

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный
технический университет»
д.т.н., профессор
_____ А.А. Батаев
_____ 2020 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
на диссертационную работу **Лэ Хонг Куанг**
«Повышение качества выправленных нежестких цилиндрических деталей
поверхностным пластическим деформированием»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

Актуальность темы диссертационной работы

Работа посвящена решению актуальной для машиностроения проблемы повышения качества выправленных нежестких цилиндрических деталей типа валов и осей за счет поверхностного пластического деформирования (ППД), основанного на поперечной обкатке заготовок гладкими плитами.

При изготовлении, ремонте, эксплуатации, а в некоторых случаях и при хранении нежестких деталей образуются разные виды остаточных напряжений как по величине, так и по характеру распределения. Это сопровождается постоянным изменением геометрических параметров и формы поверхностей, что в конечном итоге приводит к искривлению цилиндрических деталей. Наиболее

характерно данный факт проявляется у нежестких деталей, длина которых превышает диаметр в 20 и более раз. До настоящего времени не существует общего решения этой проблемы и продолжаются поиски эффективных технологических методов для стабилизации геометрических параметров и одновременного снятия остаточных напряжений или формирования равновесных остаточных напряжений в процессе изготовления нежестких цилиндрических деталей. При проведении восстановительных операций во время ремонта из-за значительных термических напряжений происходит коробление валов. Поэтому при ремонте и восстановлении нежестких деталей применяют неоднократные операции правки для достижения их заданной геометрической формы.

Вторым важным условием для технологии правки деталей является обеспечение стабильности геометрических размеров и формы. При нарушении равновесия технологических остаточных напряжений детали искривляются и после операций правки. Холодная правка валов на прессах, которая широко применяется на практике, не дает должного эффекта, так как внутренние напряжения не удается полностью устранить, что приводит к их перераспределению, причем временному, и последующее искривление таких изделий неизбежно. Холодная правка на прессах отрицательно влияет на эксплуатационные показатели качества деталей машин. Поэтому для ответственных деталей холодная правка на прессах категорически запрещена, о чем делается соответствующая запись в технических условиях на изготовление деталей.

И третьим вполне обоснованным требованием для технологии изготовления и ремонта деталей является обеспечение соответствующего качества поверхностного слоя. Поскольку поверхностный слой детали находится в контакте с ответной деталью или с окружающей средой, именно в этом слое и происходит концентрация напряжений, возникают процессы усталостного нагружения, контактного разрушения и другие виды повреждений.

В связи с этим, тема диссертационной работы является актуальной и заключается в разработке эффективной технологии и технологического оснащения для повышения качества выправленных нежестких цилиндрических деталей поперечной обкаткой гладкими плитами после поперечного изгиба.

Структура и содержание работы

Материалы диссертации изложены на 186 страницах машинописного текста, включающих 10 таблиц, 90 рисунков и 5 приложений.

Основная часть диссертации включает введение, 5 глав, заключение и список литературы из 115 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, поставлена цель и задачи работы, сформулирована научная новизна и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены причины искривления нежестких цилиндрических деталей типа валов и осей. Проанализированы возможности, достоинства и недостатки разных способов повышения качества подобных деталей.

В результате литературного обзора была сформулирована цель диссертационной работы, направленная на разработку эффективной технологии и технологического оснащения для повышения качества выправленных цилиндрических деталей поперечной обкаткой гладкими плитами.

Во второй главе изложены результаты аналитического расчета основных параметров процесса ППД и напряженного состояния выправленных цилиндрических деталей при поперечной обкатке гладкими плитами.

Для определения основных параметров процесса ППД и напряженного состояния цилиндрических деталей разработана геометрическая модель процесса ППД выправленных маложестких цилиндрических деталей поперечной обкаткой гладкими плитами с использованием математического аппарата, основанного на законах теории упругопластического твердого тела и теоретической механики. Для реализации процесса ППД гладкими плитами необходимо было определить угол захвата заготовки и предельную величину относительного обжатия.

По результатам аналитических расчетов установлено влияние степени относительного обжатия на характер распределения остаточных напряжений и величину зоны пластической деформации после поперечной обкатки гладкими плитами, что позволяет выбрать рациональную величину обжатия для выполнения процесса ППД на практике.

В третьей главе представлено описание процесса ППД на основе конечно-элементного моделирования и установлено влияние основных параметров поперечной обкатки гладкими плитами на напряженно-деформированное состояние выправленных деталей.

Для численного определения напряженно-деформированного состояния и остаточных напряжений в выправленных цилиндрических деталях при ППД использован метод конечных элементов и программный комплекс ANSYS Workbench, позволяющие определить влияние основных параметров процесса ППД на качество деталей.

Результаты исследования остаточных напряжений показали, что после правки поперечным изгибом формируются неравновесные напряжения по всему объему заготовки, поэтому с течением времени ее форма может снова исказиться. После поперечной обкатки гладкими плитами формируются равновесные остаточные напряжения, как по длине, так и по поперечному сечению заготовки. Это положительно сказывается на стабильности формы цилиндрических деталей малой жесткости.

Установлено, что остаточные напряжения зависят от величины относительного обжатия при поперечной обкатке. Установлено рациональное значение относительного обжатия ($Q = 0,7 - 2,5\%$), которое обеспечивает достижение необходимого качества выправленных деталей машин.

В четвертой главе приведены результаты экспериментального определения показателей качества выправленных нежестких цилиндрических деталей после поперечной обкатки гладкими плитами.

Экспериментальными исследованиями установлено, что способ ППД выправленных нежестких деталей, основанный на использовании поперечного изгиба и последующей обработки цилиндрической поверхности поперечной обкаткой гладкими плитами, позволяет обеспечить не только высокую геометрическую точность цилиндрических деталей, стабильность формы и размеров, но и высокое качество поверхностного слоя деталей машин.

Экспериментально установлено, что после правки изгибом и поперечной обкаткой гладкими плитами получены равновесные остаточные напряжения на поверхности детали, а в поверхностных слоях заготовки формируются

сжимающие остаточные напряжения, которые повышают его износостойкость, прочность и другие эксплуатационные характеристики деталей машин.

Результаты исследования показали, что при ППД гладкими плитами происходит дробление исходной структуры материала, повышается однородность структуры, формируется более равномерная текстура материала поверхностного слоя, при этом микротвердость в поверхностном слое деталей повышается на 30-35%.

В пятой главе приведена оценка эксплуатационных характеристик деталей при ППД гладкими плитами, а также изложены технологические рекомендации для ППД выправленных нежестких цилиндрических деталей.

Результаты исследования износостойкости показали, что максимальная износостойкость наблюдается у деталей, после правки изгибом и последующим ППД гладкими плитами, а минимальная – у деталей, после правки упругопластическим изгибом. Износостойкость деталей после правки изгибом и поперечной обкаткой гладкими плитами, увеличивается до двух раз.

Результаты сравнения геометрической стабильности деталей показали, что при правке изгибом и последующим ППД гладкими плитами размерная стабильность цилиндрических деталей значительно выше, чем при правке упругопластическим изгибом или растяжением.

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлены рациональные параметры процесса ППД выправленных цилиндрических деталей поперечной обкаткой гладкими плитами.

Научная новизна работы

1. Доказано, что новый способ ППД выправленных нежестких цилиндрических деталей гладкими плитами, приводит к снижению неравномерности напряженного состояния, обеспечивает геометрическую стабильность и повышает качество деталей (п. 2 и 7 паспорта специальности 05.02.08).

2. Получены математические зависимости для аналитических расчетов основных параметров ППД выправленных цилиндрических деталей и

определения напряженного состояния в очаге деформации и в готовых изделиях (п. 3 паспорта специальности 05.02.08).

3. Разработана конечно-элементная модель процесса ППД гладкими плитами для определения напряженно-деформированного состояния выправленных цилиндрических деталей. Установлено влияние основных параметров процесса ППД на напряженное состояние нежестких деталей (п. 3 паспорта специальности 05.02.08).

4. На основании экспериментальных исследований и численных расчетов установлено влияние основных параметров и режимов процесса ППД на качество поверхностного слоя и геометрическую стабильность цилиндрических деталей (п. 4 паспорта специальности 05.02.08).

Практическая значимость

1. Разработана технология ППД выправленных цилиндрических деталей, обеспечивающая формирование равномерного остаточного напряженного состояния путем поперечной обкатки гладкими плитами. Определены оптимальные режимы ППД, обеспечивающие получение стабильных по геометрии выправленных цилиндрических деталей типа валов и осей с высоким качеством поверхностного слоя.

2. Спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для поверхностного пластического деформирования нежестких цилиндрических деталей поперечной обкаткой гладкими плитами. Для заготовительного производства предложены конструктивные решения, снижающие неравномерность напряженного состояния при выправлении поперечным изгибом цилиндрических заготовок. Для механообрабатывающих производств предложена новая технология отделочно-упрочняющей обработки нежестких цилиндрических деталей, выправленных поперечным изгибом. Для изготовления деталей в условиях крупносерийного производства предложен автоматизированный комплекс, обеспечивающий сортировку, поверхностное пластическое деформирование и контроль геометрических параметров цилиндрических деталей.

3. Результаты диссертационного исследования рекомендуются использовать в учебном процессе при проведении занятий по дисциплинам «Технология машиностроения» и «Технология конструкционных материалов», а также аспирантами и научными работниками, занимающиеся вопросами ППД нежестких деталей типа валов и осей.

Методы исследования и достоверность результатов

Теоретические исследования выполнены на базе научных основ технологии машиностроения, физики сплошных сред, теоретической механики, теории прочности, теории упругопластической деформации, механики обработки металлов давлением.

Для моделирования процесса ППД использована компьютерная программа ANSYS Workbench 19. Программный пакет *Microsoft Excel* и *AutoCAD 13* использованы для расчетов, создания графиков и чертежей.

Экспериментальные исследования проведены в лабораторных условиях на опытной установке с использованием современного оборудования и устройств измерения:

- машина портальная координатно-измерительная *Carl Zeiss Contura G2 Aktiv* для определения размеров и геометрической точности деталей;
- профилометр *Taylor Hobson Form Talysurf i200* для измерения шероховатости цилиндрических деталей;
- рентгеновский дифрактометр *Xstress 3000 G3/G3R* для определения остаточных напряжений на поверхности деталей;
- микротвердомер *HMV-G21* для измерения микротвердости деталей;
- микроскоп *MET-2* для определения микроструктуры металла.

Полнота публикаций

Результаты работы отражены в 24 публикациях. Из них в журналах рекомендуемого перечня ВАК РФ опубликовано 7 статей, в изданиях, включенных в международную базу Scopus – 8 статей, издана одна монография в соавторстве, получено 3 патента РФ на изобретение.

Полнота и достоверность опубликованного материала не вызывает сомнений.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе не рассмотрен вопрос стойкости деформирующего инструмента. Износ рабочих плит отразится на степени деформации, а, следовательно, и на эффекте правки и качестве деталей.

2. Автор не провел исследование влияния скорости подвижной плиты на качество деталей, а также не приведены данные по влиянию температуры в зоне деформации на остаточные напряжения.

3. В диссертации представлена только схема непрерывного ППД выправленных нежестких цилиндрических деталей поперечной обкаткой гладкими плитами и, к сожалению, не приведена конструкция устройства для ее реализации.

4. Автор приводит в работе результаты численного расчета глубины пластической зоны при поперечной обкатке гладкими плитами. Однако, в тексте отсутствуют пояснения перехода от напряжений в очаге деформации к величине упрочненного слоя.

5. Качество ППД во многом зависит от упругих свойств материала. Однако вопрос об их роли в диссертации не рассмотрен, как и вопрос о материалах, для которых целесообразно рекомендовать предлагаемый метод ППД.

Заключение

Диссертация **Лэ Хонг Куанг** является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно-обоснованные технологические решения, обладающие практической значимостью и имеющие существенное значение для металлообрабатывающей отрасли.

Теоретические и экспериментальные разделы представлены достаточно полно.

С учетом актуальности темы диссертации, научной обоснованности, оригинальности и новизны технологических разработок можно сделать вывод о том, что диссертация **Лэ Хонг Куанг «Повышение качества выправленных нежестких цилиндрических деталей поверхностным пластическим деформированием»**, соответствует квалификационным требованиям пункта 9 «Положения о присуждении научных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор

заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Отзыв обсужден и принят на расширенном заседании кафедры технологии машиностроения Новосибирского государственного технического университета протокол № 6 от «17» ноября 2020 г.

Заведующий кафедрой
технологии машиностроения
д.т.н., профессор

Рахимьянов Харис
Магсуманович

Ученый секретарь
к.т.н., доцент

Кудрявцева Юлия
Станиславовна

Контактные данные:
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20
Тел.: (383-346-50-01), e-mail: rector@nstu.ru

Подпись: *Рахимьянов*
ЗАВЕРИТЬ
Место: *МТ*
19
Подпись: *Кудрявцева*
Ювалова

