

Для решения подобного рода вопросов применяют локальную термическую обработку, как правило, индуктором, что способствует быстрому восстановлению промежуточных механических свойств (как правило, детали РСТ свариваются в закаленном состоянии, без старения) и микроструктуры.

Таким образом, слабо изученным является процесс ротационной сварки трением с последующей локальной термической обработкой сварного шва посредством расфокусировки электронного луча. Такой вид обработки, хоть и более затратный по времени процесса, является наиболее прецизионным ввиду выполнения его в вакуумной камере, а также наиболее точным ввиду управления габаритов светового пятна от пучка электронов. Данное решение позволяет получать равнопрочное сварное соединение посредством релаксации остаточных напряжений и деформаций, а также точно регулировать ширину обрабатываемой поверхности, чтобы не получить структурный пережог в переходной зоне между ЛТО и основным материалом.

Список литературы

1 Применение пантографической конструкции, полученной методом SLM-печати, и исследование влияния постобработки с нанесением демпфирующих покрытий / А. А. Зайцев, С. С. Лопатин, Т. Т. Фозилов, А. В. Бабайцев // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 4. – С. 83–89.

УДК 539.4: 621.78: 691.175

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. П. САЗАНКОВ

*Институт механики металлополимерных систем
им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель*

В настоящей работе представлены результаты исследований, которые включают: экспериментально определенные механические характеристики конструкционных пластиков, применяемых при изготовлении напорных труб; данные о прочности композитной трубы горячего водоснабжения А-РЕ-Ха в виде таблицы со значениями внутреннего давления, температуры рабочей жидкости, и времени до разрушения; разработку программно-аппаратного комплекса для ускоренного определения долговечности напорных труб из полимерных материалов.

Обсуждается возможность создания программно-аппаратного комплекса для ускоренного определения срока службы напорных труб из конструкционных армированных пластиков по критерию термочности. Научная значимость результатов заключается в возможности экспресс-оценки срока службы напорных труб из конструкционных армированных пластиков по критерию термочности путем регистрации предвестников разрушения с привлечением регрессионных зависимостей времени разгерметизации трубы от температуры и гидростатического давления, что в совокупности позволяет экстраполировать результаты кратковременных испытаний (десятки и сотни часов) на период нормативной эксплуатации напорных трубопроводов 50 лет.

В настоящее время при изготовлении трубопроводов для горячего водоснабжения взамен стальных труб широко используют полимерные и полимерные армированные трубы на основе сшитых термопластов, к которым относится полиэтилен низкого давления [1–4]. Доля таких труб достигла 65 % и продолжает расти [5]. К числу недостатков ПАТ относится то, что со временем полимерное связующее теряет прочность и эластичность, становится хрупким и растрескивается. Из-за длительности и трудоемкости эксплуатационных испытаний возникает необходимость ускоренного определения долговечности указанных изделий в лабораторных условиях.

Цель исследования состоит в обеспечении безаварийной работы напорных трубопроводов для горячего водоснабжения путем прогнозирования их долговечности.

На предприятии ОАО «Изоком» (г. Дятлово, Гродненская область) используются блочные стенды, каждый из которых позволяет одновременно испытывать 25 образцов труб (рисунок 1), выпускаемых на этом предприятии.



Рисунок 1 – Образец трубы с теплоизоляцией, подготовленный для термобарических испытаний

В таблице 1 приведены результаты испытаний трубы А-РЕ-Ха для горячего водоснабжения.

Таблица 1– Долговечность образцов трубы А-РЕ-Ха при различных термобарических условиях

Номер испытания	$T, ^\circ\text{C}$							
	23		70		95		115	
	$p, \text{ бар}$	$t, \text{ ч}$	$p, \text{ бар}$	$t, \text{ ч}$	$p, \text{ бар}$	$t, \text{ ч}$	$p, \text{ бар}$	$t, \text{ ч}$
1	65	4,2	32	7,4	34	8,44	13	2,3
2	55	77	30	2601	34	6,44	12,5	2737
3	54	273	29	826	33	1	12	1178
...

Примечание – T – температура жидкости; p – внутреннее давление; t – время до разрушения.

На рисунке 2 представлена последовательность подготовки к испытаниям разработанного экспериментального комплекса для имитации реальных режимов эксплуатации в лабораторных условиях. Для испытаний на растяжение использованы специальные захваты с жесткими полудисками, обеспечивающие растяжение образцов в виде колец (рисунок 2, в).

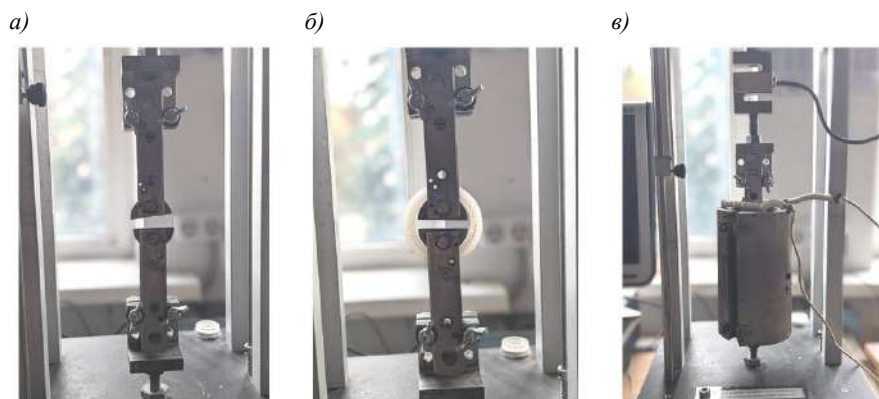


Рисунок 2 – Подготовка комплекса к механическим испытаниям:
а – установка специальных захватов; б – закрепление образца; в – установка трубчатого нагревателя

Далее при помощи разработанной компьютерной программы регрессионного анализа производится расчет долговечности полимерных труб при термомеханическом воздействии, который включает четыре этапа и осуществляется в следующем порядке:

- 1) задание исходных данных;
- 2) поиск перегиба на зависимости $\lg t$ от $\lg p$ для каждой температуры;
- 3) вычисление констант аппроксимирующей функции двух аргументов (давления и температуры) для разрушения по типу А (результаты измерений до точек перегиба) и по типу В (результаты измерений после точек перегиба);
- 4) прогнозирование долговечности трубы.

В графическом виде результаты расчета представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Сравнение экспериментальных и расчетных зависимостей для температуры испытаний 20 °С

На основании табличных данных можно отметить следующее:

- 1) при относительно небольшом изменении давления долговечность изменяется кратно;
- 2) изменение температуры оказывает существенное влияние на долговечность;
- 3) заметен разброс времени до разрушения при близких термобарических параметрах; вследствие этого требуется проведение дополнительных испытаний для повышения достоверности прогноза.

На основе статистического описания процесса деградации прочностных свойств конструкционных пластиков реализован алгоритм прогнозирования долговечности напорных труб для горячего водоснабжения в виде компьютерной программы регрессионного анализа и экстраполяции результатов экспериментального определения долговечности образцов напорных труб при различных температурах и давлениях.

С использованием компьютерной программы регрессионного анализа выполнены расчеты на долговечность полимерных труб для горячего водоснабжения. Предложена идея ускоренного метода оценки долговечности полимерных труб для горячего водоснабжения, основанного на регистрации кинетики снижения модуля упругости материала труб в процессе циклических испытаний кольцевых образцов при повышенных температурах и нагрузках. Разработан испытательный стенд, оснащенный специализированными кольцевыми захватами и нагревателем для термостатирования, что позволяет проводить механические испытания кольцевых образцов, имитирующие эксплуатацию полимерных труб в условиях комбинированного силового и температурного воздействия.

Исследование поддержано грантом НАН Беларуси «Разработка ускоренного метода и программно-аппаратного комплекса для определения срока службы напорных труб из конструкционных армированных пластиков по критерию циклической термпрочности».

Список литературы

- 1 Коган, Д. Ф. Трубопроводы из термопластов / Д. Ф. Коган. – М. : Наука, 1968. – 150 с.
- 2 Ромейко, В. С. Пластмассовые трубопроводы / В. С. Ромейко, А. Н. Шестопад, А. А. Персион. – М. : Высш. шк., 1984. – 200 с.
- 3 Шапиро, Г. И. Пластмассовые трубопроводы / Г. И. Шапиро. – М. : Москва, 1986. – 305 с.
- 4 Уиллоуби, Д. А. Полимерные трубы и трубопроводы / Д. А. Уиллоуби, Д. Вудсон, Р. Суверленд. – СПб. : Профессия, 2010. – 486 с.
- 5 Якобсен, А. Л. Полимерные и неорганические материалы в трубопроводном строительстве / А. Л. Якобсен. – М. : Дара, 1990. – 186 с.

УДК 539.3

ИЗГИБ НЕСИММЕТРИЧНОЙ КРУГОВОЙ ПЯТИСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

В. С. САЛИЦКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое использование в технике и строительстве слоистых конструкций обуславливает развитие математических моделей и методов их расчета на различные виды и типы нагрузок. В монографиях [1–5] приводятся подходы к подбору кинематических гипотез и построению решений краевых задач для трехслойных элементов конструкций. Свободные и вынужденные колебания трехслойных пластин и оболочек рассмотрены в работах [6–9].

Квазистатическому деформированию трехслойных пластин со сжимаемым и несжимаемым заполнителями посвящены статьи в [10–15]. В публикациях [16–19] приводятся результаты об изгибе симметричных по толщине пятислойных круговых пластин. Здесь предлагается система дифференциальных уравнений равновесия несимметричной пятислойной круговой пластины.

В достаточно тонких жестких несущих слоях (1, 2, 4) справедливы гипотезы Кирхгофа: несжимаемая нормаль остается прямолинейной и перпендикулярной к деформированной срединной поверхности слоя. Несжимаемые по толщине относительно толстые два заполнителя воспринимают нагрузку в тангенциальном направлении. Нормали в них остаются прямолинейными, но поворачивается на дополнительный угол $\psi_i(r)$ ($i = 1, 2$). Уравнения равновесия для круговой пятислойной несимметричной пластины получены вариационным методом Лагранжа: