

Ассоциация ученых г. Арзамаса

Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского

Арзамасский филиал ННГУ

Арзамасский политехнический институт (филиал)
Нижегородского государственного технического университета
им. Р.Е. Алексеева

НАУКА МОЛОДЫХ

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
УЧАСТНИКОВ XV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

22–23 декабря 2022 г.

Арзамас
Арзамасский филиал ННГУ
2023

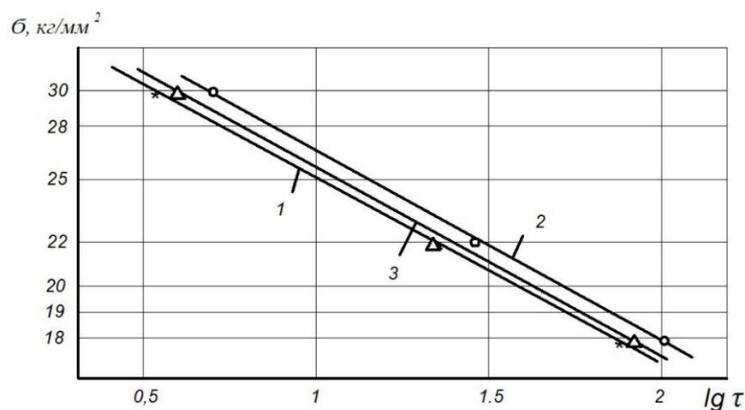


Рис. 4. Влияние скорости резания при точении на длительную прочность сплава ЭИ437БУ при температуре 850°C:
 1 – $v = 23$ м/мин; 2 – $v = 47$ м/мин; 3 – $v = 69$ м/мин

На основании приведённых данных можно сделать вывод, что в отличие от обычных конструкционных материалов, использующих наклёп для поверхностного упрочнения деталей и оказывающих положительное влияние на прочностные характеристики металлов, жаропрочные никелевые сплавы работают при высоких температурах эксплуатации, где любой способ обработки вызывает деформацию сплава и приводит к понижению его долговечной прочности, следовательно, и жаропрочности по мере роста глубины и степени наклёпа. При этом остаточные напряжения не дают сильно ощутимого упрочнения образцов при длительных испытаниях на высоких температурах. Исходя из этого, при выборе скорости точения следует опираться на показатели образуемого после обработки наклепа и условий эксплуатации.

Литература

1. Бернштейн М.Л., Займовский В.А. Структура и механические свойства металлов. – М., 1970. – 472 с.
2. Кудрявцев И.В. Поверхностный наклёп для повышения прочности и долговечности деталей машин. – 2 изд. – М., 1969. – 97 с.
3. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение 2001. – 867 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ ШВОВ В ИЗДЕЛИИ «ЦИЛИНДР ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЯ»

Д.В. Толкачев¹, И.О. Нейлык², К.А. Щеглетов²

¹Фармацевтический завод, механик производственного участка
 Московская обл., г. Серпухов

^{2,3}Арзамасский политехнический институт (филиал)

Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексева
 Магистранты; e-mail: nelyk20002@mail.ru; Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Научные руководители:

А.В. Платонов, к.т.н., доцент; О.Н. Старостина, старший преподаватель

В статье представлены результаты технического осмотра изделия «цилиндр гидроусилителя руля», выявлены дефекты сварных швов, которые необходимо устранить во избежание возникновения аварийных ситуаций. В работе был произведен анализ возможных способов ремонта сварных швов и принято решение применить метод холодного газодинамического напыления металлов. Приводится один из вариантов технологического процесса холодного газодинамического напыления дефектных участков сварных швов

цилиндра ГР. Представлены результаты рентгенографического контроля сварных швов изделия до ремонта и после и результаты испытания отремонтированного изделия на прочность и герметичность.

Ключевые слова: холодное газодинамическое напыление; дефекты сварных швов; гидроцилиндр; рентгенографический контроль; герметичность; испытания на прочность.

Необходимость проведённого исследования вызвана тем, что в процессе эксплуатации цилиндра гидроусилителя руля обнаружена неисправность, а именно: нарушение герметичности (течь) сварных швов.

Цилиндр гидроусилителя руля входит в механизм рулевого управления военного автомобиля. 3D-модель цилиндра представлена на рисунке 1.

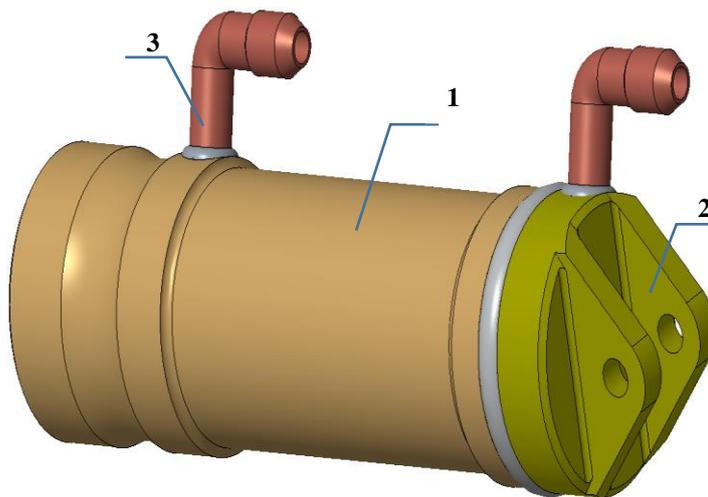


Рис. 1. 3D-модель цилиндра гидроусилителя руля:
1 – цилиндр, 2 – крышка, 3 – штуцер

Чертеж сборочной единицы представлен на рисунке 2.

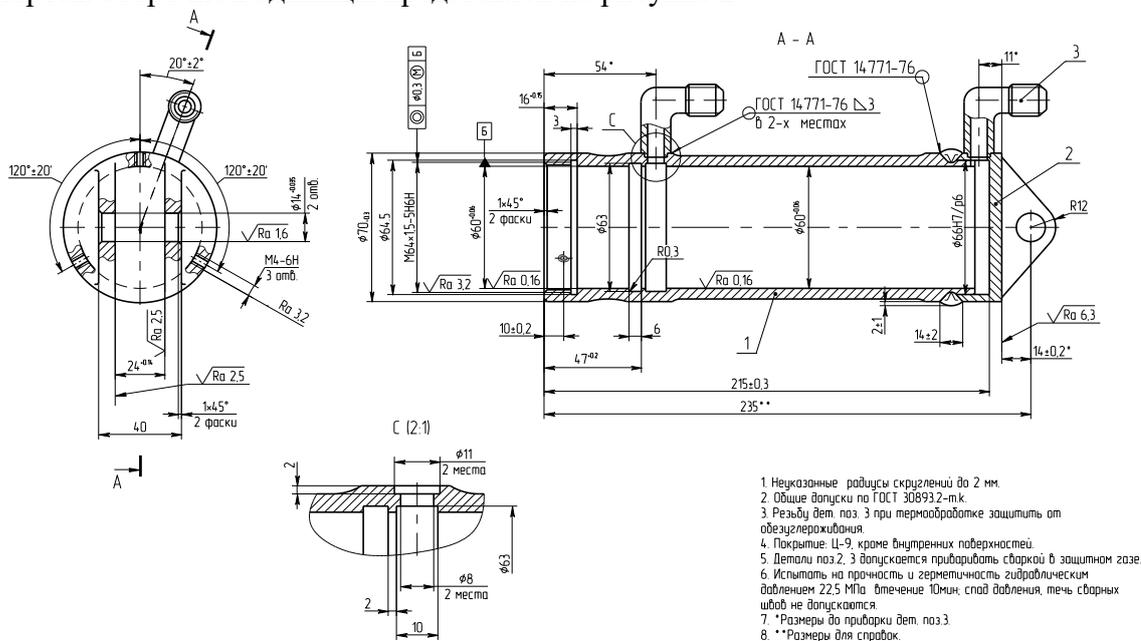


Рис. 2. Сборочный чертеж цилиндра гидроусилителя руля

Исследуемая сборочная единица имеет сварную конструкцию, состоит из цилиндра поз.1, на который устанавливаются и привариваются два штуцера поз.3 для подвода и от-

вода рабочей жидкости и крышка поз.2. Детали соединяются между собой посредством дуговой сварки в среде защитного газа (аргона) по ГОСТ 14771-76. Штуцеры изготовлены из стали 45 ГОСТ 1050-2013, цилиндр и крышка – из стали 30ХГСА ГОСТ 4543 – 2016, данные материалы обладают хорошей свариваемостью.

В процессе эксплуатации автомобиля периодически проводятся технические осмотры всех его систем, в том числе и системы гидроусилителя руля, куда входит цилиндр. При проведении технического осмотра уделяется внимание герметичности цилиндра, его осматривают на предмет утечек, а также проверяется состояние его деталей. При наличии некоторых неисправностей требуется замена всего цилиндра, в некоторых случаях целесообразно выполнить ремонт.

При техническом осмотре системы была обнаружена течь сварных швов в местах соединения гидроцилиндра с крышкой и штуцерами. Причиной возникновения течи являются поры, трещины или другие дефекты, которые приводят к нарушению герметичности соединения. Сварные соединения, не отвечающие требованиям к их качеству, подлежат исправлению. Дефектные сварные швы могут быть исправлены разными способами [2].

Для устранения небольших течей в сварных соединениях широко применяется способ заварки (подварки) [4]. Недостатком способа заварки является то, что в результате местного неравномерного нагрева металла, обусловленного воздействием концентрированного источника теплоты, в сварной конструкции возникают сварочные напряжения и, как следствие, происходит коробление детали [2]. Кроме того, нужно учитывать факт, что ремонтируемый гидроцилиндр соприкасался с маслом, которое входит в состав его рабочей жидкости. Несмотря на то, что перед сваркой деталь протирается и обезжиривается, полностью удалить масло с поверхности (особенно пористой), непросто, так как масло обладает высокой проникаемостью. По этой причине в процессе аргоно-дуговой сварки оставшееся в порах масло вскипает и образует в свариваемом металле пузырьки воздуха [3; 6], поэтому есть вероятность, что место сварки окажется негерметичным и через него снова будет сочиться масло.

Обеспечить герметичность соединения без воздействия на свойства сварного шва можно путем нанесения покрытия методом газодинамического напыления металлов по технологии «ДИМЕТ» [7].

На рисунке 3 представлено оборудование для напыления – установка ДИМЕТ-404 [1], а на рисунке 4 – непосредственно пистолет-распылитель.



Рис. 3. Установка для газодинамического напыления ДИМЕТ-404

Основные части установки ДИМЕТ-404: емкость для порошка; компрессор, обеспечивающий давление сжатого воздуха 5...7 атм. и подачу 0,5 м³/мин; сопла (несколько сопел разной конфигурации, применяются для разных режимов напыления); пульт управления.

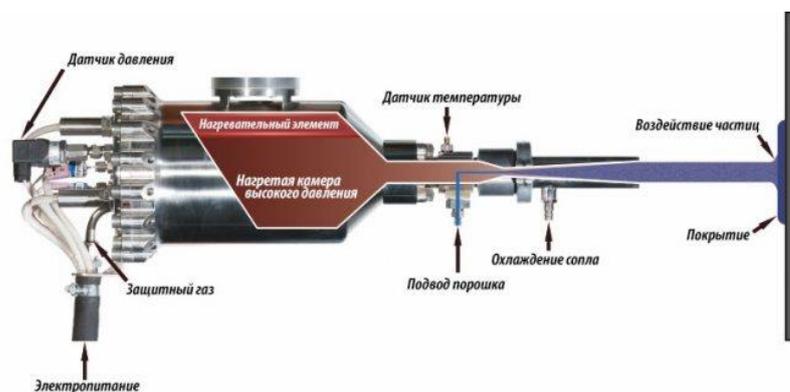


Рис. 4. Схема работы оборудования «ДИМЕТ»

Разработан технологический процесс газодинамического напыления дефектных участков сварных швов «Цилиндра ГР».

Напыление выполняется в несколько этапов [7]:

1. Подготовка поверхности изделия к нанесению порошка (абразивным методом). Абразивная подготовка способствует повышению прочности сцепления покрытия с основой. Подготовку выполняют, применяя само оборудование для нанесения напыления простой сменой параметров режима. В данном случае применяется порошок для абразивной обработки К-00-04-16 (оксид алюминия).

2. Нагрев рабочей среды до необходимого температурного режима.

3. Подача нагретого воздуха в специальное сопло под требуемым давлением (вместе с порошком). В данном случае для напыления используется порошок Z-00-11 (состав: цинк 99,2%, остальное – корунд (оксид алюминия)).

4. Порошок разгоняется в потоке до сверхзвуковой скорости 1200 м/с и соударяется с поверхностью изделия; происходит напыление слоя металла.

При контакте с поверхностью изделия происходит трансформация пластического типа, а энергия кинематического вида переходит в адгезионную и тепловую, что способствует получению прочного поверхностного слоя металла.

Опытным путем установлено, что для герметизации пор в сварных швах достаточно слоя покрытия толщиной 0,8...1 мм.

Согласно технологии, контроль качества покрытия выполняется визуально и на рентген-установке [5].

После проведения технического осмотра, в ходе которого была выявлена течь сварных швов, выполняется рентгенографический контроль цилиндра гидроусилителя руля.

Оборудование для рентгена – установка BOSELLO, оснащенная поворотным столом, благодаря этому удобно просматривать сварные участки сначала с одной стороны детали, затем с другой стороны (через 180°).

При просмотре на деталь рядом со сварным швом на расстоянии примерно 5мм прикладываются эталоны чувствительности в виде пластин с канавками – по ним регулируется четкость изображения.

На рисунках 5 и 6 представлены рентген-снимки сварных швов в местах соединения цилиндра с крышкой, и цилиндра со штуцером.

На снимках видно, что в сварных швах имеются поры крупных размеров в большом количестве и шлаковые включения, что не допускается по нормативам [2]. По результатам рентген-контроля дефектные места, выявленные на рентгене, отмечаются на детали красной краской. После этого детали отправляются на ремонт. На рисунках 7 и 8 представлены рентген-снимки сварных швов в местах соединения цилиндра с крышкой и цилиндра со штуцером после ремонта методом напыления по разработанной технологии.

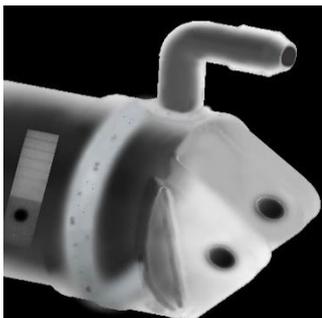


Рис. 5. Рентгенограмма сварного шва в месте соединения цилиндра с крышкой

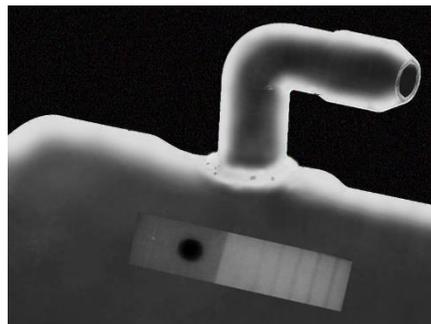


Рис. 6. Рентгенограмма сварного шва в месте соединения цилиндра со штуцером



Рис. 7. Рентгенограмма сварного шва в месте соединения цилиндра с крышкой после ремонта

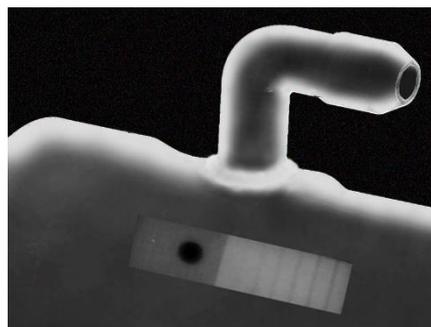


Рис. 8. Рентгенограмма сварного шва в месте соединения цилиндра со штуцером после ремонта

Снимки показывают, что после ремонта по технологии «ДИМЕТ» пористость сварных швов устранена.

Цилиндр гидроусилителя руля, согласно техническим требованиям чертежа, должен быть испытан на прочность и герметичность гидравлическим давлением 22,5 МПа в течение 10 минут, спад давления и течь сварных швов не допускаются.

Испытания гидроцилиндра (ГЦ) проводятся на специальном стенде, аттестованном в соответствии с ГОСТ Р 8.568-2017. На рисунке 9 показана схема стенда.

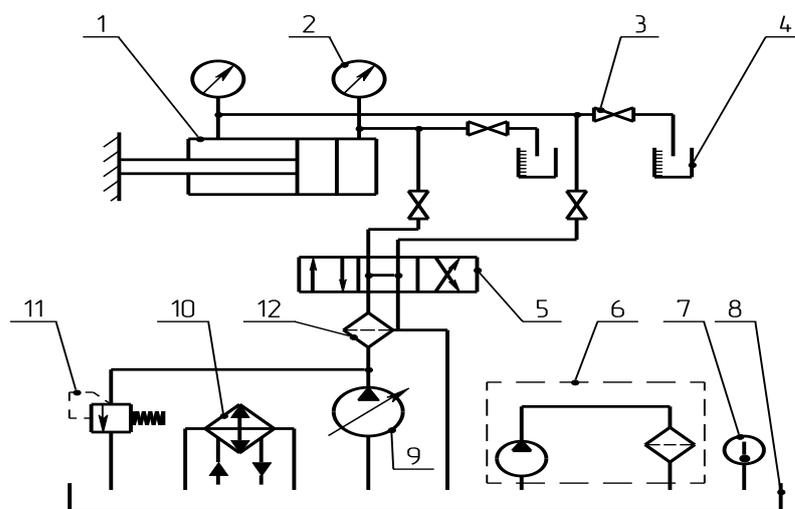


Рис. 9. Схема стенда для испытания гидроцилиндра:

- 1 – испытуемый гидроцилиндр; 2 – манометр; 3 – кран; 4 – мерная емкость;
 5 – гидрораспределитель; 6 – фильтрующая установка; 7 – термометр; 8 – гидробак;
 9 – насос; 10 – теплообменный аппарат; 11 – предохранительный гидроклапан; 12 – фильтр

Испытания проводятся на рабочей жидкости – гидравлическом масле OILRIGHT ВМГЗ [2].

Согласно ГОСТ 18464-96 допускается совмещать проверку на герметичность ГЦ с проверкой его на прочность.

Прочность и герметичность проверяются при давлении $P = 22,5$ МПа.

Выводы:

1. Проведен анализ возможных способов ремонта сварных швов сборочной единицы «Цилиндр гидроусилителя руля».

2. Разработан технологический процесс холодного газодинамического напыления для ремонта сварных швов в цилиндре ГР на оборудовании «ДИМЕТ-404»; выбраны оптимальные режимы напыления.

3. Выполнен визуальный и рентгенографический контроль сварных швов цилиндра ГР до и после проведения ремонта.

4. Разработана схема специального испытательного стенда.

5. Проведены испытания на прочность и герметичность цилиндра ГР под гидравлическим давлением 22,5 МПа в течение 10 минут.

6. Результаты рентгенконтроля и испытаний подтверждают, что после ремонта сварных швов методом газодинамического напыления обеспечивается прочность и герметичность цилиндра ГР.

Литература

1. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки. – М.: Академия, 2001. – 319 с.

2. Волченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.

3. Герасименко А.И. Основы сварки. Самоучитель. – М.: Феникс, 2014. – 320 с.

4. Моисеенко В.П. Материалы и их поведение при сварке. – М.: Феникс, 2009. – 304 с.

5. Нитцше К. Испытания металлов: сборник статей / под ред. К. Нитцше / пер. с нем. – М.: Металлургия, 1967. – 452 с.

6. Овчинников В.В. Основы теории сварки и резки металлов. – М.: КноРус, 2011. – 248 с.

7. Шкодкин А.В., Каширин А.И. Применение газодинамического напыления металлов для ремонта деталей и узлов авиационной техники. Технологические рекомендации ТР 3645-003-40707672-2010. Обнинский центр порошкового напыления.