

ОТЗЫВ

официального оппонента

Трофимова Виктора Николаевича

на диссертационную работу Медведевой Екатерины Михайловны
«Совершенствование технологического процесса производства арматурных канатов на основе оценки НДС проволоки методами компьютерного моделирования», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.6.4 – Обработка металлов давлением

1. АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, решаемой в диссертационном исследовании.

Стальные арматурные канаты являются одним из массовых и ответственных видов металлопродукции, применяемых в промышленном и гражданском строительстве объектов разных уровней сложности – атомных электростанций, мостов, аэропортов, жилых зданий и др.

Учитывая условия эксплуатации арматурных канатов, необходимо обеспечить их стабильные механические и эксплуатационные характеристики – прочность, коррозионную стойкость, релаксационная стойкость и др., в соответствии с ГОСТ 13840-68 и ГОСТ Р 53772-2010.

Достижение указанных характеристик арматурных канатов определяется технологией их изготовления, формирующей поле внутренних напряжений, включающих технологические остаточные напряжения и напряжения, возникающие при свивке отдельных проволок в канат.

Так как технология производства арматурных элементов железобетонных конструкций является многоэтапной и поэтому затратной, то в качестве одной из важных целей можно определить снижение затрат на их производство.

Поэтому исследование закономерностей деформирования при изготовлении арматурных канатов с целью обеспечения требуемых или более высоких эксплуатационных характеристик при одновременном снижении себестоимости их производства является актуальной задачей.

2. СТРУКТУРА И ОБЪЁМ ДИССЕРТАЦИИ

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 150 наименований. Общий объем диссертации 132 страницы машинописного текста, в том числе 74 рисунка, 15 таблиц и 2 приложений.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационном исследовании.

В первой главе рассмотрены технологии производства стабилизированных канатов. Особое внимание уделено проблеме управления процессом формирования остаточных макронапряжений. Рассмотрено влияние термической,

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	
Дата регистрации	01.03.2022
Фамилия регистратора	

механической и термомеханической обработки на величину и знак остаточных технологических напряжений. Отмечено, что остаточные технологические напряжения могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на эксплуатационные характеристики готового изделия, в частности, на циклическую прочность. Рассмотрены достоинства и недостатки существующих методов определения ОН. Рассмотрены недостатки и достоинства механических, термических и комбинированных (механотермических) способов управления распределения ОН в сечении изделий для стабилизации свойств готовых изделий. Отмечено, что современные методы компьютерного моделирования позволяют исследовать процесс формирования ОН по всей технологической цепочке изготовления канатов и прогнозировать их эксплуатационные свойства.

Во второй главе предложены мультимасштабная компьютерная модель технологического процесса производства стабилизированных арматурных канатов с использованием программного комплекса Abacus. Приведены химический состав, результаты структурного анализа и механические свойства заготовок из исследуемой стали 80. Описаны допущения принятые при разработке компьютерных моделей, в частности, закон и коэффициент трения, геометрия инструмента. Подробно описана процедура разработки компьютерной модели волочения проволоки. Выделены участки сечения проволоки с характерными микроструктурами, определяющими ориентацию цементитных пластин по отношению к ферритной матрице. Указаны реологические свойства структурных элементов.

С использованием разработанной компьютерной модели исследовано НДС при волочении изотропной и структурно неоднородной заготовки. Показано значительное отличие результатов моделирования. Так для структурно-неоднородной модели показана зависимость интенсивности напряжений от толщины цементитных пластин и межпластинчатого расстояния, что определяется величиной эквивалентных деформаций. Результаты моделирования показали, что с увеличением эквивалентных деформаций повышаются механические свойства стали. Однако при достижении некоторого предельного уровня эквивалентных деформаций может наступить их деградация вследствие переориентации цементитных пластин и развития системы микротрещин.

В главе 2.2 рассмотрены результаты компьютерного моделирования процесса стабилизации каната с учётом перераспределения остаточных напряжений в сечении проволок каната под действием температурно-силового воздействия. Принималось что в исходном состоянии механические свойства проволок каната и распределение остаточных напряжений по их сечению соответствуют результатам моделирования процесса многократного волочения. Результаты моделирования показали, что для центральной проволоки повышение температуры и усилия натяжения способствуют снижению растягивающих остаточных напряжений на поверхности проволоки.

Определены условия нарушения сплошности (расслоения) каната.

Сделан вывод, что предлагаемая компьютерная модель, учитывающая формирование внутренних напряжений может быть использована для

совершенствования существующей методики проектирования технологического процесса изготовления стабилизированного арматурного каната

В третьей главе приведены результаты промышленного эксперимента изготовления стабилизированного каната диаметром 12,5 мм конструкции 1х7 (1х6).

Анализ и сравнение результатов эксперимента и компьютерного моделирования при определении механических свойств отдельных проволок каната от параметров микроструктуры с использованием модели Холла-Петча показали их качественное соответствие.

Аналогично было проведено сравнение результатов эксперимента и компьютерного моделирования при определении механических свойств каната. Определен режим стабилизации, обеспечивающий наилучшее сочетание эксплуатационных характеристик каната.

Исследовано влияние процесса стабилизации на уровень остаточных напряжений. Использовался рентгеновский дифрактометр SHIMADZU XRD 7000.

Результаты определения остаточных напряжений качественно совпадают с результатами компьютерного моделирования и показывает возможность использования разработанной модели, учитывающей наличие внутренних напряжений, для совершенствования технологии производства стабилизированных арматурных канатов.

В четвертой главе созданы математические модели процесса обжатия арматурного каната трёхроликовой волоке. Исследовано влияние обжатия 3, 6 и 9% на НДС арматурного каната.

Выявлены характер распределения остаточных напряжений в сечении каната. Результаты моделирования показали, что обжатие на величину 3% практически не влияет на исходное напряженно-деформированное состояние и распределение остаточных напряжений проволок свитого каната, а обжатие на 6% и 9% в роликовой волоке способствует уменьшению растягивающих остаточных напряжений в центральной и повивочных проволоках каната. При этом сечение микроструктура в сечении проволок каната и их сечение практически не изменяются, но при этом возрастает контактная площадь проволок, что способствует повышению эксплуатационных характеристик каната. Аналогичная картина наблюдается при использовании профилированных роликов.

Приведены результаты апробации разработанной модели и методики проектирования технологического процесса изготовления арматурного каната в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ».

Разработанная математическая модель обжатия арматурного каната позволяет совершенствовать действующую технологию канатного производства на стадии проектирования.

На основе анализа результатов моделирования, разработаны рекомендации по совершенствованию технологии изготовления канатов.

В заключении сформулированы основные итоговые результаты и приведена степень проработки и решения поставленных задач диссертационной работы.

3. НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Работа Медведевой Е.М. обладает научной новизной, заключающейся в разработке:

- разработке мультимасштабных компьютерных моделей деформирования проволок арматурного каната;
- с использованием разработанной компьютерной модели показан механизм разориентации цементитных пластин в ферритной матрице в процессе многоэтапного деформирования высокопрочной проволоки из стали 80.
- определены внутренние и остаточные напряжения в сечении проволок арматурного каната в результате процесса термомеханической обработке (процесс стабилизации);
- показана возможность калибрующего обжатия в трёхроликовой волоке для снижения влияния неблагоприятных наследственных факторов вследствие микроструктуры при многоэтапном деформировании арматурного каната и его элементов (проволок)

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Практическая значимость полученных автором результатов заключается в следующем:

- предложен комплекс рациональных режимов термомеханического воздействия при производстве стабилизированных высокопрочных арматурных канатов;
- разработана методика расчета, позволяющая выбирать эффективные режимы калибрующего обжатия прядей подвижных канатов в роликовых волоках с системой калибров «круг – круг»;
- обосновано снижение трудозатрат при проектировании технологического процесса производства высокопрочных арматурных канатов;
- результаты диссертационных исследований использованы в процессе комплексного проекта по созданию высокотехнологичного комплекса с участием высшего образовательного учреждения (договор с Минобрнауки РФ №02.G25.31.0178 от 01.12.2015 г.);
- результаты диссертационных исследований использованы в учебном процессе кафедре «Металлургии и стандартизации» ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» при обучении по направлению 22.03.02 «Металлургия» профиль «Обработка давлением металлов и сплавов» и 22.04.02 профиль «Инжиниринг инновационных технологий в обработке материалов давлением».

Практическая значимость полученных в работе результатов подтверждается актами использования результатов диссертационного исследования..

5. АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ И ПУБЛИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Материалы исследования достаточно апробированы на научно-технических

конференциях различного уровня и опубликованы в научной печати, в частности, в изданиях, рекомендуемых ВАК. Общее количество публикаций - 10, из них 3 – в рецензируемых изданиях ВАК, 2 – в журналах индексируемых наукометрических базах Scopus и Web of Science/

6. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация написана логично, грамотным техническим языком, проиллюстрирована графиками, рисунками, схемами и таблицами, позволяющими достаточно объективно оценить полученные автором результаты. При проведении комплекса теоретико-экспериментальных исследований, в частности, при анализе и представлении результатов, использовались современная лабораторная база и современное программное обеспечение.

Содержание диссертации соответствует требованиям ВАК РФ, а её оформление – требованиям ГОСТ Р для текстовых документов.

Основные результаты работы представлены в автореферате.

Анализ материалов, представленных в работе, позволяет сделать вывод о том, что диссертация соответствует заявленной специальности 2.6.4 - Обработка металлов давлением.

7. ЗАМЕЧАНИЯ

Стр.6 - Цель и задачи лучше было сформулировать в отдельной главе (Постановка задачи исследований) после первой главы или отдельном параграфе в конце первой главы после анализа проблемы.

Стр.31 – второй абзац сверху – остаточные напряжения могут возникать в «...сплошной однородной изотропной среде». В идеализированной сплошной среде остаточные напряжения не возникают, так как отсутствуют дефекты структуры, например, в виде дислокаций и др.

Последний абзац – «...одни слои растягиваются в большей степени...». Не совсем корректное выражение.

Стр.32 – первый абзац сверху – «В ОМД принято считать, что растягивающие напряжения оказывают отрицательное (Ремарка - не только в ОМД, но и в машиностроении и металлургии в целом)

Стр.33-34 – необходимо было акцентировать внимание на том, что анализ и расчёт остаточных напряжений относится к отдельным проволокам, а не к конструкции в виде каната.

Третий и последний абзацы снизу «... измерение напряжений...» - измеряют деформации.

Стр. 35 – второй абзац сверху – замечание то же, что и на стр.33-34.

Стр.47 (также на стр. 52) – рис.2.10 – «Распределение напряжений Мизеса». Некорректно – правильнее «Распределение интенсивности напряжений по критерию Мизеса».

Стр. 54 – рисунок 2.15 – почему перевернуты надписи?

Стр.55 – «...распределение напряжений и эквивалентных деформаций...», однако указаны только значения интенсивности напряжений.

Стр.57 – последний абзац (и рисунки 3.7, 3.8) – используется термин «степень деформации», что эквивалентно термину «интенсивность деформации» или «эквивалентная деформация», которую использует автор. Желательно использовать по тексту один термин.

Стр.64 – таблица 2.6 – точность указания прочностных и деформационных свойств проволоки можно снизить.

Стр.66 – описание процедуры изменения граничных условий соответствуют рисунку 2.31.

В п.5 описания вызывает вопрос принятие условия моментального снятия температурного воздействия (нет его обоснования)

Стр.69 – к сожалению не указаны результаты расчёта остаточных напряжений в периферийных проволоках, напряженно-деформированное состояние которых отличается от напряженно-деформированного состояния центральной проволоки.

Стр.74 – таблица 3.1 и др. показывает, что результаты можно представить уравнением регрессии трёхфакторного эксперимента зависимости межпластинчатого расстояния от параметров процесса - скорости движения каната, температуры, усилия натяжения), что, по-моему могло быть также отражать научную новизну работы и её практическую значимость.

Стр.84 – первая строчка– вместо термина «потери напряжений» корректнее использовать термин «потери напряжений от релаксации»,.

Стр.87 – таблица 3.4 – приведены результаты определения остаточных напряжений 1 рода, а ранее указано, что определялись напряжения 2 рода?

Стр. 96 – Рисунок 4.8 не очень понятна причина образования «пятнистого» характера распределения эквивалентных деформаций при обжатиях 3% и 6% Можно предположить, что это результат деформирования каната при использовании профилирующих роликов для нанесения армирующего периодического профиля, но из описания процесса обжатия и рисунков 4.2 и 4.3 это не следует.

Стр. 96 – второй абзац снизу – не указаны единицы измерения остаточных напряжений.

Общее замечание: в работе приведены многочисленные результаты экспериментов, но не приведены результаты их статистической обработки с указанием средних значений и дисперсии.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов, так как частично имеют рекомендательный или дискуссионный характер, а некоторые связаны с невнимательностью автора.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальное ознакомление и анализ представленной к защите диссертационной работы и автореферата позволяет сделать следующие выводы:

1. Диссертация представляет завершённую научно-исследовательскую

работу, посвященную решению актуальной проблемы связанной с разработкой технологии изготовления арматурных канатов с заданными эксплуатационными характеристиками.

2. Работа обладает научной новизной и практической значимостью и отражает личный вклад автора в получение теоретических и практических результатов исследований.

3. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

4. Материалы диссертации достаточно апробированы и опубликованы в научной печати.

5. Автореферат диссертации достаточно полно отражает основные результаты работы.

6. Работа отвечает критериям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и, в соответствии с п.9 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление правительства РФ №842 от 24.09.2013г.), является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны.

7. Автор Медведева Е.М. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. - Обработка металлов давлением.

Доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры «Динамика и прочность машин»
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет»,
614990, Пермский край, г.Пермь, Комсомольский
проспект, 29.

E-mail: dpm@pstu.ru, tvn_perm@mail.ru

Тел.: +7 912 482-34-70

05.03.05 - Технологии и машины обработки
давлением, 01.02.04 – Механика
деформируемого твердого тела

Подпись Трофимова В.Н. подтверждаю,
Учёный секретарь Учёного совета
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», кандидат исторических наук

 В.Н. Трофимов



 В.И. Макаревич