

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу КОРОЛЯ Алексея Валентиновича на тему «Совершенствование двухвалковой винтовой прошивки на основе моделирования и разработки новых технических решений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Короля А.В. направлена на решение актуальной научно - технической проблемы совершенствования процесса двухвалковой винтовой прошивки, основанного на моделировании и разработке новых технических решений, обеспечивающих повышение точности гильз, уменьшение дефектов на поверхностях гильз, увеличение производительности прошивных станов; повышение стойкости оправок прошивных станов.

Актуальность темы обусловлена, в первую очередь, следующими основными причинами.

- Отсутствие в отечественной практике достаточного опыта проектирования прокатного инструмента винтовых прошивных станов для изготовления заготовок труб из заготовки относительно большего развеса, так как традиционно такие заготовки изготавливались на тихоходных станах винтовой прокатки, входящих в состав трубопрокатных агрегатов с пилигримовым станом. В отличие от традиционной схемы при получении гильз на скоростных станах винтовой прокатки происходит значительное падение стойкости прокатного инструмента, в первую очередь оправок прошивного стана, и увеличиваются погрешности формы гильз из-за высокой степени и скорости деформирования заготовки.

- Высокая гибкость процесса двухвалковой винтовой прошивки и широкий диапазон изменения настроечных параметров прошивных станов вызывает определенные трудности в разработке технологии винтовой прокатки, так как подбор каждого параметра винтовой прокатки осуществляется обычно на базе экспериментальных исследований и практического опыта эксплуатации конкретных трубопрокатных агрегатов без использования современных численных методов математического моделирования и постановки оптимизационных задач.

Новизна результатов работы

Среди результатов диссертации, обладающих научной новизной, можно выделить следующие, наиболее значительные:

- получены новые аналитические зависимости для расчёта геометрических параметров очага деформации при двухвалковой винтовой прошивке, учитывающие его искажение, вызванное разворотом валков на угол подачи и раскатки;

- получены новые аналитические зависимости для расчета профиля линейки, позволяющие разрабатывать их калибровку, обеспечивающую повышение точности гильз за счет уменьшения внеконтактной деформации;

- получены новые аналитические зависимости для расчета величины зазора между оправкой и внутренним диаметром гильзы, необходимые для оптимизации калибровки оправок.

- предложены и реализованы подходы для оптимизации значений параметров настройки прошивного стана, обеспечивающих минимизацию машинного времени прошивки, и формы бойка зацентровщика из условия минимума усилия зацентровки.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость рассматриваемой диссертационной работы заключается:

- в разработке математических моделей по настройке прошивного стана, калибровки оправок и линеек;
- в постановке и решении оптимизационных задач при выборе параметров настройки валков по критерию минимизации машинного времени и ограничениям по критериям качества гильз;
- в постановке и решении оптимизационных задач при выборе угла конусности зацентровщика и глубины зацентровки.

Практическая значимость заключается:

- в использовании результатов расчетов по математической модели настройки при пуско-наладочных работах прошивного стана на ПАО «СТЗ», разработке технологии получения гильз повышенной точности, обеспечивающей отклонение наружного диаметра гильзы $\pm 1\%$ и отклонение толщины стенки гильзы $\pm 5\%$;
- в использовании алгоритма настройки прошивных станков с учетом ограничений процесса в программном продукте «Когх2» и в методике твердотельного моделирования винтовой прошивки, которая применяется на прошивном стане ТПА 159-426 АО «ВТЗ»;
- в возможности применения математических моделей «Оптимизация процесса прошивки» и «Оптимизация операции зацентровки» при проектировании новых трубопрокатных агрегатов и при разработке оборудования зацентровщиков;
- в разработке новой формы оправки прошивного стана, способствующей повышению ее стойкости, техническая новизна которой защищена патентом РФ;
- в использовании результатов работы в учебном процессе по профессиональной переподготовке специалистов АО «ВТЗ», а также при чтении в ЮУрГУ лекций в курсе «Теория обработки металлов давлением» по направлению 22.04.02.5 «Металлургия» и в курсе «Оборудование трубных цехов» по направлению 15.04.02.1 «Технологические машины и оборудование».

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов исследований и полученных выводов подтверждена:

- большим объемом экспериментальных и опытно-промышленных исследований на на ПАО «СТЗ», АО «ВТЗ», ПАО «СинТЗ»;
- широким использованием статистических методов для обработки результатов исследований и их математического описания;
- использованием для математического моделирования напряженно-деформированного состояния при прошивке известной программы QForm 3D, а для построения геометрических моделей инструмента и очагов деформации - системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D.

Опубликование и апробация основных результатов исследований, представленных в диссертации

Основное содержание диссертации опубликовано автором в 7 научных статьях в изданиях, входящих в Перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК. Технические решения защищены патентом на изобретение.

Результаты исследований доложены и обсуждены на российских и международных научно-технических конференциях и семинарах.

Структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и приложений. Список использованных источников содержит 127 наименований. Структуру диссертации следует признать достаточно удачной. Акты использования результатов работы, помещенные в приложения, наглядно позволяют судить о практической реализации результатов работы.

Замечание.

В обзоре научно-технической литературе практически не отражено состояние исследований по теме диссертации, выполненных исследователями других стран, в списке использованных источников только четыре относятся к зарубежным публикациям, да и то они имеют скорее техническую, а не научную направленность.

Оформление диссертации и автореферата

Содержание диссертации структурировано по главам. Дополнительные материалы, в которых содержатся чертежи разработанного инструмента и акты использования результатов исследований помещены в Приложениях. Диссертация написана достаточно грамотно и оформлена в соответствии с требованиями к материалам, направляемым в печать. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Замечания:

- 1) В тексте диссертации имеются отдельные опечатки и неудачные выражения, но они не мешают восприятию содержательной части диссертации. Например:
 - на рисунке 46 схема замеров толщины стенки гильзы приведена без пояснений;
 - на рис. 2 не указано обозначение горизонтальной оси;
 - неудачные выражения «напряжения на поверхностных слоях» на стр. 33 -35, «методика по определению» на стр.48, «математическая модель для проектирования» на стр. 55, 60 и др.
- 2) Во введении отсутствуют ссылки на ведомственные научные программы, планы исследований организаций и др. документы, на основании которых ставились и выполнялись исследования, результаты которых приведены в диссертации.

Новизна и обоснованность основных научных положений и результатов диссертации

***Результат 1.** Численно исследовано напряженно-деформированное состояние заготовки при двухвалковой винтовой прошивке и определено влияние коэффициента овализации и угла подачи на уровень осевых растягивающих напряжений в центральной зоне заготовки.*

Исследование проведено путем компьютерного моделирования в программе QForm3D одного оборота заготовки при двухвалковой прошивке. Результаты моделирования представлены в виде графиков изменения от угла поворота величин осевых напряжений в центре заготовки, среднего нормального напряжения на поверхности заготовки. Приведены графики, характеризующие изменение во время прошивки средних нормальных напряжений в очаге деформации в центральной зоне заготовки.

Сами по себе результаты моделирования представляют интерес, но постановка задачи описана неудовлетворительно, а анализ результатов сделан не четко, поэтому к их трактовкам есть ***вопросы и замечания:***

- 1) В тексте диссертации отсутствуют сведения о постановке задачи при моделировании (граничные и начальные условия, описание материала и его свойств, размеры инструмента, заготовки, гильзы и др.) Вместо этого читателя отсылают к источникам [107, 108], где, видимо, это описывается. Без указанных выше сведений невозможно оценить адекватность сформулированных выводов.
- 2) Не указано, на каком расстоянии от носика оправки определялись напряжения. Для оценки опасности разрушения следует приводить не абсолютные значения среднего нормального напряжения, а значения коэффициента жесткости напряженного состояния, рассчитываемого как отношение среднего нормального напряжения к интенсивности касательных напряжений.
- 3) На стр. 38 указывается, что при увеличении угла подачи растягивающие напряжения на оси заготовки увеличиваются (это должно инициировать разрушение).

Ниже отмечается, что при увеличении угла подачи увеличиваются сжимающие напряжения перед носиком оправки, что способствует залечиванию возникшего разрушения. Каковы же рекомендации автора – надо увеличивать или уменьшать угол подачи?

Результат 2. Разработана методика определения настроечных параметров при двухвалковой винтовой прошивке, учитывающая искажение очага деформации углами подачи и раскатки.

Для разработки методики автором предложены аналитические зависимости по определению взаиморасположения заготовки и валков в очаге деформации. На основании полученных зависимостей разработана методика, которая позволяет определить основные настроечные параметры (расстояние между валками в пережиме валков, выдвижение оправки за пережим валков и др.) в зависимости от угла подачи. Для анализа разработанной методики было проведено численное исследование и сделаны выводы о приемлемой для инженерной практики точности производимых расчетов.

Замечание.

1. Аналитические зависимости по определению взаиморасположения заготовки и валков в очаге деформации при винтовой и поперечно-винтовой прокатке ранее предлагались и другими авторами, например из МИСиС. В чем состоит преимущество предложенных автором диссертации формул?

Результат 3. Разработана математическая модель для проектирования направляющих линеек.

При разработке модели были определены геометрические соотношения профиля рабочей поверхности линеек, которые обеспечивают уменьшение внеконтактной деформации гильзы в очаге деформации прошивного стана, что приводит к повышению точности гильз при минимизации сопротивления перемещению металла вдоль геликоидальной траектории. Полученная модель была подвергнута численному исследованию, позволившему выявить влияние частных факторов. Это небольшой раздел работы, но имеющий существенное теоретическое и практическое значение, так как позволяет создать модель оптимизации профиля оправки.

Результат 4. Разработана математическая модель проектирования оправок, необходимых для получения тонкостенных гильз.

Модель основана на описании взаиморасположения тонкостенной гильзы и оправки с учетом утолщения стенки и уменьшения внутреннего диаметра гильзы из-за пластического изгиба стенки в конце калибрующего участка оправки в очаге деформации. Такой характер формоизменения встречается при прошивке по технологической схеме «посад». По разработанной автором методике определяется величина зазора между диаметром оправки и внутренним диаметром гильзы («разбой»). В результате численных исследований модели выявлено, что величина «разбоя» гильзы зависит от настроечных параметров процесса прошивки, диаметра прошиваемой заготовки и от калибровки прокатного инструмента.

Результат 5. На основе новых математических моделей разработана технология получения гильз, необходимых для производства труб на непрерывном стане «FQM» (Fine Quality Mill) Северского трубного завода.

На Северском трубном заводе в 2014 году запускалась высокотехнологичная трубопрокатная линия по производству бесшовных труб с раскатным непрерывным станом «FQM» (Fine Quality Mill) фирмы «Danieli». На основе полученных в работе математических моделей были разработаны калибровки линеек и оправок для получения тонкостенных гильз диаметром 328 мм из заготовки диаметром 290 мм. Данная технология прошла апробацию в период гарантийных испытаний и позволила получить гильзу повышенной

точности: отклонение наружного диаметра гильзы $\pm 1\%$; отклонение толщины стенки $\pm 5\%$.

Результаты 6 и 7. Решены оптимизационные задачи двухвалковой винтовой прошивки с направляющими линейками и процесса «передняя зацентровка» заготовки.

В задаче двухвалковой винтовой прошивки с направляющими линейками Критерием оптимизации является минимальное машинное время прошивки, а управляющими параметрами - относительное обжатие заготовки в пережиме валков и угол подачи. При решении оптимизационной задачи была разработана система ограничений винтовой прошивки, которая обеспечивает получение качественных гильз и труб.

Критерием оптимизации при решении задачи для процесса «передняя зацентровка» является усилие зацентровки, управляющими параметрами - угол конусности бойка и длина рабочей поверхности бойка. При решении оптимизационной задачи была разработана система ограничений операции «передняя зацентровка», которая обеспечивает при последующей прошивке получение гильз с повышенным качеством.

Замечания по оптимизационной задаче для операции «передняя зацентровка»

1. Неясно, почему вместо решения задачи о внедрении конуса автор решал задачу внедрения клина, используя при этом метод линий скольжений, тогда так как использованные допущения являются довольно грубыми.

2. Неясно, как находится минимум усилия зацентровки, если оба фактора (угол конусности и глубина внедрения) влияют одинаково – с их увеличением усилие вдавливания возрастет?

Результаты 8 и 9. Проведен анализ по влиянию различных факторов на стойкость оправок и предложено техническое решение по увеличению стойкости оправок прошивного стана.

Представленные результаты наиболее полно характеризуют практическую значимость исследований диссертанта и их экономическую эффективность. Апробация разработанной формы оправок проведена на прошивном стане ТПА 159-426 АО «ВТЗ» и было установлено, что их использование способствует снижению усилия металла и уменьшению разогрева на ее более нагруженном участке. Экспериментальные оправки показали работоспособность и повышенную стойкость в сравнении с существующими оправками.

Заключение

Высказанные в отзыве критические замечания не снижают научной новизны и практической значимости выполненной работы, не опровергают основных научных положений и результатов диссертации и не оказывают решающего влияния на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа А.В. Короля является квалификационной научной работой, выполненной автором на актуальную тему, содержит новые научно обоснованные технические решения в области прошивки гильз при производстве горячедеформированных труб на трубопрокатных агрегатах с использованием метода винтовой прокатки, полученные на основе компьютерного и физического моделирования технологических процессов и статистического анализа качества труб. Результаты научных исследований, выполненных автором, имеют теоретическую и практическую значимость. Предложенные технические решения показали экономическую эффективность и могут быть рекомендованы для более широкого внедрения на трубных заводах страны. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Материалы диссертации опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением» и отвечает критериям п.

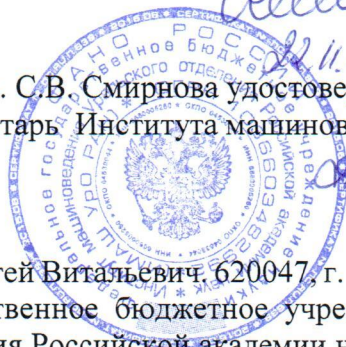
9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Король Алексей Валентинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент
доктор технических наук, ст. научный сотрудник,
директор Института машиноведения УрО РАН

С.В.СМИРНОВ

Подпись д.т.н. С.В. Смирнова удостоверяю,
Ученый секретарь Института машиноведения УрО РАН,
к.т.н.

А.М. ПОВОЛОЦКАЯ



22.11.2016

Смирнов Сергей Витальевич. 620047, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, директор, заведующий лабораторией микромеханики материалов, доктор технических наук, старший научный сотрудник.

Тел.: (343) 3744076. e-mail: svs@imach.uran.ru