Улыбин, Алексей Владимирович. Метод измерения электрического сопротивления для контроля механических напряжений в стальных конструкциях : диссертация ... кандидата технических наук : 05.11.01 / Улыбин Алексей Владимирович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. политехн. ун-т].- Санкт-Петербург, 2010.- 115 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/961

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального

образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ

0420ІІ 00956

УЛЫБИН Алексей Владимирович

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

В СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Специальность: 05.11.01 Приборы и методы измерения

(измерения механических величин)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук Н.И.Ватин

Санкт-Петербург - 2010

Содержание

1 Методы контроля напряженно-деформированного состояния эксплуатируемых

стальных конструкций 10

1.1 Напряженно-деформированное состояние стали 10

1.1.1 Напряжения и их виды 10

1.1.2 Стадии работы стали и ее разрушение 13

1.2 Контроль и оценка напряженного состояния эксплуатируемых конструкций

методом расчета 15

1.3 Методы неразрушающего контроля 22

1.3.1 Тензометрия 23

1.3.2 Тензометрия с помощью углеродных волокон: 27

1.3.3 Метод тензодобавок 28

1.3.4 Магнитные методы 31

1.3.5 Ультразвуковые методы 38

1.3.6 Радиационные методы 40

1.3.7 Метод на основе измерения собственной частоты колебаний 43

1.3.8 Резистивный электроконтактный метод 44

1.4 Выводы по главе и задачи исследования 46

2 Теоретические основы резистивного электроконтактного метода 48

3 Исследуемые модели, применяемое оборудование и погрешности измерения . 54

3.1 Описание моделей и оборудования 54

3.2 Погрешности при растяжении моделей 55

3.3 Погрешности при поперечном изгибе моделей 56

3.4 Погрешности при исследовании крупномасштабной модели 59

3.5 Оборудование, применяемое для измерения электрического сопротивления. 61

4 Измерение электрического сопротивления и факторы влияющие на

погрешность 65

4.1 Влияние частоты тока на погрешность измерения 65

4.2 Влияние потери контакта электродов датчика на погрешность измерения 67

4.3 Влияние вида обработки поверхности на погрешность измерений 70

4.4 Влияние химического травления поверхности стали на погрешность

измерения 71

4.5 Влияние термической обработки стали на погрешность измерения 73

4.5.1 Влияние температуры на погрешность измерения 74

4.6 Выводы по главе 76

5 Зависимость электрического сопротивления от одноосных напряжений

растяжения-сжатия в стали 77

5.1 Исследования в упругой стадии работы 77

5.1.1 Зависимость электрического сопротивления от растягивающих

напряжений 77

5.1.2 Зависимость электрического сопротивления от сжимающих напряжений... 83

5.2 Исследования в пластической стадии работы материала 86

5.3 Зависимость сопротивления от механических напряжений при различной

обработке поверхности 90

5.4 Зависимость сопротивления от механических напряжений на диамагнитных

материалах 93

5.5 Зависимость сопротивления от механических напряжений при изменении

температуры 94

5.6 Влияние силы прижатия датчика на зависимость сопротивления от

механических напряжений 95

5.7 Влияние толщины исследуемых элементов на зависимость сопротивления от

механических напряжений 96

5.8 Выводы по главе 97

6 Технология применения резистивного электроконтактного метода для контроля

механических напряжений эксплуатируемых стальных конструкций 99

г

Основные результаты и выводы 101

Источники 102

Приложение А 110

Приложение Б 112

**Основные результаты и выводы**

1. Выявлена теоретическая зависимость электрического сопротивления на переменном токе в поверхностном слое стали от одноосных механических напряжений растяжения - сжатия в упругой стадии работы материала. Выявленная зависимость характеризуется аномально высокой чувствительностью.
2. Экспериментально подтверждена выявленная теоретически линейная зависимость электрического сопротивления от одноосных механических напряжений растяжения - сжатия в упругой стадии работы стали.
3. Получена аналитическая зависимость электрического сопротивления в конструкционных сталях от одноосных напряжений растяжения - сжатия:

***Л\_*** (у-К,-***дрд****0* Ко

1. Выполнена оценка влияния на установленную зависимость различных внешних факторов, среди которых: температура материала, марка стали, вид обработки поверхности, толщина исследуемого элемента, сила прижатия датчика, стадия работы металла конструкции (упругая/пластическая), цикличность приложения нагрузки.
2. Предложена технология мониторинга напряженно-деформированного состояния элементов эксплуатируемых стальных конструкций основанная на применении резистивного электроконтактного метода и сформулированы рекомендации по ее практическому использованию.
3. Результаты исследований и предложенная технология внедрены в ведущих

организациях Санкт-Петербурга, специализирующихся на техническом обследовании и экспертизе промышленной безопасности зданий и сооружений: ООО «Высокие экспертные строительные технологии», ЗАО «НПО Ленкор», ПНИПКУ «Венчур».