

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Алексея Валентиновича Короля «Совершенствование двухвалковой
винтовой прошивки на основе моделирования и разработки новых
технических решений»

Актуальность избранной темы

Значительную часть бесшовных горячекатаных труб производят на трубопрокатных агрегатах с прошивным станом винтовой прокатки, который используется для получения полой гильзы из сплошной катаной или непрерывнолитой заготовки. Следует отметить, что с каждым годом всё больше растут требования к точности размеров горячекатаных труб, которая во многом зависит от точности гильз. В виду особенностей процесса прошивки заготовки на стане винтовой прокатки не удастся избежать разностенности и отклонений по диаметру гильз, которые при последующих переделах полностью не устраняются. Известно, что проблемы повышения точности гильз, уменьшение количества дефектов на их поверхности, а также повышение стойкости инструмента прошивного стана должны решаться в комплексе. В этой связи диссертационная работа А. В. Короля, направленная на совершенствование двухвалковой винтовой прошивки, является актуальной.

Структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, изложена на 139 страницах машинного текста, включающего 55 рисунков, 19 таблиц, список использованных источников из 127 наименований отечественных и зарубежных авторов, три приложения со сведениями практической реализации основных положений и выводов по работе и личного вклада автора диссертации.

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, представлена структура работы.

В первой главе представлен критический обзор известных достижений и теоретических положений, разработанных такими авторитетными учеными, как А.И. Целиков, А.Ф. Лисочкин, Ф.А. Данилов, А.З. Глейберг, В.Г. Балакин, Е. Зибель, Р.М. Голубчик, П.К. Тетерин, О.Я. Пляцковский, В.В. Швейкин, В.Л. Колмогоров, В.С. Смирнов, Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, И.А. Фомичев, Я.Л. Ваткин, С.П. Галкин, П.Т. Емельяненко и др. по вопросам, связанным с условиями устойчивости винтовой прошивки заготовок, режимами деформации, напряженно-деформированным состоянием при двухвалковой винтовой прошивке, точностью размеров гильз, стойкостью инструмента, а также с методиками расчета параметров настройки и калибровки инструмента.

Во второй главе представлены результаты компьютерного моделирования процесса двухвалковой винтовой прошивки в программе QForm 3D. В результате конечно-элементного моделирования была подтверждена гипотеза о том, что подпирающая сила со стороны оправки приводит к снижению осевых растягивающих напряжений. Также установлено, что с увеличением коэффициента овализации и угла подачи возрастают растягивающие напряжения в центральной зоне заготовки. Получены новые математические зависимости, описывающие форму очага деформации и учитывающие влияние углов подачи и раскатки. На основе полученных формул была усовершенствована методика расчета параметров настройки прошивного стана. Получены новые математические зависимости для расчета калибровок лнеек и оправок. Решены оптимизационные задачи минимизации машинного времени процесса прошивки и усилия зацентровки переднего конца заготовки.

В третьей главе представлены результаты статистического анализа стойкости оправок прошивного стана. Установлено, что данные по стойкости оправок, характеризуются высоким уровнем рассеяности. Также в главе проанализировано влияние различных факторов на стойкость оправок. В ходе исследования автор показал, что размер оправок, режимы деформации, машинное время и форма оправки в равной степени оказывают влияние на ее стойкость. Предложена новая форма оправок, обеспечивающая уменьшение усилия со стороны металла и разогрев на наиболее нагруженном участке, что обеспечило повышение стойкости.

В четвертой главе представлены результаты промышленных испытаний оправок с новой калибровкой на АО «ВТЗ». В ходе испытаний было установлено, что оправки с новой калибровкой имеют более высокую стойкость, чем штатные оправки. На основе полученных математических моделей на ПАО «СТЗ» была разработана и опробована новая технология прошивки, обеспечивающая получение тонкостенных гильз с отклонением по толщине стенки не более $\pm 5\%$ и по диаметру не более $\pm 1\%$.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна полученных результатов определяется:

- установлено влияние основных параметров настройки на напряженно-деформированное состояние;
- получены новые математические зависимости, позволяющие рассчитать параметры очага деформации с учетом разворота валков на угол подачи и раскатки;
- разработана методика по определению настроечных параметров процесса двухвалковой винтовой прошивки;
- получены новые математические зависимости для расчета калибровок линеек и оправок прошивного стана;

- в ходе решения оптимизационной задачи найдены оптимальные значения параметров настройки прошивного стана, обеспечивающие минимизацию машинного времени;

- в ходе решения оптимизационной задачи определена оптимальная форма бойка зацентровщика, обеспечивающая минимизацию силы зацентровки.

Практическая значимость

Выполненные в диссертационной работе теоретические и экспериментальные в условиях производства исследования позволили получить следующие результаты:

- разработана технология получения гильз повышенной точности с отклонением наружного диаметра гильзы $\pm 1\%$ и толщины стенки $\pm 5\%$;

- разработан алгоритм настройки прошивного стана, который используется на ТПА 159-426 ФО «ВТЗ». Алгоритм реализован в программе для ЭВМ «Korx2»;

- математические модели оптимизации процессов прошивки и зацентровки могут быть использованы при проектировании трубопрокатных агрегатов;

- разработана и запатентована новая форма оправки прошивного стана, обеспечивающая ее повышенную стойкость;

- результаты работы внедрены в учебный процесс.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов компьютерного и физического моделирования определяется использованием широко применяемых лицензионных программ QForm 3D и КОМПАС-3D. Результаты

компьютерного моделирования хорошо согласуются с данными промышленных экспериментов на ПАО «СТЗ», АО «ВТЗ» и ПАО «СинТЗ».

Апробация

По результатам диссертационной работы опубликовано 18 статей, в том числе 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, получен 1 патент РФ на изобретение и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты исследований обсуждались на 10 международных, российских и региональных конференциях и конгрессах.

Замечания к работе

1. В работе нет анализа исследования влияния угла подачи на напряженное состояние в очаге деформации при винтовой прокатке, который проводил А.Н. Никулин. Также необходимо отметить, что зависимость крутящего момента от угла подачи была получена ранее И.Н. Потаповым и П.И. Полухиным.

2. При разработке системы ограничений для операции «передняя зацентровка» было принято, что минимальная глубина зацентровки h должна составлять 20 мм. Неясно на основании чего был сделан такой выбор. М.Ф. Столетний в своих исследованиях показал, что глубину зацентровочного отверстия рекомендуют делать равной $D_3/5$, а И.Н. Потапов и П.И. Полухин установили, что зацентровка переднего конца гильзы является эффективной при $h > 30 \div 70$ мм.

3. В систему ограничений процесса двухвалковой винтовой прошивки можно добавить условие жёсткости стержня прошивного стана, так как разностенность гильзы из-за изгиба стержня оправки может достигать 5÷10 %.

4. При проведении статистического анализа стойкости оправок прошивного стана было выполнено 113 наблюдений. Однако не было

проверено, является ли такое количество наблюдений достаточным для высказывания суждений о генеральной совокупности в целом.

5. При проведении компьютерного моделирования и статистического анализа не указывались марки стали заготовок. Являются ли результаты исследований справедливыми для различных марок стали.

6. Из диаграммы на рис. 33 видно, что стойкость оправок диаметром $D_{\text{опр}}=163$ мм выше, чем стойкость оправок диаметром $D_{\text{опр}}=158$ мм. Автор это объясняет, тем, что оправки диаметром 163 мм имеют больший объём и массу. В таком случае не ясно, почему стойкость оправок диаметром 168 мм меньше, чем стойкость оправок диаметром 163 и 158 мм. Таким образом, утверждение автора о том, что с увеличением отношения длины рабочей поверхности оправки к диаметру оправки $\frac{L_{\text{раб}}}{D_{\text{опр}}}$ стойкость оправок увеличивается вызывает сомнение.

7. В работе вместо устоявшегося термина «коэффициент вытяжки» неоднократно используется «вытяжка». Также используется термин «развес» вместо «диаметр».

В целом высказанные замечания не затрагивают сущности и ценности, предложенных в работе технических и технологических решений и разработанных методик исследования.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа, подготовленная А.В. Королем, представляет законченную научно-квалификационную работу, которая выполнена на актуальную тему и решает важную задачу совершенствования процесса двухвалковой винтовой прошивки на основе компьютерного, математического и физического моделирования.

Результаты научных исследований, выполненных автором, имеют важное теоретическое и практическое значение. Их внедрение вносит значительных

