режимами термообработки, направленными на уменьшение содержания пористости в материале и, следовательно повышения герметичности.

Рациональные параметры технологического процесса изготовление изделия из УУКМ: ***Изготовления препрега, раскрой препрега и намотка раскроенного препрега на металлическую оправку***

В данной часть анализируются результаты исследований физических, структурных и механических характеристик шести групп трубчатых образцов, изготовленных по различным технологическим процессам из УУКМ на основе армирующей ткани Урал ТМ-4 и бакелитовой смолы марки ЛБС-20.

Технологический процесс изготовления трубчатых образцов состоял из намотки трубчатых образцов заданной толщины пропитанной тканью (препрегом) на металлическую оправку с последующим отверждением по заданному режиму. Полученные углепластиковые (УП) образцы были разделены на шесть групп. В

дальнейшем каждая группа образцов подвергалась термообработке по разным технологическим режимам.

Первая группа содержала только углепластиковые трубочки, прошедшие термообработку в соответствии с диаграммой, показанной на рис. 1.Условное обозначение группы - (УП).

Вторая группа включала образцы, прошедшие стадию полимеризации углепластика, предварительной карбонизации (ПК), стадию карбонизации (К), пропитку под давлением (П). Условное обозначение группы - (УП+ПК+К+П). Режим предварительной карбонизации показан на рис. 2.

Третья группа образцов прошла стадии отверждения (УП), предварительной карбонизации (ПК), карбонизации (К), и две стадии пропитки под давлением (П). Условное обозначение группы - (УП+ПК+К+П+П). Режим карбонизации показан на рис.3.

Четвёртая группа трубчатых образцов прошла стадию отверждения (УП), стадию предварительной карбонизации (ПК), две стадии карбонизации (К), и две стадии пропитки под давлением (П). Условное обозначение группы - (УП+ПК+К+П+П+К). Режим пропитки под давлением представлен на рис. 4.

Пятая группа образцов проходила последовательно стадии отверждения (УП), предварительной карбонизации (ПК), карбонизации (К), пропитки под давлением (П), повторной пропитки под давлением (П), предварительной карбонизации (ПК), и карбонизации (К). Условное обозначение образцов пятой группы - (УП+ПК+К+П+П+ПК+К).

Шестая группа образцов на первой стадии отверждалась (УП), затем проходила стадии предварительной карбонизации, карбонизации (К), пропитки под давлением (П), а на последнем этапе трубчатые образцы насыщались пироуглеродом из газовой фазы (ГОП) в соответствии с режимом, показанным на рис.5. Условное обозначение этой группы образцов (УП+ПК+К+П+ГОП).

Для всех образцов определялась масса, плотность и структурные основные параметры, характеризующие их пористость. Изображения структуры были получены на растровом электронном микроскопе, а количественная обработка

изображений выполнена в Лаборатории тонких физических методов исследования структуры материалов (Россия). Результаты измерений приведены в таблице 1.

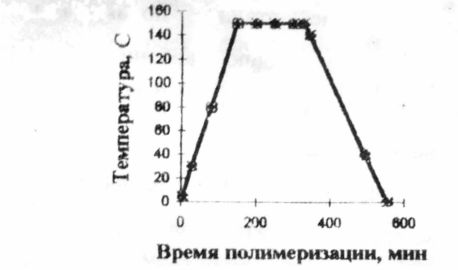


Рис.1. Диаграмма режима полимеризации углепластиковых трубчатых образцов



Рис.3. Диаграмма режима карбонизации углепластиковых трубчатых образцов



Рис.2. Диаграмма режима предварительной карбонизации трубчатых образцов



Рис.4. Диаграмма режима пропитки трубчатых образцов пеком под давлением

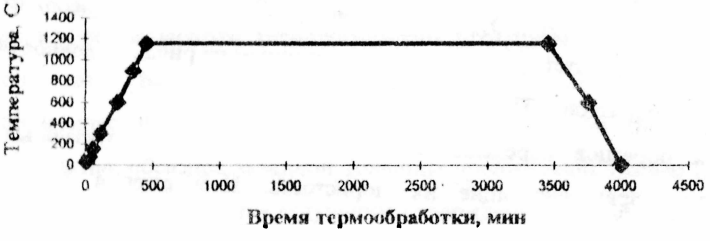


Рис. 5. Диаграмма режима насыщения образцов пироуглеродом

Таблица 1.

Результаты измерения пористости образцов по группам

Группы №	Условное обозначение групп образцов	Масса образца, г	Плотность образца, кг/м^3	Закрытые поры, %	Открытые поры, %	Суммарная пористость, %
1	УП	17.385	1120	6,2	11,2	17,4
2	УП+ПК+К+П	22.433	1030	8,1	9,6	17,7
3	УП+ПК+К+П+П	23.866	1060	11,1	7,4	18,5
4	УП+ПК+К+П+П+К	29.533	1103	13,0	12,7	25,7
5	УП+ПК+К+П+П+ПК+К	22.566	1117	10,8	7,2	18,0
6	УП+ПК+К+П+ГОП	45.31	1473	3,7	3,4	7,1

Технологической процесс нанесения непроницаемого углеродного покрытия закрывающий поры и каналы, что повышает герметичность труб в несколько раз без изменения механических характеристик. Первоначально для нанесения

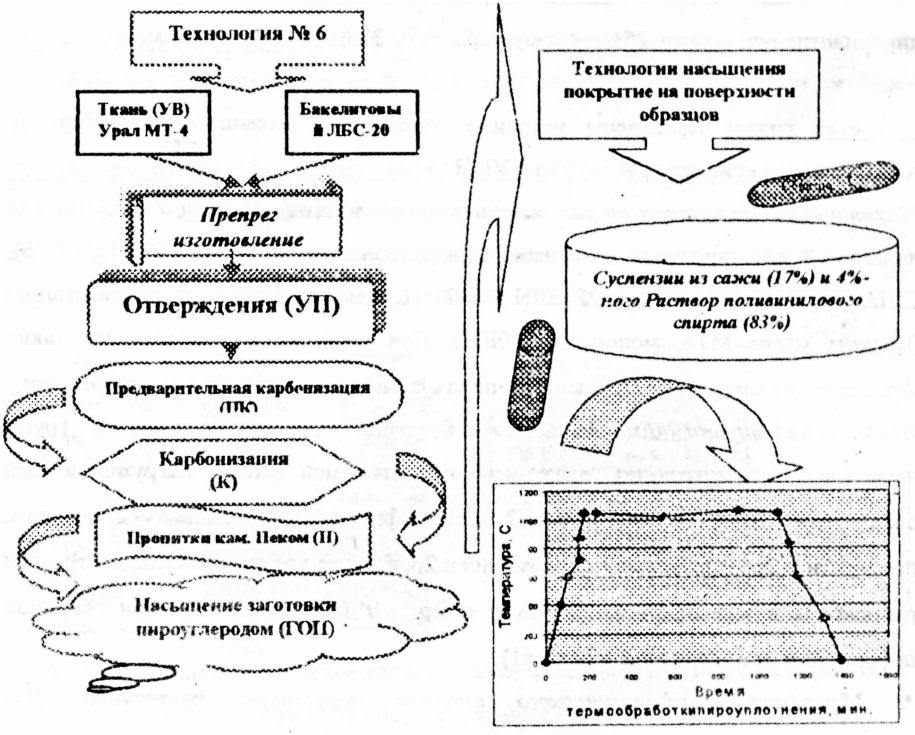


Рис. 6. Технология изготовления трубчатых образцов и нанесения непроницаемого углеродного покрытия

непроницаемого углеродного покрытия на трубы 2Д-УУКМ готовили 0,5 литра суспензии из сажи (17%) и 4%-ного раствор поливинилового спирта (83%). Основной технологический процесс изготовления труб имеет следующие этапы (УП+ПК+К+П+ГОП). Морфологический анализ структуры материала показал: содержание пористость 7,1 %, которые делается на открытые поры (3.4%) и закрытые поры (3,7 %).

Пироуплотнение проводили в установке «Агат –3.2» при 1050 °С в течение 15 часов, нагрев от комнатной температуры до 1050 °С - за 3 часа, охлаждение –5 часов, как показано на рис.2.. ***Установка «Агат –3.2»*** предназначена для газофазного осаждения пироуглерода при нагреве до 1000...1100 °С детали (изделия). Окончательный состав непроницаемого углеродного покрытия после пироуплотнения: - сажа 25%, -пироуглерода 70 %,- кокс поливинилового спирта 5%.

В третей главе: Приведены методики определения механических свойств и герметичности конструкции труб из УУКМ.

Механически испытания на растяжение трубчатых образцов из УУК: Этот вид испытаний армированных пластиков стандартизирован в РФ (ГОСТ 11262-76), США (ASTM D 3039-76) и ФРГ (DIN 53392). Используется автоматическая машина (машина марке MTS, мощность 600КН). При растяжении определялись такие механические характеристики, как прочность σ, модуль упругости E и деформации.

Испытания внутренним давлением. Образцы всех вышеуказанных групп испытывались внутренним давлением по известной схеме нагружения для определения модуля упругости $E2$ и коэффициента Пуассона ν12, предела прочности σ 2р и предельной деформации ε 2р, а также для определения диаграммы растяжения в кольцевом направлении $\sigma\ 2р = f\ (\varepsilon 2р)$ и зависимости основной деформации от поперечной $\varepsilon 2р = f\ (\varepsilon 1)$.

*. ***Методика морфологического анализа структуры материала:*** Для исследования были предоставлены шести групп образцов из композиционного материала УУКМ изготовленных по разным технологическим прессам. Изображения структуры получены на растровом электронном микроскопе фирмы

CamScan модель S4-88DV100 (Англия), цифровая количественная обработка изображений осуществлялась с использованием системы автоматизированной обработки (Лаборатория Тонких Физических Методов Исследования Структуры Материалов, Россия).

*. ***Методика определения герметичности или газопроницаемости:*** Объектами испытаний являются полые образцы из УУКМ, которые имеют осевую симметрию. Цель испытаний заключается в определении проницаемости (B) материала и коэффициента фильтрации воздуха (D) в данном материале.

Метод испытаний основан на создании пониженного давления внутри полого образца и определении изменения давления во времени с последующим нахождением проницаемости как тангенса угла наклона спрямленной зависимости.

В четвертой главе: Обработка результатов экспериментов и особенности изготовления трубопроводов из УУКМ, работающих в химически агрессивных средах.

*. **Анализ отношение между пористостью и технологиями изготовления.** Рассмотрены влияния разных вариантов пропитки и основных материалов на пористость, определены преимущества каждого тип пропитки для повышения герметичность, и проанализированы результаты экспериментов. Изучены

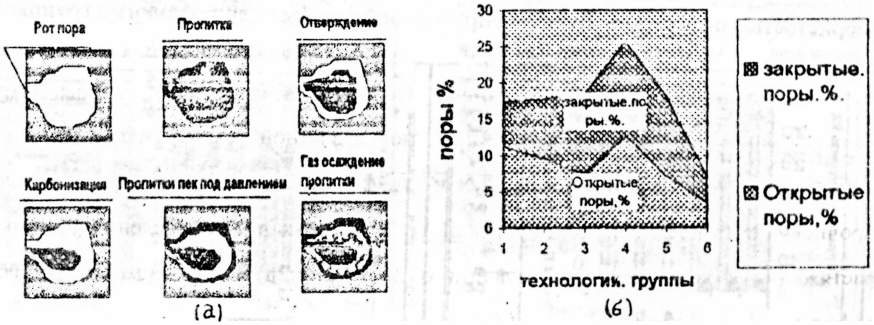


Рис.7. Показаны практическое влияние различных видов пропитки на пористость (а), количество и качество пор полученных по разным технологиям (б)

соотношения между разными технологиями и пористостью рис.7 б. На рис.7 а показана, как возникают поры в процесс изготовления и какие роли играют методы пропитки и их влияние на структурообразование пор в матрице материалов УУКМ.Определено, что образцы первой технологии №1 (УП), имеют значительный процент пор (17.2 %), из которых 11 % открытых пор и 6.2 % закрытых пор. Как видно поры медленно увеличиваются в группах № 2, 3 и самый большое количество пор в группе № 4 (25,7 %). Групп № 6 которая выполнена по технологии (УП+ПК+К+П+ГОП) имеет меньшее содержание поры (7.2 %). Процесс насыщения газовой фазой в течении (3 суток) углеродной матрицы происходит атом за атомам. Такой процесс пропитки обеспечивает успешное заполнение малых пор, повышение плотности и закрытия насколько возможно открытых пор.

*. Анализ соотношения между прочностью, пористостью и химической стойкостью: Определение прочности конструкции труб из УУКМ различных технологических групп рассмотрено в главе 3. Получены экспериментальные данные испытаний на растяжение, испытаний внутренним давлением. На рис.8 а, видно, что большее содержание пор сопровождается меньшей прочностью. Это характерно для всех технологических групп. Соответственно и окруженная прочность больше в два раза, чем осевая. Связь между модулем Юнга и пористостью очень мала. Лучшие упругие свойства был для технологии группы №1.

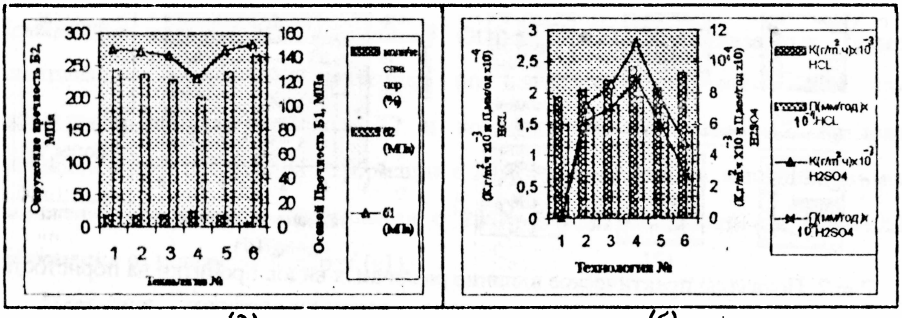


Рис.8. Соотношение между технологиями №, окружной и осевой прочностью (а), химической воздействием (серной и хлорной кислот) для труб из УУКМ (б)

УУКМ состоят из органических веществ, которые содержат водород и углерод в виде карбоциклических соединений. Такие материалы активны к кислороду и быстро реагируют с ним даже при низких температурах. Благодаря термообработке, изменяется кристаллическое состояние УУКМ материалов. В наших случаях УУКМ материалы состоят из поликристаллических фаз, кроме технологии №1, которой состоят из полимерных фаз.

После анализа данных можно сделать следующий вывод: все технологические группы материалов обладают хорошей химической стойкостью, как показана на рис. 8б. Но следует, обратит внимания, что группа № 1, которой соответствует технологии процесс изготовление только (УП) имеет полимерное состояние фазы, сильнее реагорвали с серной кислотой что приводит к появлению нескольких расслоений и потере устойчивости материалов УУКМ труб, потому что происходит соединение между связующим (Баклетвой лак ЛБС 20) и серной кислотой. Поэтому материалы первой группы № 1 не могут применяться в химически агрессивных средах.

Связь между пористостью, газопроницаемостью и плотностью

Коэффициент фильтрации воздуха D зависит, главным образом, от объемного или процентного содержания пористости C_p в матрице УУКМ. Как видено из рис (9б) коэффициент фильтрации воздуха пропорционален объемному содержанию

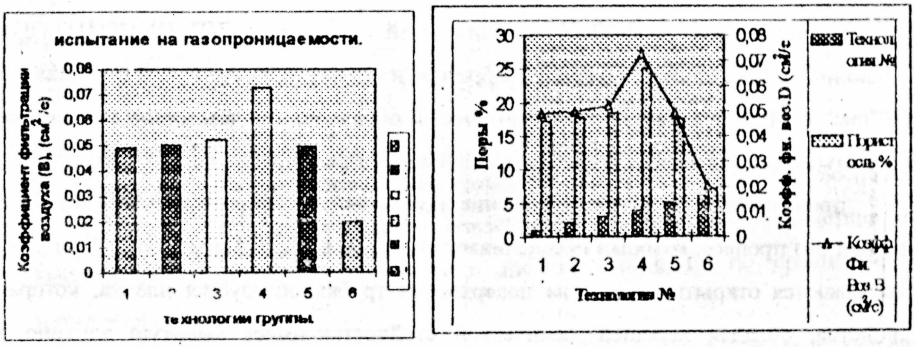


Рис. 9. Показаны зависимость коэффициента фильтрации воздуха (D) или газопроницаемости труб из УУКМ от технологии группы.

пор, т. е. когда процент пор увеличивается коэффициент фильтрации воздуха D так же увеличивается и обратно и достигает максимального значения для технологии группы № 4, и минимален для технологии группы № 6. Мелкие пора, которые обеспечиваются при технологическом процессе № 6, повышают герметичность в 2-3 раза по сравнением с другими группами.

Влияние процесса нанесения непроницаемого углеродного покрытия на герметичность труб из УУКМ: Основным процессом изготовление труб является процесс (УП+ПК+К+П+ГОП), Полученный материал обладает, исходя из морфологического анализа, структурой с содержанием пористости 7,1 % пор, из которых 3,4 % открытые поры и 3,7 % закрытые поры. С целью выбора наиболее рационального метода достижения высокой герметичности материалов трубчатых образцов на основе УУКМ был проведён анализ существующих способов уплотнения УУКМ по патентной и научно технической литературе. Установлено, что наиболее рациональным методом уменьшения газопроницаемости является метод пропитки готовых деталей жидкими суспензиями, который позволяет заметно снизть пористость и увеличить поверхностную плотность материала.

Суспензия для нанесения непроницаемого углеродного покрытия на трубчатые образцы представляет собой сажу, растворённую в водном растворе поливинилового спирта. Трубчатые образцы диаметром 44мм и толщиной от 6,6 до 6,4 изготавливались из УУКМ по наилучшей технологии (УП+ПК+К+П+ГОП). Технологический процесс получения образцов и пропитки их суспензей представлен на рис. 6. Всего было изготовлено шесть образцов, причём один из них не пропитывался суспензей для сравнительной оценки результатов испытаний

пропитанных образцов. Нанесение покрытия или пироуплотнения труб из УУКМ это процесс, который обеспечивает повышение их герметичности. При этом закрываются открытые поры, на поверхности трубки образуется плёнка, которая свойства, обладая хорошей химической стойкостью.имеет высокую адгезию к основному материалу и не изменяет его механические

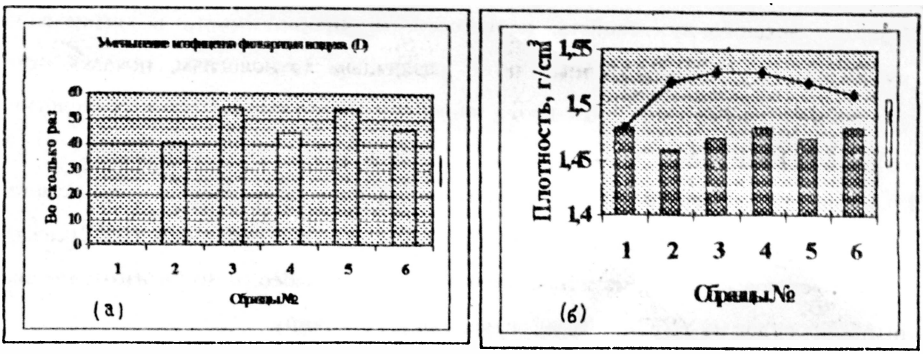


Рис. 10 Показаны коэффициента фильтрации воздуха D(а) изменение плотность (б)

Таблица 2.

Исходные и конечные характеристики углерод углеродных трубок

Образцы №	1	2	3	4	5	6
Наружный диаметр (мм).	44	44	44	44	44	44
Толщина стенки, (мм).	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,4
Длина, (мм).	150	146	150	150	148	149
Масса, (г)	172,5	165,5	170,5	170,5	166,5	166,5
Плотность, (г/см^3).	1,48	1,46	1,47	1,48	1,47	1,48
Коэфф. Фильтрации воздуха В, (см^2/С).	0,02	0,023	0,015	0,019	0,02	0,022
Масса трубок с нанесенным слоем, (г)	....	167,5	172	172	168,5	168,5
Привес, (г).	.....	2	1,5	1,5	2	1,5
Масса пироуплотненных трубок, (г)	....	172,3	176	175,8	172	170,5
Привес, (г).	....	4,8	4	3,8	3,5	2
Плотность пироуплотненных трубок, (г/см^3).	1,48	1,52	1,53	1,53	1,52	1,51
Коэфф.Фильтрации воздуха В после наплавленных, (см^2/С).	0,02	0,00031	0,0004	0,0005	0,00052	0,00045
Во сколько разов уменьшаются коэф. Фильтрации воздуха (D).	0	40,45	54,89	44,47	53,74	45,87

• ***Выводы и рекомендация:***

1. Применение УУКМ для изготовления трубопроводов, работающих в агрессивных средах, решает важную народно - охазяйственную проблему, вследствие их высоких эксплуатационных свойств и низкой стоимости по сравнению с металлами.
2. Технологический процесс, состоящий из этапов (отверждения, предварительная карбонизация, пропитки пек под давлением и карбонизации) и их комбинации оказывает существенное влияние на механические свойства УУКМ, их структуру и герметичность.

3. Анализ механических свойств, пористости, газопроницаемости и химической стойкости труб, изготовленных по 6 различным технологиям, показал, что лучшими свойствами обладают образец изготовление по технологии (УП+ПК+К+П+ГОП).
4. Повышение герметичности осуществляется за счет нанесение непроницаемого углеродного покрытия на поверхность труб. Покрытие раствором (ПВС+сажа) позволяет повышать герметичность в 45 раз. Расчет себестоимости изготовления трубопроводов из УУКМ показал ее невысокую величину.
5. Технология пропитки и карбонизации играют самую важную роль в состояние матрицы УУКМ. Пористость, в зависит от технологического процесса обработки количества циклов, повышает герметичность.
6. Результаты работы и предложенные методики внедрены в производстве герметичных трубопроводов на предприятие «Нефтехимические Хумса» в Сирии.
7. Полная стоимость изготовление составят 328,15 руб./kg.

Основные положения диссертация опубликованы в работах.

1. Сгибнев А. В., Алшихх В. Особенности углерод - углеродных композиционных материалов //Фундаментальные исследования новых технологий.-Липецк, 1998. – С.105-107.
2. Сгибнев А. В., Алшихх В. Трубы из углерод - углеродных композиционных материалов для химической промышленности //Фундаментальные исследования новых технологий. -Липецк, 1998. – С.102-105.

В печати:

3. Сгибнев А.В., Буланов И.М., Алшихх В. Разработка и исследование технологии повышения герметичных труб из углерод - углеродных композиционных материалов для химической промышленности. //Вопросы обороной техники. Серия XV. Композиционные материалы. -2000 . -№ 3.
4. Сгибнев А.В., Буланов И.М., Алшихх В. Повышения герметичных труб из углерод - углеродных композиционных материалов. // Вопросы обороной техники. Серия XV. Композиционные материалы. -2000. -№ 4.

Подписано к печати 18.03.2000 г.
Зак 34 Объем 1.0 п.л. Тир. 100

Типография МГТУ им.Н.Э.Баумана