

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Вопрос обеспечения надежной и безопасной работы металлических конструкций (МК) в последнее время становится все более важным, так как старение и разрушение металлов существенно опережает темпы технологического перевооружения.

Анализ демонстрирует, что уязвимой зоной разрушения сварных конструкций считается область сварного шва и зоны термического воздействия. Существует два вида дефектов сварных соединений по месту положения: наружные и внутренние дефекты.

Причины возникновения наружных дефектов. Причиной появления трещин можно считать напряжение, которое появляется из-за неравномерного охлаждения и нагрева, усадки, изменения размера и местоположения зерен металла под воздействием нагрева и охлаждения при сварке, увеличения содержания серы и фосфора и иных причин.

Причины возникновения внутренних дефектов. Шлаковые включения появляются в процессе сварки длинной дуги окислительным пламенем. Появление пор происходит из-за поглощения расплавленным металлом водорода, окиси углерода и иных элементов, не успевающих выделиться вследствие застывания металла и остающихся в нем в форме газовых пузырьков.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора М. В. Соколова.

Во время охлаждения при сварке прослеживается резкий скачок температур, который является следствием изменения микроструктуры в районе сварного шва и околошовной зоны, образования всевозможных включений, термических напряжений и трещин.

Можно выделить одну из значимых характеристик низколегированных и малоуглеродистых сталей, которые работают при низких температурах: температура перехода из вязкого в хрупкое состояние, зависящее от структуры металла (чем меньше величина зерен, тем выше ударная вязкость и пластичность стали при низких температурах) [1]. Накопленный опыт показывает, что в отдельных случаях сталь, которая выбрана в соответствии с условиями нормативных документов, руководящих документов, не может дать гарантию надежности работы МК с точки зрения хрупких разрушений. К примеру, 1 января 2003 г. в здании электросталеплавильного цеха ОМЗ «Спецсталь» в г. Колпино при температуре наружного воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ произошел обвал тридцатиметровой подстропильной фермы и опирающихся на нее восемь стропильных ферм шихтового и печного пролетов.

Эксплуатируемые МК могут обладать различной микроструктурой как в разных частях конструкции, так и в отдельных ее составляющих, например, в сварных соединениях. При оценке технического состояния объекта МК необходимо учитывать структуру, так как она определяет механические свойства сталей.

Металлические сооружения в реальных условиях эксплуатации подвергаются влиянию как различных нагрузок (статических, динамических, циклических) и перепаду внешних температур, так и различных по агрессивности коррозионных сред (при высокой влажности воздуха), приводящих к изменению их метрических показателей конструкций и физико-механических особенностей металла. При длительной эксплуатации конструкций в них происходят процессы старения стали, которые приводят к внушительному изменению механических свойств металлов. Так же, в элементах и узлах конструкций могут быть дефекты, которые были получены при изготовлении, монтаже, транспортировке, сборке и эксплуатации. Дефекты способствуют появлению локальных зон концентрации напряжений, которые могут привести к разрушению конструкции [3].

По этой причине понижение надежности и безопасности МК считается одной из главных причин появления предаварийных и аварийных состояний самих конструкций. Разрушение конструкций и отказы промышленного оснащения могут стать причиной экономических потерь, сопоставимых со стоимостью основных фондов, человеческих жертв и необратимых экологических последствий.

Верная оценка напряженно-деформированного состояния металлических конструкций должна быть проведена только при наличии определенных важных факторов:

- начальная микроструктура металлоконструкций;
- области концентрации напряжений;
- структурные особенности сварного шва и ЗТВ;
- кинетика развития коррозионных повреждений;
- используемые способы оценки функционирующих внутренних напряжений.

Взять во внимание все данные факторы с помощью расчетных методов не всегда представляется реальным, так как итоги оценок напряжений в работающих МК с помощью расчетов в большинстве случаев расходятся из-за неопределенностей в первоначальной информации, упрощения расчетных схем конструкций, подбора способов расчета и меняющихся условий эксплуатации.

По этой причине нужно разрабатывать экспериментальные методы оценки НДС МК, в данном случае, особое значение приобретают косвенные методы определения внутренних напряжений, которые основаны на использовании разных физических эффектов, в том числе эффекта магнитоупругости. Использование данного эффекта важно тем, что могут возникнуть новые возможности изучения магнитомеханических явлений (эффекта магнитоупругости и магнитомеханического гистерезиса) при нагружении и разгрузении МК, что дает возможность проводить контроль и оценку НДС металла конструкций для дальнейшего прогнозирования надежной эксплуатации данной конструкции также в условиях влияния коррозионных сред с учетом структурной неоднородности сварных швов и соединений.

Можно сделать вывод, что исследования являются весьма актуальными, так как они посвящены оценке действительного напряженно-деформированного состояния МК на базе увеличения возможностей применения приборов и методов контроля, обнаружению закономерностей изменения обратимых и необратимых магнитомеханических явлений в малоуглеродистых и низколегированных сталях, разработке новых способов и методик, способствующих повышению степени достоверности результатов измерений и исследований в целом.

Методы исследования. Задачи работы решены с использованием апробированных и корректных разрушающих и неразрушающих методов контроля (механических испытаний, металлографического анализа, термической обработки сталей, магнитного контроля, численных методов расчета, математического моделирования и прикладной статистики и интерпретации статистических данных). При оценке работы реальных конструкций использовались экспериментальные данные,

полученные на лабораторных образцах и крупномасштабных моделях металлических конструкций [2].

Научная новизна работы заключается в том, что:

– разработаны теоретические и практические положения по оценке фактического напряженно-деформированного состояния металлических конструкций, включающие предварительное выявление зон концентрации напряжений и дана оценка степени их опасности и определение в наиболее опасных из них действующих внутренних напряжений с применением феррозондового (в пассивном варианте) и других разрушающих и неразрушающих методов контроля;

– разработаны и использованы, экспериментально проверены способы магнитного контроля формирования микроструктур с заданной степенью дисперсности, характерных для поставляемого заводского проката, в малоуглеродистых и низколегированных сталях с различной исходной микроструктурой в процессе деформационного, деформационно-термического и термического воздействий по остаточной намагниченности в магнитном поле Земли;

– разработаны способы усиления сварных соединений и элементов эксплуатируемых металлических конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей, основанные на проведении контролируемой термической обработки в опасных зонах концентрации напряжений по разработанным режимам с их поэтапным магнитным контролем, с целью повышения прочностных свойств металла и предотвращения аварийных ситуаций.

На кафедре «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» активно развивается следующее направление научной деятельности: получение и обработка композиционных материалов, выбор и создание новых интеллектуальных САПР-ТП, а также адаптация систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки и сборки [3, 4].

Список литературы

1. *Салтыков, А. А.* Стереометрическая металлография / А. А. Салтыков. – М. : Металлургия, 1970.
2. *Смирнов, А. И.* Влияние макро-, мезо- и микродефектов структуры на конструктивную прочность углеродистых сталей при циклическом нагружении / А. И. Смирнов. – Новосибирск, 2003. – 18 с.
3. *Концепция* создания системы автоматизированного проектирования процессов производства композиционных материалов (САПР ПКМ) из отходов металлообработки / С. И. Пестрецов, М. В. Соколов, А. Н. Колодин, В. Г. Однолько // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2011. – № 1(32). – С. 386 – 390.

4. *Пестрецов, С. И.* Применение систем автоматизированного проектирования процессов резания при создании управляющих программ для станков с числовым программным управлением / С. И. Пестрецов, А. М. Муравьев, М. В. Соколов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Вып. 1(50). – С. 146 – 152.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*