

Работоспособность материалов низкотемпературного оборудования

Часть 1. Обзор. Причины отказов и появления дефектов в крупногабаритных конструкциях низкотемпературных объектов

**Д-р техн. наук Ю.П. СОЛНЦЕВ, д-р техн. наук Б.С. ЕРМАКОВ, канд. техн. наук С.А. ВОЛОГЖАНИНА,
канд. техн. наук Т.В. ЕРМАКОВА, Н.В. КРУТИКОВ**

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

The first part of a series of articles on working ability of the materials for low-temperature equipment presents a review of literature on the causes of failures and appearance of faults in large size designs of such equipment. It was found that at the present time there is no common approach to the problems of the influence of metallurgical and operational factors on the decrease of reliability and durability of low-temperature equipment.

Одной из главных трудностей, с которыми приходится сталкиваться при контроле состояния и оценке надежности аппаратов химической, нефтехимической, газоперерабатывающей промышленности и оборудования криогенной техники, являются их большие размеры. Такое оборудование, стационарно размещенное на производственных площадках на открытом воздухе, из-за его массогабаритных характеристик практически невозможно транспортировать в специально оборудованные ремонтные зоны для проведения планового контроля и ремонта. Это необходимо учитывать при назначении методов контроля: при работе с подобным оборудованием можно использовать только мобильные контролирующие системы с проведением последующих расчетов этого оборудования на прочность и оценке критериальных соотношений механики разрушения.

Металлические конструкции в процессе эксплуатации подвергаются разным силовым воздействиям, различающимся по причинам возникновения, длительности, характеру изменения во времени, интенсивности, температурным условиям. Характеристика силовых воздействий частичнодается в соответствующих нормативных документах, например в СНиП 2.01.07 – 85, регламентирующих проведение расчетов конструкций на стадии их проектирования. Различают три основные группы причин возникновения силовых воздействий: природно-климатические (снеговая, ветровая, сейсмическая и температурные нагрузки); конструкционные (внутренние силовые усилия, весовые и монтажные нагрузки, технологические остаточные напряжения); технологические – нагрузки, обусловленные технологическими операциями.

Природно-климатические силовые воздействия вызывают перераспределение напряженно-деформированных состояний, особенно в зонах концентрации напряжений.

Из-за резких колебаний температур при эксплуатации возможно возникновение дополнительных внутренних напряжений, особенно в массивных элементах конструкций. Коэффициент концентрации напряжений в упругопластической области при снижении температур от 293 до 200 К увеличивается на 12 – 50 % для различных конструкционных сплавов. Для большинства типовых металлоконструкций характерно циклическое нагружение, что приводит к интенсивному накоплению повреждений и возникновению магистральных трещин до выработки установленных сроков эксплуатации [3, 6].

Нагрузки от собственного веса крупногабаритных конструкций вызывают повышенную деформацию элементов и появление дополнительных монтажных нагрузок. Важным фактором неопределенности являются монтажные отклонения от проектных решений – смещение и отклонение трассировок, отступление от размеров, образование зазоров в соединениях, наличие геометрических несовершенств и др. Все это приводит к появлению дополнительных внутренних усилий в элементах конструкций [7].

Наличие большого числа сварных соединений различного типа в крупногабаритных металлоконструкциях формирует в процессе эксплуатации сложные поля остаточных напряжений и зон с повышенной структурно-механической неоднородностью. Кроме того, на конструкцию действует широкий спектр внешних нагрузок статического, циклического и динамического характера.

Время возникновения и тяжесть каждого отказа конструкций обусловлены целым рядом событий различного характера, действующих на объект. Многофакторность причин, результатом действия которых является переход системы в новое качественное состояние, связанное с наступлением отказа, позволяет говорить

нологических и развития эксплуатационных дефектов, что, как показано выше, не отражает реальной ситуации. Реальное наличие технологических и эксплуатационных дефектов предъявляет повышенные требования к неразрушающему контролю и системам технической диагностики.

Как в обсуждении частных вопросов в, так и в комплексных исследованиях проблем безопасной эксплуатации оборудования, выполненных под эгидой Ассоциации «Комплексная оперативная диагностика аварийных ситуаций, прочности, живучести и безопасности машин и конструкций» (КОДАС) под руководством К.В. Фролова, Н.А. Махутова и др., к сожалению, преобладает механистический подход. Оценка причин зарождения и развития опасного дефекта в основном дается с позиций физики и механики разрушения. Металловедческий аспект проблемы снижения надежности и долговечности оборудования низкотемпературной техники освещен гораздо слабее и преимущественно с позиций анализа конкретных задач, решаемых для определенных условий эксплуатации или групп оборудования. Таким образом, к настоящему времени не существо-

ствует разработанного единого подхода к проблемам воздействия металлургических факторов и эксплуатационных факторов риска на снижение надежности и долговечности оборудования низкотемпературного назначения.

Список литературы

1. Анализ видов критических отказов. USA, FMBI, 2001.
2. Беляев Б.И., Корниенко В.С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. – М.: Стройиздат, 1968.
3. Конаков А.И., Махов А.П. Отказы и усиление строительных металлических конструкций: Обзор. – М.: ВНИИС, 1980. Вып. 4.
4. Копельман Л.А. Сопротивляемость сварных узлов хрупкому разрушению. – Л.: Машиностроение, 1978.
5. Мельников Н.П., Винклер О.Н., Махутов Н.А. Условия и причины хрупких разрушений строительных стальных конструкций // Материалы по металлическим конструкциям. – М., 1972. Вып. 6.
6. Сильвестров А.В., Шафрай С.Д. Анализ отказов листовых конструкций с хрупким разрушением их элементов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1977. № 12.
7. Филиппов В.В. Работоспособность металлических конструкций производственных зданий Севера. – Новосибирск: Наука, 1990.