

## **АННОТАЦИЯ**

диссертационной работы на тему:

### **«Влияние напряженно-деформированного состояния поверхности на ее качественные показатели при обработке цилиндрических деталей методами пластического деформирования»**

представленной на соискание степени доктора философии (PhD)

по специальности **6D071200** – «Машиностроение»

**Аймұханбет Бауыржана Аймұханбетұлы**

#### **Актуальность темы исследования**

Развитие машиностроительной отрасли является показателем технологического уровня промышленности во всем мире. Машиностроение эффективно влияет на развитие и других смежных отраслей промышленности, тем самым обеспечивая занятость населения и конкурентоспособность экономики.

Экономический рост Казахстана в первую очередь должен сопровождаться развитием и ростом машиностроительной отрасли. Развитие машиностроения в нашей стране увеличит производительность в других секторах промышленности республики и повысит уровень технологического и технического развития на предприятиях.

В соответствии с долгосрочными приоритетами Стратегии «Казахстан – 2050» и была разработана Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы (далее – программа), в реализацию ключевого направления «Ускорение диверсификации экономики» стратегического плана развития Республики Казахстан до 2020 года, концепцией по вхождению Казахстана в число 30-ти развитых государств мира, а также во исполнение поручения Главы государства, данного на XXVI пленарном заседании Совета иностранных инвесторов при Президенте Республики Казахстан, и в рамках реализации Послания Президента Республики Казахстан народу Казахстана «Казахстанский путь – 2050: единая цель, единые интересы, единое будущее» от 17 января 2014 года.

Программа нацелена на модернизацию существующих предприятий высокотехнологичным и современным оборудованием, создание новых предприятий по выпуску конкурентоспособной продукции международного стандарта, для развития и кооперации связей всех существующих машиностроительных отечественных предприятий.

Развитие отечественных машиностроительных предприятий предполагает параллельное развитие отечественной науки и подготовку квалифицированных кадров. В данной диссертационной работе была поставлена задача решить вопрос разработки технологии решений изготовления гидравлического оборудования с научной и производственной точки зрения.

Гидравлические цилиндры (гидравлические стойки) входят в состав механизированного комплекса горнодобывающей промышленности. Гидравлические цилиндры механизированного комплекса выполняют функцию

опорного элемента кровли в забое и обеспечивают сопротивление опусканию кровли.

Гидравлические цилиндры в механизированных крепях являются наиболее значимым узлом для обеспечения безопасности проведения очистных работ, в связи с этим к гидравлическим цилиндрам предъявляются жесткие технические требования по качеству изготовления.

Основными причинами выхода из строя гидравлических цилиндров (стоек) являются конструкционные и технологические параметры. Если же в первом случае не обеспечивается требуемая прочность, что приводит к деформациям и разрушениям стоек под воздействием внешних нагрузок, то во втором случае не обеспечивается требуемая износостойкость рабочих поверхностей технологическими процессами изготовления деталей.

Следовательно, повышение надежности и долговечности гидравлических цилиндров механизированных крепей путем совершенствования конструкции и разработки нового технологического процесса является актуальной задачей.

Производство качественного и конкурентоспособного оборудования и машин для горнодобывающей промышленности является основным аспектом, одного из приоритетных секторов машиностроения, горного машиностроения.

#### **Основание и исходные данные для разработки темы**

Основание для разработки темы диссертационной работы является создание технологических решений изготовления и упрочнения гидравлических цилиндров с применением методов поверхностно-пластического деформирования для механизированных крепей, эксплуатируемых в горной промышленности.

В качестве исходных данных для разработки темы исследования выбраны: механизированная крепь, эксплуатируемая на одном из крупнейших в мире месторождений калия ОАО «Беларуськалий» (г. Солигорск, Республика Беларусь) и результаты магистерской работы, применяемые на АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» (г. Алматы, Республика Казахстан) при изготовлении цилиндров (для гидравлических приводов поездов) с применением методов ППД.

#### **Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы**

Дальнейший неуклонный рост технического прогресса в машиностроении и повышение производительности труда обуславливается задачами создания материально-технической базы. Для решения этих задач необходимо внедрять в промышленность автоматизированные производственные процессы, применять новейшие разработки и достижения науки и техники, а также повышать темпы механизации работ. При сравнительно малых габаритах современные машины отличаются большой энергоемкостью. Один из таких устройств является гидравлический привод, по своим качествам он оказался простым и надежным средством для получения возвратно-поступательного и вращательно движения, по сравнению с другими типами приводов. Гидравлический привод – это устройство, предназначенная для приведения в движение машин и механизмов посредством потока сжатой рабочей жидкости.

В Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы (Указ президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года №874) сказано, что одним из приоритетных секторов машиностроения является – производство машин и оборудования для горнодобывающей промышленности. В секторе производства машин и оборудования для горнодобывающей промышленности основным вопросом является – выпуск качественного и конкурентоспособного горнодобывающего оборудования. В связи с этим разработка технологии изготовления гидравлических цилиндров с применением термической насадки усилительных колец и применением метода ППД обработки для повышения ресурса их работы является востребованной и актуальной.

**Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, патентных исследованиях и выводы из них** определяются полнотой проведенного в литературном обзоре патентного поиска по проблеме проектирования и изготовления гидравлических цилиндров, разработкой и выбором современных методик исследований, системной организацией и проведением экспериментов.

На основе анализа доступной патентной информации рассмотрена эффективность использования новых технических и технологических решений по методам улучшения технологии и качества производства гидравлических цилиндров. В диссертации приведены результаты научного анализа современного состояния научно-технической проблемы и патентных исследований в области изготовления гидравлических цилиндров.

#### **Сведения о метрологическом обеспечении диссертации**

Исследования по теме диссертации проводились на базе АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» (г. Алматы, Республика Казахстан) и на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) в ходе зарубежной стажировки.

Измерения шероховатости производились на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь), прибор для определения шероховатости – профилометр SurfTest SJ-210, производитель фирма Mitutoyo (Япония).

Измерения твердости производились на базе УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь), прибор для определения твердости – твердомер портативный динамический «Константа ТД», производитель фирма ЗАО «КОНСТАНТА» (Россия).

#### **Цель исследования**

Повышение ресурса работы гидравлического цилиндра за счет внедрения новой технологии изготовления цилиндра с термической насадкой колец с последующей обработкой методом ППД.

#### **Объект исследования**

Гидравлический цилиндр механизированной крепи для горнодобывающей промышленности, эксплуатируемый в тяжелых условиях. Под тяжелыми условиями подразумевается шахтная метано – воздушная атмосфера с большой влажностью и запыленностью воздуха, агрессивная среда,

перепады температур, то есть условия характерные для горнодобывающей промышленности.

### **Предмет исследования**

Конструктивные и технологические факторы, оказывающие влияние на надежность и срок эксплуатации гидравлического цилиндра механизированных крепей.

### **Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом**

- выполнить анализ конструктивных особенностей гидравлических цилиндров, применяемых в горном машиностроении;
- рассчитать НДС гидравлического цилиндра под действием обсадных колец, установить их влияние;
- разработать компьютерную модель гидравлического цилиндра с учетом конструктивных параметров и определить его деформации для условий предварительно-напряженного состояния (обсадными кольцами);
- разработать технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с учетом деформации под давлением рабочей жидкости с применением отделочно-упрочняющего метода обработки (ППД).

Каждая отдельная задача, представленная выше и решаемая в настоящей диссертационной работе, логически связана с остальными задачами между собой и нацелена на достижение поставленной цели работы.

### **Методологическая база исследований**

Методы исследования, используемые в работе, основываются на положениях таких наук, как технология машиностроения, математическая статистика, допуски и посадки, основы конструирования деталей гидравлических машин и теории упруго-пластического деформирования.

Исследования НДС гидравлического цилиндра с использованием программного комплекса Solid Works проводились на базе лаборатории компьютерного моделирования Жешовского политехнического университета имени И. Лукасиевича (г. Жешов, Польша) в ходе зарубежной стажировки.

### **Научная новизна работы**

- повышение ресурса работы гидравлических цилиндров и снижение утечки рабочей жидкости при высоких давлениях обеспечивается созданием в материале корпуса сжимающих термических напряжений горячей насадкой обсадных колец, нагретых до температуры 250 °С;
- установлена аналитическая зависимость контактного давления, возникающее в теле гидравлического цилиндра при термической посадке обсадных колец и образования регулируемого натяга, от их геометрических размеров и отношения длины посадочной поверхности к ее диаметру, причем шаг запрессованных обсадных колец и их ширина зависит от внутреннего давления гидравлической системы и находятся в пропорциях 1:2; 1:4; 1:8 и так далее к последнему;
- оценка напряженно-деформированного состояния гидравлического цилиндра с обсадными кольцами проведена с использованием программного

комплекса Solid Works, установлено снижение напряжений в теле цилиндра в 1,5 раза;

– применение новой технологии изготовления гидравлического цилиндра с термической насадкой обсадными кольцами и последующей обработкой методом пластического деформирования увеличивает ресурс работы гидравлического цилиндра.

#### **Положения, выносимые на защиту**

– горячая насадка обсадных колец равномерно распределяет сжимающие напряжения в материале корпуса цилиндра, позволяет повысить ресурс работы и снизить утечки рабочей жидкости при высоких давлениях работы;

– разработанная модель гидравлического цилиндра с использованием программы Solid Works, позволяет установить напряженно-деформированное состояние гидравлического цилиндра и выявить местные напряжения;

– повышение ресурса работы гидравлического цилиндра обеспечивается применением новой технологией изготовления цилиндра с термической насадкой обсадных колец с последующей обработкой методом ППД, позволяет снизить деформационные параметры и уменьшить нормальные нагрузки;

– повышение износостойкости и герметичности гидравлического цилиндра путем исправления отклонений шероховатости на стадии предварительной механической обработки за счет применения метода ППД позволяет улучшить чистоту внутренней поверхности до Ra 0,2, повысить твердость поверхностного слоя металла до 40-45 единиц по Роквеллу.

#### **Практическая значимость работы** заключается в следующем:

– разработана конструкторская документация для изготовления цилиндров гидравлических стоек с учетом конструктивных особенностей, обеспечивающих повышение надежности и эффективности работы;

– разработан технологический процесс изготовления гидравлического цилиндра с применением термической насадки обсадных колец и отделочно-упрочняющего метода обработки внутренней поверхности;

– результаты работы используются на АО «Алматинский машиностроительный завод имени С.М. Кирова» при проектировании и разработке технологических процессов при изготовлении тонкостенных обечаек;

– разработанное технологическое решение изготовления и упрочнения цилиндров гидравлических стоек приняты для использования в УПП «НИВА» (г. Солигорск, Республика Беларусь) при проектировании механизированных крепей;

– научные результаты работы используются в учебном процессе при подготовке обучающихся по специальности 5В071200 – «Машиностроение» в КазНУТУ имени К.И. Сатпаева;

– ожидаемая экономическая эффективность внедрения технологического процесса изготовления гидравлического цилиндра составит до 97400 белорусских рублей (16850000 тенге) в год;

– по результатам диссертационных исследований, разработана новая конструкция гидравлического цилиндра, на которую получен инновационный патент РК «Силовой гидроцилиндр» №30469 бюл. №10 от 15.10.2015 г.

Также результаты работы могут быть использованы в различных сферах машиностроительного производства и в качестве дополнительных пособий по написанию дипломных и диссертационных работ для бакалавров и магистрантов специальности «Технология машиностроения».

#### **Апробация работы**

Основные положения и результаты работы докладывались на международной конференции «Сборочные соединения, конструкции и технологии в машиностроении» (Польша, Жешовский политехнический университет, 2013 г.); на III Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» (North Charleston, USA, 2014 г.); на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии, оборудование и материалы в машиностроении» (Алматы, КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2012 г.); на международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», (Алматы, КБТУ, 2013 г.); на международной научно-практической конференции «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века» (Алматы, КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2013 г.);

#### **Публикации**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 7 печатных работах, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ККСОН МОН РК; 3 публикации в Международных конференциях, из них 1 – зарубежная; 1 статья в базе данных Scopus. Получен инновационный патент на изобретение.

#### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения, изложенных на 159 страницах, содержит 54 рисунка, 9 таблиц, 141 использованных источников и 11 приложений.