

ОТЗЫВ

официального оппонента Корниловой Анны Владимировны
на диссертационную работу Пузырева Сергея Сергеевича
«Компьютерное моделирование и совершенствование технологии
производства железнодорожных колес», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.4. Обработка металлов давлением.

1. Актуальность

По оценке Института проблем естественных монополий общая потребность российского рынка в цельнокатанных колесах составляет 1,5 миллиона штук в год. В настоящее время железнодорожные колеса, производимые этим способом, выпускают предприятия более чем в 25 странах мира. Но даже в условиях роста потребности в железнодорожных колесах Россия может полностью обеспечить рынок продукцией отечественного производства. Развитие отечественных колесных мощностей является важным пунктом программы импортозамещения. В АО «ЕВРАЗ НТМК» было освоено производство семи новых видов колес, ведется работа над моделями для тяжеловесного грузового и высокоскоростного пассажирского сообщения. При этом возникают задачи снижения расхода металла, материальных и энергетических затрат. Решение этих задач при производстве железнодорожных колес требует поиска новых технических и технологических решений. Поэтому актуальной научно-технической задачей является совершенствование существующих и разработка новых технологических схем обработки заготовок давлением при производстве железнодорожных колес, обеспечивающих равномерное течение металла по периметру поковки, что позволяет снизить энергосиловые затраты на производство и обеспечить высокую точность размеров чернового колеса.

Актуальность работы также подтверждается тем, что исследования проводились в соответствии с программой опытно-промышленных работ (ОПР №ОПРНТ 16/0084 «Отработка калибровки для производства колес Ø 957 мм по ГОСТ 10791-2011»).

2. Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 126 страницах машинописного текста, включает 44 рисунка, 15 таблиц и состоит из введения, четырех глав,

заклучения, списка литературы из 133 наименований и двух приложений.

Во введении показана актуальность исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе приведен литературный обзор по теме. Сделан подробный анализ современных способов производства железнодорожных колес. Выполнен анализ состояния и развития технологических схем на колесопрокатных станах различных заводов, а также методов физического и математического моделирования процессов деформации. Сформулирована цель работы, определены задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.

Проведенный автором подробный литературный обзор отечественных и зарубежных технологий показал, что основным способом изготовления железнодорожных колес, является технология, совмещающая в себе несколько чередующихся операций штамповки колесной заготовки, с последующей прокаткой на колесопрокатном стане. Основная тенденция развития современных производственных линий по выпуску железнодорожных колес, основывается на совмещении операции штамповки, предшествующих операции прокатки на колесопрокатном стане, на одном-двух гидравлических прессах, что позволяет сократить затраты на покупку и обслуживание дорогостоящего оборудования. В результате анализа литературных источников автором было установлено, что влияние различных схем предварительной и окончательной штамповки на формоизменение колесной заготовки не определено, не разработаны рекомендации по выбору оптимальных соотношения геометрических параметров поковки, обеспечивающие рациональные потоки металла при предварительной и окончательной штамповке; недостаточно освещен вопрос выбора начальных и граничных условий для выполнения компьютерного моделирования, обеспечивающего высокую точность расчетов формоизменения металла и силовых параметров процессов штамповки при производстве черновых колес. В связи с этим сформулирована цель работы – осуществить совершенствование технологии производства цельнокатаных железнодорожных колес на основе компьютерного моделирования. Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

1. Определить начальные и граничные условия и создать компьютерную модель процессов деформации, адаптированную для условий промышленного производства железнодорожных колес.
2. Оценить влияние технологических факторов на точность изготовления колес в зависимости от калибровки инструмента и режимов деформации.
3. Определить оптимальные соотношения геометрических параметров

поковки, обеспечивающие рациональные потоки металла при штамповке.

4. Разработать, исследовать и провести промышленное опробование способа предварительной штамповки, совмещающего процессы осадки и разгонки.

5. Выполнить анализ уровня бракованной продукции по видам дефектов, разработать и внедрить систему статистического контроля процесса производства.

Во второй главе на основе физического и компьютерного моделирования выполнено исследование операций предварительной и окончательной штамповки для действующей технологической схемы производства железнодорожных колес на АО «ЕВРАЗ НТМК». Разработаны калибровки инструмента деформации для альтернативных способов предварительной штамповки с обеспечением разгонки металла. Выполнен анализ влияния геометрических параметров поковки на положение нейтрального сечения, для технологической схемы, обеспечивающей разгонку металла при предварительной штамповке. Для исследования процессов предварительной и окончательной штамповки заготовки использован программный комплекс Deform V6.1. Для повышения точности решения задачи моделирования необходимо определить начальные и граничные условия. С этой целью в работе произведено уточнение пластических свойств марки стали 2, на основе данных по среднему содержанию химических элементов, при помощи программного пакета JMatPro. Построены зависимости сопротивления деформации от степени деформации, скорости деформации и температуры деформируемого материала для исследуемого диапазона температур (1000 – 1300°C). С целью уточнения исходных данных для моделирования температурных полей на поверхности заготовки и для определения начальной температуры инструмента деформации в операциях предварительной и окончательной штамповки, осуществлено исследование температуры тридцати заготовок при помощи тепловизора и проведено измерение температуры поверхности штампов в паузе между операциями штамповки при установившемся темпе работы прессопрокатной линии. С целью обеспечения сходимости результатов компьютерного моделирования с промышленными данными автором проведена опытная штамповка заготовок со штыревой моделью для определения показателя трения. На основе уточненных данных начальных и граничных условий выполнено компьютерное моделирование операций предварительной и окончательной штамповки для действующей технологической схемы производства колес на АО «ЕВРАЗ НТМК». По результатам моделирования установлены основные стадии формоизменения колесной заготовки в процессе штамповки и проведен анализ течения

металла для действующей технологии на основе результатов проведенного опыта со штыревой моделью. Расхождение технологических параметров процесса штамповки формоизменения, полученных на основе результатов компьютерного моделирования и промышленного эксперимента со штыревой моделью составило 5%. В этой же главе автором рассмотрено сравнение действующей технологии и двух альтернативных вариантов штамповки, которые обеспечивают разгонку металла. Проведенное компьютерное моделирование показало, что при выполнении операции разгонки на этапе предварительной штамповки при окончательной штамповке обеспечиваются наилучшие показатели силовых параметров.

В третьей главе представлены результаты промышленной апробации способа предварительной штамповки с обеспечением разгонки металла. Были прокатаны две партии заготовок (объемом 30 штук): сравнительная по действующей технологической схеме и опытная партия с применением способа предварительной штамповки на прессе R-5000, обеспечивающим разгонку металла. Сравнительная партия показала более высокую точность геометрии поковок, практически позволило уменьшить отклонения размеров в 2 раза. Анализ полученных результатов энергосиловых параметров показал, что наиболее энергоэффективной с точки зрения равномерности распределения усилий по прессам является калибровка опытной партии заготовок. Снижение усилия штамповки при использовании новой калибровки для прессы R-5000 составило 11,0%, для прессы R-9000 – 28,5%.

В четвертой главе представлены этапы и результаты внедрения системы статистического контроля технологических процессов при производстве черновых колес в условиях колесобандажного цеха АО «ЕВРАЗ НТМК». С 2016 года система статистического контроля процессов производства перешла в режим промышленной эксплуатации. В главе приведена статистика брака по видам дефектов за период 2012-2015г., который показал, что основной составляющей структуры брака является блок чернота, который составил 32,8 % от общего всего объема забракованной продукции и блок дефекты по геометрии, составляющий 27,3 %. Для всех контролируемых параметров разработан план последовательных действий.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные на основании решения комплекса задач, поставленных в работе при выполнении исследований.

В приложении для подтверждения практической значимости диссертационной работы приведен акт промышленной апробации калибровки для производства колес $\varnothing 957$ мм.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает ее основные положения.

3. Научная новизна

В качестве основных пунктов научной новизны на следует выделить следующие:

- определении закономерностей течения металла в зависимости от технологической схемы, калибровки инструмента и режимов деформации, а также в уточнении начальных и граничных условий для процессов предварительной и окончательной штамповки, выполненных на основе промышленного эксперимента со штыревой моделью и компьютерного моделирования;
- определении значения показателя трения для условий контактного взаимодействия заготовки с инструментом деформации в операциях предварительной и окончательной штамповки при наличии графитовой технологической смазки;
- анализе влияния геометрических параметров поковки на положение нейтрального сечения и в определении оптимальных соотношений геометрических параметров поковки, обеспечивающих рациональные потоки металла при окончательной штамповке.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов

По моему мнению, основная теоретическая значимость работы заключается в установлении зависимостей, определяющих течение металла на всех этапах получения поковки.

Практическая значимость состоит в промышленной апробации способа предварительной штамповки колесной заготовки, совмещающего процессы осадки и разгонки металла, обеспечивающего повышение точности черновых колес и снижения энергосиловых параметров работы оборудования, а также внедрения системы статистического контроля процесса производства, направленной на снижение уровня несоответствующей продукции.

5. Апробация работы и публикация основных результатов

Материалы исследования достаточно апробированы на 10 научно-технических конференциях различного уровня. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 печатных трудах, 4 из них

опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе три статьи вошли в международные базы Scopus и Web of Science.

6. Замечания и вопросы по работе

1. В работе не рассмотрен вопрос стойкости инструмента для реализации различных вариантов штамповки. По снижению усилия штамповки, определенному в работе, оценить стойкость инструмента можно только косвенно. Судя по публикациям, на предприятии АО «ЕВРАЗ НТМК» имеется опыт оценки технической эффективности комплекса мер по повышению эксплуатационной стойкости инструмента для производства железнодорожных колес. Рекомендую в продолжении данной работ этот вопрос применительно к рассмотренным вариантам технологий учесть.
2. Глава 4 выбивается из общего строя диссертации и содержит некоторое количество выражений, не принятых в технических текстах, например, "проделана огромная работа..." и др.
3. Представляется, что оценивать выборку любого объема только по диапазону изменения (табл. 3.2, 3.3) без учета характеристик разброса, показывающих стабильность параметра, не совсем корректно.
4. В работе не приведены технические характеристики прессов, используемых для реализации технологий, что затрудняет восприятие некоторых моментов для читателей, не знакомых с технологическими линиями АО «ЕВРАЗ НТМК».
5. В работе рассмотрена только одна марка колесной стали, хотя в публикациях автора рассмотрены марки Т и С, имеющие более высокие механические характеристики. Не понятно, почему материал этих публикаций не вошел в окончательный вариант работы.
6. Важным параметром состояния колеса является структурное и фазовое состояние материала, приобретаемое изделием в процессе реализации технологии. Этот вопрос в работе не рассмотрен.
7. В тексте встречаются опечатки, повторы, разговорные выражения.
Указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости работы и полученных в диссертации результатов исследований, при этом некоторые из замечаний носят дискуссионный характер.

7. Заключение по работе

1. Диссертация Пузырева Сергея Сергеевича, содержит научную новизну,

обладает практической и теоретической значимостью и является законченной научно-квалификационной работой. Материалы диссертации достоверны, достаточно апробированы и опубликованы в научной печати.

2. Основные результаты исследований Пузырева С.С. направлены на создание комплекса технических и технологических решений по совершенствованию технологии производства железнодорожных колес, их научным обоснованием и использованием, что безусловно имеет важное хозяйственное значение для всей экономики Российской Федерации.

3. Диссертационная работа Пузырева С.С. на тему «Компьютерное моделирование и совершенствование технологии производства железнодорожных колес» полностью соответствует научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением, а также требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, ее автор, Пузырев Сергей Сергеевич заслуживает, присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением.

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Пузырева Сергея Сергеевича и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Композиционные материалы»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский государственный
технологический университет «Станкин»,
доктор технических наук, доцент

Подпись руки *Корниловой А.В.* удосто-
УД ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНК

Дата подпи-
05.2022г.



Корнилова Анна Владимировна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «Станкин», 127055, Москва, пер. Вадковский, д.3а, ауд. 203, тел. тел.:+7(910)422-68-45, e-mail: anna44@yandex.ru