

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента**

**на диссертационную работу БЕЛОЗИР Ирины Ивановны  
«Совершенствование технологии свободного дорнования цилиндрических  
заготовок из порошковых медно-титановых материалов»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по научной специальности 2.6.4 - Обработка металлов давлением**

### **Актуальность темы диссертации.**

В настоящее время в различных отраслях машиностроения, например, в станко-, автомобиле-, тепловозостроении и др., широко используют детали типа «втулка» из порошковых материалов, обеспечивающих эффективную смазку и высокую долговечность узлов трения. При этом к данным деталям предъявляют повышенные требования к качеству поверхностного слоя (низкая шероховатость, высокая твердость и требуемая плотность).

Одним из способов повышения качества и эксплуатационных свойств цилиндрических деталей из порошковых материалов является поверхностное пластическое деформирование заготовки дорнованием, позволяющее получить необходимую плотность, твердость и износостойкость поверхностного слоя в отверстиях детали. Дорнование широко применяют для обработки заготовок их компактных материалов: сталей и цветных сплавов.

Вместе с тем, ограниченность в настоящее время теоретических и экспериментальных данных, а также научно обоснованных методик проектирования технологии дорнования заготовок из порошковых материалов, учитывающих уплотнение и упрочнение поверхностного слоя пористого материала заготовки, для обеспечения требуемых свойств (низкая шероховатость, высокая твердость и требуемая плотность), ограничивает возможность применения процессов поверхностного пластического деформирования заготовок из порошковых материалов.

В связи с этим можно отметить, что диссертационная работа Белозир И.И., посвященная решению важной научно-технической задачи установления закономерностей изменения структуры, плотности, упрочнения поверхностного слоя при дорновании заготовок из порошковых материалов для формирования требуемых эксплуатационных свойств получаемых деталей, является актуальной для современного машиностроения.

Диссертация Белозир И.И. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 119 наименований; содержит 73 рисунка, 7 таблиц, 2 приложения. Объем диссертации 132 страницы, список литературы содержит 119 наименований.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность.**

*В первой главе* представлен анализ результатов обработки полых заготовок дорнованием. Показано, что комплексные исследования процесса дорнования заготовок из компактных материалов выполнялись, а из порошковых материалов отсутствуют. Представлена цель и задачи исследования.

*В второй главе* выполнен выбор направления и методов исследования технологии свободного дорнования цилиндрических полых заготовок из

порошковых медно-титановых материалов. Дана характеристика материалов, намечена технологическая схема изготовления заготовок. Выполнено теоретическое обоснование свободного дорнования заготовок из порошкового материала на основе теории пластичности пористых тел, которая учитывает влияние наличия пористости в материале на характеристики напряженно-деформированного состояния. Дана характеристика программного комплекса Deform-2D, обосновано применение для решения задач обработки давлением.

*В третьей главе* выполнены теоретические исследования свободного дорнования заготовок из порошкового медно-титанового материала с помощью компьютерного моделирования в программном комплексе Deform-2D с различной пористостью, при различных размерах инструмента. Соискатель решала задачи следующие задачи: анализ напряженно-деформированного состояния, плотности, остаточных напряжений, силы анализ дорнования порошковой заготовки с различными геометрическими параметрами; анализ дорнования порошковой заготовки с различными геометрическими параметрами дорна; анализ условий образования дефектов при свободном дорновании порошковой заготовки. Путем моделирования напряженно-деформированного состояния автор установил интервалы размеров тонко- и толстостенных заготовок. Это влияет на выбор технологии дорнования втулок. Установлено изменение силы дорнования в зависимости от условий деформирования.

*В четвертой главе* выполнен анализ результатов моделирования. Подтверждена зависимость силы дорнования от технологических параметров и характеристик заготовки. Изучено изменение микротвердости поверхностных слоев отверстия в заготовке.

*В пятой главе* представлены реальные технологические процессы, разработанные автором для внедрения на производстве.

*В заключении* представлены основные выводы по диссертации.

*В приложении* приведены акты об использовании результатов работы в учебном процесса и на ООО «Лугамаш».

**Научная новизна** диссертационной работы заключается:

- в определении влияния напряженно-деформированного состояния в поверхностном слое отверстия на физико-механические свойства заготовок из порошкового медно-титанового материала при свободном дорновании. Установлено, что уменьшение исходной пористости материала приводит к росту интенсивности напряжений, увеличению силы дорнования, ширины уплотненного слоя, уменьшению относительной пористости;

- в установлении для порошковых заготовок из медно-титановых материалов максимальных напряжений на образующей поверхности - остаточных окружных и осевых напряжения, которые увеличиваются при уменьшении пористости и увеличении степени толстостенности, что влияет на рост твердости поверхности;

- в установлении зависимости силы дорнования от степени толстостенности, высоты и пористости исходной заготовки;

- в полученных математических моделях для расчета относительного уширения, относительного укорочения, уменьшения внутреннего диаметра отверстия, силы дорнования от технологических параметров порошковой

заготовки и инструмента, позволяющих выбрать высоту и диаметр, угол заборного конуса и натяг для получения качественной заготовки после свободного дорнования.

**Практическая значимость работы** заключается:

- в разработанных параметрах технологии свободного дорнования заготовки из порошкового медно-титанового материала: заготовка с исходной пористостью 15 %: величина натяга 0,2 мм, угол заборного и обратного конуса 4°.

- в разработанной методике оценки качества заготовки и силы после свободного дорнования, основанной на регрессионных зависимостях следующих параметров: относительного уширения, относительного укорочения, уменьшения диаметра отверстия вследствие упругого последействия, силы дорнования от натяга, степени толстостенности и угла заборного конуса дорна;

- в разработанных технологических процессах свободного дорнования порошковых заготовок тонкостенных и толстостенных деталей типа «втулка» и «втулка с фланцем», обеспечивающих уплотнение и упрочнение поверхностного слоя отверстия глубиной до 2 мм, увеличение микротвердости поверхности до 580 МПа, уменьшение пористости до 7 %.

Работа выполнена в рамках НИР БМ-1-23 «Создание материалов со специальными свойствами».

Результаты работы переданы в технический отдел ООО «ЛУГАМАШ».

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе ЛГУ им. В. Даля на кафедре материаловедения при обучении студентов по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Композиционные и порошковые материалы, покрытия» и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Функциональные материалы, покрытия».

**Подтверждение опубликования основных результатов в научной печати и соответствия содержания автореферата основным положениям диссертационной работы.**

Диссертационная работа изложена четким, технически грамотным языком, ее содержание в достаточной степени проиллюстрировано графиками и таблицами.

Автореферат диссертации и публикации полностью отражают содержание диссертационной работы.

По теме диссертационной работы опубликовано 18 научных работ, в том числе 4 статьи - в журналах рецензируемых ВАК РФ, 2 статьи - в журналах рецензируемых в ВАК ЛНР (до 2024 г.).

Материалы диссертации доложены и обсуждены на 9 международных научных конференциях.

**Обоснованность и достоверность научных результатов диссертационной работы** подтверждена комплексом теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в инженерном программном комплексе Deform-3D и на сертифицированном лабораторном оборудовании по стандартным методикам.

Все экспериментальные данные обработаны методами математической статистики.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.**

Результаты диссертационной работы рекомендуются к применению на машиностроительных предприятиях для изготовления цилиндрических деталей из порошковых медно-титановых материалов, а также для использования в учебном процессе при подготовке студентов по направлениям «Материаловедение и технологии материалов» и «Металлургия».

### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В проведенном литературном обзоре результатов исследований процессов поверхностного пластического деформирования дорнованием цилиндрических деталей из компактных материалов отсутствуют сведения о влиянии технологических параметров дорнования на свойства поверхностного слоя получаемой детали, например, на твердость и износостойкость.

2. Не ясно, почему для проведения экспериментальных исследований процесса свободного дорнования были использованы заготовки из медного порошка марки ПМС-1 с добавлением именно 6% порошка титана VT1-0.

3. Не ясно, каким образом были получены кривые упрочнения исследуемого порошкового медно-титанового материала для проведения компьютерного моделирования процесса дорнования в программном комплексе DEFORM-3D.

4. Что такое «очаг деформации» и «очаг уплотнения» при дорновании заготовки из порошкового материала? Также не ясен термин «структурная деформация».

5. Целью работы является повышение эксплуатационных свойств цилиндрических порошковых деталей типа «втулка» из медно-титанового материала при использовании процесса дорнования заготовки. Однако в работе приведены сведения о влиянии предлагаемого процесса дорнования только на твердость HB и шероховатость внутренней поверхности цилиндрической детали.

6. В общем выводе 8 указано, что «В результате выполнения данных технологических процессов металлоемкость уменьшается на 30 %, износостойкость увеличивается на 15 %, трудоёмкость изготовления деталей уменьшается в 1,2 раза». На основании чего были получены данные численные значения?

Данные замечания не снижают существенно научной и практической значимости диссертации.

### **Заключение по диссертационной работе.**

Диссертационная работа Белозир И.И. является законченной научно-квалификационной работой, в которой приведены технические решения по повышению эксплуатационных свойств цилиндрических порошковых деталей типа «втулка» из медно-титанового материала на основе разработки технологии свободного дорнования заготовок.

Диссертационная работа Белозир И.И. по цели и задачам исследований, содержанию, результатам исследований, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям,

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук (п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор Белозир Ирина Ивановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

*Выражаю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Белозир Ирины Ивановны и их дальнейшую обработку.*

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой  
«Технологии обработки материалов»  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
доктор технических наук, доцент

  
Лавриненко  
Владислав  
Юрьевич

(Докторская диссертация защищена по  
специальности 05.02.09 - Технологии и машины  
обработки давлением)

20.08.2025



Подпись заверяю:



СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ  
ОТДЕЛА КАДРОВОГО  
АДМИНИСТРИРОВАНИЯ  
ХОДЫКИНА Л.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Адрес: 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, Москва, 105005

Телефон: (499) 263-63-91

E-mail: bauman@bmstu.ru