

ОТЗЫВ

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

2.6.4. Обработка металлов давлением

Диссертационная работа Пузырева Сергея Сергеевича посвящена совершенствованию существующих и разработке новых технологических схем обработки заготовок давлением при производстве колес, которые обеспечивают равномерное течение металла по периметру поковки, что в свою очередь позволяет снизить энергосиловые затраты на производство. Поскольку одним из основных направлений развития металлургического комплекса страны является снижение расхода металла, материальных и энергетических затрат в сфере производства, то исследования, направленные на решение данных задач при производстве железнодорожных колес, являются **актуальными**.

Структура и основное содержание работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений. Текст диссертации изложен на 126 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунков и 15 таблиц. Список литературы включает 133 наименований.

Во **введении** обосновывается актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, представлены научная новизна, практическая и теоретическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация полученных результатов.

Первая глава основана на большом количестве источников и содержит обширное описание и сравнительный анализ различных способов производства, технологий и методов производства колес. Рассмотрены и сравнены различные методы моделирования технологического процесса. В конце главы сформирована цель работы и задачи, решение которых позволит достичь эту цель.

Вторая глава посвящена анализу операций предварительной и окончательной штамповки для действующей технологической схемы производства железнодорожных колес на АО «ЕВРАЗ НТМК» и двух альтернативных способов штамповки, увеличивающих разгонку металла на первом этапе штамповки. Проведено моделирование процессов штамповки этих вариантов технологии в программный комплекс Deform V6.1.

При помощи тепловизора проведено измерение температурных полей на поверхности заготовки и инструмента в процессе предварительной и окончательной промышленной штамповки. Результаты использованы при моделировании. Соппротивление деформации определено по химическому составу в программном комплексе JMatPro.

Проведена опытная штамповка заготовок с внедренными в нее штырями. Полученные опытные результаты картины деформации металла использованы для установления значений показателя трения в модели Зибеля.

Проведенный комплекс исследований позволил подобрать граничные условия, позволяющие провести моделирование в Deform с очень высокой адекватностью. При сравнении результатов моделирования с действующей технологией, получена высокая сходимость кривых изменения силы штамповки, отклонения значений не превышают 5%. Таким образом, расчетная модель отработана до сверхвысокого уровня сходимости по действующей технологии, что дает высокую уверенность в правильности расчетов при моделировании и для других, новых вариантов технологии.

В процессе моделирования новых вариантов калибровки определено положение нейтрального сечения на диске, знание которого является, фактически, определяющим для правильного распределения масс металла по элементам профиля колеса. Также определено соотношение толщин обода и диска, обеспечивающее максимально возможное заполнение гравюры штампа без резкого возрастания силы штамповки при исчезновении нейтрального сечения по диску.

Путем моделирования показано, что вновь разработанный вариант переходов при штамповке имеет существенные преимущества перед действующей технологией по силе штамповки и позиционированию заготовки в штампе второго прессы.

Третья глава посвящена промышленному опробованию новой технологии штамповки и сопоставлению полученных результатов с действующей технологией с использованием тридцати заготовок для каждого сравниваемого варианта. Установлено, что геометрические характеристики колес, получаемых по новой технологии, или не уступают тем же характеристикам для существующей, хорошо отработанной технологии, или превосходят ее. При этом сила штамповки по новой технологии существенно меньше – для первого штампа на 11%, а для второго на 28,5%, а значит, меньше будут энергетические затраты на производство, износ штампов и механизмов прессов. Кроме того, получена очень высокая сходимость силы деформации, полученной при моделировании в Deform с силой, наблюдаемой на практике.

Четвертая глава посвящена разработке и внедрению системы статистического управления качеством продукции (SPC) с использованием контрольных карт Шухарта. Система позволяет получать и визуально отображать на пульте управления прессово-прокатной линии самую оперативную информацию по шестнадцати геометрическим характеристикам только что полученного черного горячего колеса с лазерного измерителя профиля и сопоставлять размеры с требуемыми, с учетом заданных полей допусков.

Наряду с отображением текущего состояния, система производит мониторинг трендов изменения размеров со статистическим прогнозированием

возможности выхода размеров за критические значения. При фактическом выходе геометрического параметра за границы поля допуска или прогнозе возможности такого выхода, на мониторе оператора возникает соответствующее предупреждающее сообщение и рекомендации по изменению параметров деформирования для приведения ситуации в норму.

На основе автоматического ведения и анализа данных контрольных карт Шухарта, система позволяет накапливать информацию и выдавать сигналы о нестабильности технологического процесса путем формирования электронных писем руководителю участка с целью планирования профилактических и ремонтных мероприятий.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при выполнении исследований.

В приложении приведена программа опытно-промышленных работ (ОПР №ОПРНТ 16/0084 «Отработка калибровки для производства колес Ø 957 мм по ГОСТ 10791-2011») в которой непосредственно принимал участие автор и акт промышленной апробации нового способа предварительной штамповки.

Научная новизна и теоретическая ценность диссертационной работы заключается в следующем:

- определены закономерности течения металла в зависимости от технологической схемы, калибровки инструмента и режимов деформации;

- определены начальные и граничных условий для процессов предварительной и окончательной штамповки, выполненных на основе промышленного эксперимента со штыревой моделью и компьютерного моделирования;

- определены значения показателя трения для условий контактного взаимодействия заготовки с инструментом деформации в операциях предварительной и окончательной штамповки при наличии графитовой технологической смазки;

- установлено влияние геометрических параметров поковки на положение нейтрального сечения и определено оптимальное соотношений геометрических параметров поковки, обеспечивающих рациональные потоки металла при окончательной штамповке.

Результаты работы соответствуют поставленным целям и задачам.

Достоверность подтверждена использованием современных методов компьютерного моделирования технологических процессов, а также согласованностью результатов компьютерного моделирования с результатами промышленных экспериментов, проводимых при опробовании способа предварительной штамповки.

Практическая значимость работы состоит в промышленной реализации способа предварительной штамповки колесной заготовки, совмещающего процессы осадки и разгонки металла, обеспечивающего

повышение точности черновых колес и снижение энергосиловых параметров работы оборудования, а также во внедрении системы статистического контроля процесса производства, направленной на снижение уровня несоответствующей продукции.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 печатных трудах, 4 из них опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ, в том числе три статьи вошли в международные базы Scopus и Web of Science.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации и опубликованным работам.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Во второй главе представлена сходимость результатов моделирования и промышленного эксперимента по температуре заготовки, при этом после операции предварительной штамповки и после операции окончательной штамповки температура заготовки в модели Deform незначительно ниже, чем фактическая температура заготовки в проведенном эксперименте. А температура после установки гидросбива оказалась, наоборот, выше в симуляции процесса, вместо эксперимента. Хотелось бы уточнить, корректно ли были заданы при моделировании граничные условия по теплопроводности и конвекционному теплообмену для водной среды в процессе моделирования гидросбива окалина? Какими приборами производился замер температуры и не могла ли оставаться часть окалина на поверхности заготовки, которая блокировала снятие реальной температуры с поверхности заготовки?

2. В автореферате представлен сравнительный анализ технологических параметров предварительной и окончательной штамповки для 3-х экспериментов: базового и двух новых предложенных вариантов, однако графически отсутствует схема базового варианта, что создаёт затруднение для проведения сравнительной оценки.

3. Ввиду того, что предложенные схемы обжатий с использованием разгонки позволили снизить усилие штамповки на прессе R-5000 на 11%, а для пресса R-9000 на 28,5%, возможна ли адаптация и дальнейшее применение данных схем для других типоразмеров железнодорожных колёс?

4. При описании системы контроля технологического процесса с использованием контрольных карт Шухарта, не описан принцип формирования выборок (групп и подгрупп) для расчета среднего значения \bar{x} и выборочного стандартного отклонения s контролируемого параметра, а это критически важно.

Указанные замечания не затрагивают основных положений, вынесенных автором на защиту и не сказываются на общей положительной оценке диссертационной работы.

Заключение по работе

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.

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований, изложены новые технические и технологические решения по совершенствованию технологии производства железнодорожных колес, а ее автор, Пузырев Сергей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры «Оборудование и процессы машиностроительных производств» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Липецкий государственный технический университет"



Володин Игорь Михайлович

Дата подписания отзыва « 6 » 06 2022 г.

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

Служебный адрес:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет".

398055, г. Липецк, ул. Московская, д.30.

Телефон: +7(903) 861-31-27

E-mail: vim2805@mail.ru

Подпись И.М. Володина заверяю:

