

В диссертационный совет Д 212.132.09  
при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»

119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4

## ОТЗЫВ

### официального оппонента на диссертационную работу ФОМИНА АЛЕКСЕЯ ВИКТОРОВИЧА

«Исследование формоизменения заготовки, полученной винтовой  
прошивкой, для производства железнодорожных колес», представленную на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

*Диссертационная работа, представленная для отзыва, состоит из введения  
и пяти глав, выводов, списка использованных источников из 98 наименований, при-  
ложения и включает 112 страниц машинописного текста, содержит 53 рисунка и  
21 таблицу. Объем автореферата - 23 страницы.*

**Актуальность работы.** Современные тенденции развития различных  
отраслей промышленности характеризуются резким повышением требований  
к качеству и эксплуатационным свойствам изделий при снижении себестои-  
мости их производства. Это стимулирует разработку высокоэффективных  
технологий, отвечающих указанным требованиям и реализующих экономию  
материальных и энергетических ресурсов, трудовых затрат.

Одним из путей повышения эффективности процессов изготовления  
железнодорожных колес является использование предварительной деforma-  
ционной проработки исходной структуры заготовок. К числу таких процес-  
сов относится винтовая прошивка слитков, которая за счет больших сдвига-  
вых деформаций позволяет изменить структуру в периферийных частях ли-  
тых заготовок.

В настоящее время разработка технологических процессов изготовле-  
ния железнодорожных колес из толстостенных заготовок ( $D_0/s_0=3,1$ , где  $D_0$  и  
 $s_0$  – наружный диаметр и толщина стенки полый заготовки) должна прово-  
диться с минимальными сроками освоения выпуска продукции. Это возмож-  
но только при использовании современных методов подготовки производст-  
ва, требующих применения более совершенных математических моделей,  
описывающих процессы деформирования материалов, и достижений вычис-  
лительной техники. В связи с этим, широкое использование прикладного  
программного комплекса DEFORM 3D при моделировании операций обра-  
ботки металлов давлением (ОМД) для изготовления полых сложнопрофиль-  
ных осесимметричных деталей, каковыми являются железнодорожные коле-  
са, штампуемые из толстостенных трубных заготовок, становится перспек-  
тивным направлением изучения операций ОМД, позволяющим назначить ра-  
циональные геометрические и технологические параметры.



Экспериментальное обоснование рациональных геометрических параметров толстостенных трубных заготовок, обеспечивающих снижение металлоемкости, трудоемкости изготовления, сокращения сроков подготовки производства и повышения эксплуатационных характеристик, является актуальной задачей.

**Цель работы.** Исследование возможности применения полый заготовки, полученной винтовой прошивкой, для производства железнодорожных колес с повышенными эксплуатационными свойствами.

**Автор защищает:**

- измененную технологическую схему процесса изготовления железнодорожных колес за счет использования предварительно деформированных литых заготовок с полостью, полученных прошивкой на винтовом стане;
- на основе использования результатов компьютерного и физического моделирования обоснована возможность бездефектного производства железнодорожных колес из полых заготовок;
- установленные геометрические соотношения размеров полых заготовок, благоприятно влияющие на кинематику течения материала и уменьшающие неоднородность распределения интенсивности деформаций по сечению сложнопрофильной осесимметричной детали, а также исключающие образование дефекта в виде зажима при закрытии полости отверстия;
- рекомендации по проектированию технологических процессов производства железнодорожных колес из толстостенных трубных заготовок, обеспечивающих заданное качество их изготовления.

**Научная новизна.**

- установлено, что механические свойства металла железнодорожных колес, изготовленных из прошитых колесных заготовок, имеют более высокие значения пластических свойств и ударной вязкости в диске, ободе колеса, по сравнению со свойствами железнодорожных колес, изготовленных по традиционной технологии;
- выявлено, что винтовая прошивка с коэффициентом вытяжки  $\mu=1,48$  существенно повышает пластические свойства и значения ударной вязкости колесной стали в заготовках, подвергнутых осадке на прессе;
- теоретическими и экспериментальными исследованиями показана возможность производства железнодорожных колес из полых заготовок с отношением  $D/S=3,1$  и отношением  $H/D=1$ , полученных прошивкой слитка колесной стали в стане винтовой прокатки.

**Достоверность и новизна научных результатов и выводов** обеспечена обоснованностью использованных зависимостей, допущений и ограничений, корректностью постановки задач, применением известных математических методов, таких как метод конечных элементов, и подтверждается качественным и количественным согласованием результатов компьютерного моделирования с экспериментальными данными, а также использованием результатов работы в промышленности.

Достоверность и новизна вывода 1 обоснована результатами экспериментов по формоизменению полых заготовок в диапазонах отношений размеров  $H/D=0,97...1,27$ ;  $d/D=0,35...0,42$ . Экспериментами подтверждено положение о том, что при свободной осадке с одновременным истечением ме-



талла в периферийные участки поковки и к оси симметрии зажима металла внутри полости не образуется.

Новизна вывода 2 заключается в разработке компьютерных моделей технологических операций изготовления железнодорожного колеса диаметром  $\varnothing 957$  мм из сплошной и полый заготовки. Достоверность вывода основана на применении программного комплекса DEFORM 3D на базе метода конечных элементов. Эффективность этого инструмента моделирования признана мировой практикой исследований.

Третий вывод, посвященный результатам исследования влияния разных схем деформационного воздействия, реализуемых на операциях винтовой прошивки, свободной осадки, достоверен, т.к. установлено, что существенно повышаются пластические свойства колесной стали марки Т, причем при комбинированной схеме применения операций с последующей термомеханической обработкой полученные свойства наследуются.

Достоверность и новизна вывода 4 обеспечена промышленной апробацией предложенного технологического процесса изготовления железнодорожных колес в условиях технологической линии АО «ВМЗ», о чем свидетельствует акт о промышленном опробовании и применении полых заготовок, полученных прошивкой слитка колесной стали в стане винтовой прокатки для производства железнодорожных колес диаметром  $\varnothing 957$  мм по ГОСТ 10791 и подтверждено механическими испытаниями, что колеса по предложенной технологии обладают более высокими механическими характеристиками.

**Методы исследования.** Теоретические исследования операций свободной осадки, разгонки в технологическом кольце, горячей объемной штамповки толстостенных трубных заготовок выполнены с использованием основных положений теории пластичности вязкопластического, несжимаемого, упрочняющегося материала в программном комплексе DEFORM 3D. Для создания моделей геометрии заготовки, рабочего инструмента и штампа использованы программный комплекс SOLID WORKS 2010. Рациональные геометрические соотношения полуфабрикатов, получаемых с помощью исследованных операций пластического деформирования позволили отштамповать поковки без образования зажима на внутреннем диаметре поковки.

#### **Практическая значимость.**

- результатами компьютерного моделирования доказана обоснованность применения предварительно прошивтой на стане винтовой прокатки полый заготовки с размерами  $D=460$  мм,  $d=60$  мм,  $H=447$  мм;

- на основе сравнительного анализа полученных экспериментальных данных по механическим испытаниям колесной стали в литом состоянии и после прошивки на стане винтовой прокатки установлено, что деформационное воздействие способом винтовой прошивки способствует повышению механических характеристик колесной стали; при комбинированном воздействии – винтовая прошивка + свободная осадка с последующей ТМО - полученные свойства наследуются;



- предложенный технологический процесс прошел апробацию в промышленных условиях АО «ВМЗ», о чем свидетельствует соответствующий акт.

**Реализация работы.** Научные результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в практике производства железнодорожных колес, поковок типа дисков, при исследовании процесса осадки полых заготовок, а также в качестве учебного материала в курсах лекций по направлению «Металлургия» и «Технологические машины и оборудование».

**Публикации результатов работы.** Материалы проведенных исследований отражены в 11 печатных работах, из них 9 статей в рецензируемых изданиях, внесенных в «Перечень утвержденных ВАК Российской Федерации изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней».

По содержанию работы можно сделать следующие **замечания**:

1. В автореферате и диссертации отсутствует формулировка практической значимости.

2. Отсутствие чертежа механически обработанной детали не позволяет оценить требования к размерной точности и шероховатости функциональных поверхностей. Также отсутствуют чертежи полуфабрикатов и поковок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой и изделий после колесопрокатного стана, что не позволяет оценить припуски и допуски на поковки.

3. Моделирование в данной работе выполнены только в среде прикладного программного комплекса DEFORM 3D на базе метода конечных элементов. Автору, для полноты картины, неплохо было бы разработать математическую модель на базе одного из методов теории обработки металлов давлением.

4. При моделировании технологии в среде DEFORM 3D автор ошибочно считает постоянной температуру штампа (стр. 42). При контакте нагретой заготовки со штампом происходит интенсивный теплообмен, причем на разных этапах ГОШ условия и вид теплопередачи различны. Градиент теплового потока направлен в сторону меньшей температуры, а значит в штамп, который интенсивно нагревается. Кроме того, штамп в паузах между рабочими ходами должен охлаждаться, каким образом не указано. Все это необходимо было учесть в компьютерной модели.

5. Из схемы на рис. 3.1. (стр. 43) непонятно как осуществляется центрирование полуфабриката, полученного разгонкой в технологическом кольце, в нижнем штампе при последующей штамповке.

6. Отсутствуют результаты оценки напряженного состояния на этапах компьютерного моделирования технологии, что является важным звеном анализа, т.к. неоднородность напряжений оказывает влияние и на распределение деформаций по сечению колеса.

7. К сожалению, автором не выполнены исследования по накоплению повреждаемости материала заготовки и, следовательно, не учитывается ее влияние на напряженное и деформационное состояние заготовки и предельные возможности деформирования, хотя программный комплекс



позволяет сделать подобную оценку на основе критерия Кокфорта-Латтама, тем более, что процесс накопления деформаций идет более интенсивно при использовании полых заготовок (рис. 3.14, стр. 60; таблица 3.5, стр. 61).

8. Международная система физических величин СИ не содержит величину «усилие».

9. Название операции «выгибка» отсутствует в ГОСТ 18970-84. Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. Термины и определения.

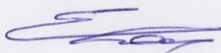
Замечания по работе не ставят под сомнение научную новизну работы, ее достоверность, практическую значимость и не снижают ценности диссертации.

### Заключение

Диссертация представляет собой законченную научную квалификационную работу, в которой приведены технические и технологические решения, обеспечивающие развитие металлургической и машиностроительной отраслей, и достигнута поставленная цель - обеспечение применения полых заготовки, полученной винтовой прошивкой, для производства железнодорожных колес с повышенными эксплуатационными свойствами.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а её автор, **Фомин Алексей Викторович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент,  
профессор кафедры  
«Системы пластического деформирования»  
ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»,  
доктор технических наук, профессор



Е.Н. Сосенушкин

127055, Москва, ГСП, Вадковский пер., д.3а  
8(499)-972-95-27  
sen@stankin.ru

