

зовом предприятии технологические процессы изготовления и контроля с использованием контрольно-измерительных машин новых сложно-профильных деталей.

Большое значение для подготовки технологов для инновационного производства имеет также центр аддитивных технологий. Аддитивные технологии – это технологии будущего, которые позволяют оптимизировать процессы, выпускать малые партии изделий из труднообрабатываемых материалов и полимеров на основе использования средств быстрого прототипирования. Для реализации этих технологий используется комплекс оборудования: 3D-принтер для из-

готовления мастер – моделей из полимеров, 3D-принтер для изготовления деталей путём селективного лазерного сплавления из порошка, система для вакуумного литья полимеров в эластичные формы, система для вакуумного литья нержавеющей и конструкционных сталей, система лазерной наплавки материалов.

Важнейшую роль в подготовке технологов играют знания и опыт преподавателей, который может быть получен при их участии в научно-исследовательской работе студентов, а также в практической отработке производственных инновационных технологий.

УДК 621.795

## СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ КОЛЬЦЕВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДА ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ РАЗНЫХ МАРОК

©2018 М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, С.В. Егоров

Воронежский государственный университет инженерных технологий

### STATIC AND DYNAMIC STRENGTH OF RING WELDING JOINTS OF PIPELINE ELEMENTS MADE OF CORROSION-RESISTANT STEELS OF DIFFERENT BRANDS

Vasechkin M.A., Davydov O.U., Egorov S.V. (Voronezh state university of engineering technologies, Voronezh, Russian Federation)

*The main stages of obtaining annular welded joints of pipeline elements from various corrosion resistant stainless steels are considered. The characteristics of the static and dynamic strength of annular seams of pipeline assemblies with experimental cylindrical specimens under loading by internal pressure are determined.*

В конструкциях тонкостенных и особо тонкостенных трубопроводов современных изделий машиностроения часто применяются унифицированные элементы (сильфоны, переходники, облегченные фланцы, тройники, отводы), изготовленные из импортных коррозионностойких сталей. В то же время прямолинейные участки трубопроводных коммуникаций выполняют из аналогичных отечественных сталей. При этом наиболее часто встречается сочетание следующей пары: 12X18H10T (ТУ 14-1-2186-77) - сталь 321 (AMS5510).

Несмотря на близкое сходство химических составов и механических свойств, возникают трудности при проектировании трубопроводных коммуникаций, вызванные тем, что при сплавлении кольцевых стыков труб приведённого сочетания сталей аргоно-

дуговой сваркой в сварном шве образуется материал с неизученными свойствами. В частности, отсутствуют сведения о циклической долговечности и статической прочности таких сварных швов, о технологических режимах процесса сварки, способствующих повышению эксплуатационных характеристик сварных соединений.

С целью оценки прочности и долговечности элементов конструкции трубопроводов, изготовленных из сочетания сталей 12X18H10T -321, экспериментальные образцы тонкостенных оболочек были подвержены ресурсным испытаниям и испытаниям статическим внутренним давлением.

Экспериментальные образцы тонкостенных оболочек (рис. 1) изготавливались из листовых заготовок. Прямошовные цилиндрические оболочки из сталей

12X18H10T и 321 длиной  $l=150$  мм сваривались друг с другом с применением автоматической аргодуговой сварки, режимы которой были предварительно отработаны.

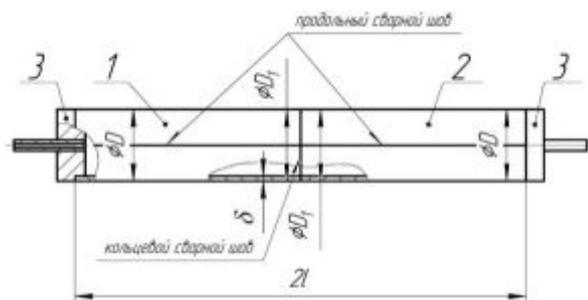


Рис. 1. Эскиз экспериментального образца: 1 – цилиндрическая оболочка из стали 12X18H10T; 2 – цилиндрическая оболочка из стали 321; 3 – колпак со штуцером

Для проведения испытаний были изготовлены опытные партии экспериментальных образцов двух вариантов:

1 вариант – наружный диаметр  $D=80$  мм, толщина стенки  $\delta = 0,8$  мм;

2 вариант – наружный диаметр  $D=100$  мм, толщина стенки  $\delta = 1,0$  мм.

Стыкуемые кромки цилиндрических оболочек перед сваркой калибровали с целью обеспечения точного совпадения свариваемых плоскостей. Диаметры  $D_i$  калиброванных участков под кольцевую сварку составили 76,2 и 101,6 мм соответственно.

Испытания экспериментальных образцов проводили в два этапа.

На первом этапе были проведены ресурсные испытания опытных образцов сварных соединений трубопровода при циклическом внутреннем избыточном давлении  $P_{исп} = P_{раб} = 285$  кПа, длительность одного цикла нагружения – 2 с. Испытания образцов проводилось до их разрушения или до достижения базового количества циклов нагружения  $N$ , которое составляло 504000 циклов, что соответствует усреднённой долговечности трубопроводных систем изделий машиностроения, работающих при переменном давлении.

Образцы, которые выдержали базовое число циклов нагружения без разрушения, в дальнейшем испытываются на прочность статическим внутренним давлением, с целью оценки величины давления  $P_{раз}$  при котором произойдет их разрушение.

При проведении ресурсных испытаний все образцы выдержали базовое число циклов нагружения без разрушений. В табл.1 приведены результаты испытаний на прочность статическим внутренним давлением.

Таблица 1 – Результаты испытаний опытных образцов статическим внутренним давлением

№ образца	Геометрические параметры, мм		Давление $P_{раз}$ , кПа	Место разрушения
	$D$	$\delta$		
1.	80	0,8	10700	сталь 321 по основному металлу вдоль продольного шва
2.			10400	
3.			10600	
4.	100	1,0	10500	сталь 321 по продольному шву
5.			10500	
6.			10400	

На рис. 2 приведён пример разрушения опытных образцов. Характерной особенностью является то, что у всех испытуемых образцов перед разрушением наблюдалось вздутие цилиндрической части, изготовленной из стали 321. Также следует отметить, что разрушений по кольцевому сварному шву не зафиксировано.



Рис. 2. Разрушение образцов диаметром 80 мм при испытаниях

По результатам проведённых испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Все испытанные экспериментальные образцы тонкостенных оболочек, изготовленные из сочетания сталей 12X18H10T – 321, выдержали базовое число циклов нагружения циклическим внутренним избыточным давлением без разрушений.

2. При испытании статическим давлением разрушение экспериментальных образцов по кольцевым швам не зафиксировано, давление разрушения превышает допускаемые давления в трубопроводах изделий машиностроения в 10-20 раз.

3. Кольцевые сварные швы, образованные при сварке прямошовных цилиндриче-

ских оболочек из сталей 12X18H10T и 321, прочнее их продольных швов, следовательно, при проектировании трубопроводов, содержащих конструктивные элементы из разных марок коррозионностойких сталей, достаточно учитывать прочность каждого элемента трубопровода по отдельности.

УДК 621.45.026

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»**

©2018 Д.А. Ахмедзянов, К.В. Маркина

Уфимский государственный авиационный технический университет

### **DESIGNING OF CONSTRUCTION MAIN DETAILS OF AIR CRAFT ENGINES USING THE EXPERT SYSTEM «AVIATION MATERIALS»**

Akhmedzyanov D.A., Markina K.V. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*It is considered modeling of aviation engine combined with automatic selection of materials in expert system «aviation materials», that allows selecting, optimizing and regulation programs of aviation engines at the projecting phase.*

Проектирование авиационного ГТД - это сложная итерационная задача. На разработку и создание таких наукоёмких изделий, как воздушно-реактивные двигатели затрачиваются огромные временные и трудовые ресурсы. Высокий уровень качества ГТД возможен в том случае, если ещё на стадии проектирования и выбора его конструктивной схемы решаются задачи прочностного анализа и выбора материала основных деталей и сборочных единиц проточной части [1].

На базе системы имитационного термогазодинамического моделирования двигателей DVIGw разработана экспертная система (ЭС) «Авиационные материалы (АМ)», которая состоит из отдельных структурных элементов (СЭ) для прочностного анализа основных элементов газоздушного тракта двигателя и СЭ для выбора материалов, покрытий и других видов подготовки поверхности. Разработанная база данных (БД) содержит основную информацию о материалах деталей АД для выполнения прочностного анализа конструкции [2].

Основные принципы и методы работы ЭС «АМ» описаны в [1–3]. В [4], представ-

лены результаты моделирования основных деталей и сборочных единиц ТРДД.

На рис. 1 представлена топологическая модель двигателя в ЭС «АМ».

Данная модель двигателя была идентифицирована, основные термогазодинамические параметры модели соответствуют прототипу; геометрические размеры проточной части за основными узлами модели подобраны равными характерным размерам прототипа [5, 6].

В качестве объектов исследования выбраны рабочая лопатка вентилятора и компрессор высокого давления (КВД).

Разработанная БД и ЭС предназначены для выполнения термогазодинамического расчёта двигателя, автоматизированного проектирования его основных узлов, предварительного прочностного анализа, подбора пяти наиболее вероятных материалов основных деталей и сборочных единиц проточного тракта АД. В результате применения разработанной ЭС и БД ещё на ранних стадиях проектирования авиационных ГТД появляется возможность оптимизации конструктивной схемы и габаритно-массовых характеристик основных узлов ГТД [4, 7, 8].