



УДК 621.791
DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-76-79

Поступила 15.05.2019
Received 15.05.2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

И. В. БОРИСОВЕЦ, Т. П. КУРЕНКОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»,
г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: nmg.plus@bmz.gomel.by

Рукав высокого давления (РВД) – это гибкий трубопровод для транспортировки специальных гидравлических и моторных жидкостей на базе минерального масла, жидкого топлива, консистентных смазок или водной эмульсии под давлением для передачи рабочего усилия. Конструктивно рукав представляет собой две или более резиновые трубки, помещенные одна в другую, армированные металлическими оплетками или навивками, оборудованные соединительными фитингами. РВД характеризуется достаточно высокой гибкостью в сочетании со способностью выдерживать значительные давления.

В случаях преждевременного разрушения рукавов высокого давления в ходе циклических или импульсных испытаний необходимо определить причину данного несоответствия. В статье описаны основные этапы исследования дефектных рукавов высокого давления при определении причины их выхода из строя и приведены примеры исследований с применением визуального, металлографического, электронно-микроскопического методов анализа в металлографической лаборатории ЦЗЛ ОАО «БМЗ – УКХ «БМК».

Ключевые слова. Рукав высокого давления, циклические и импульсные испытания, армирующий слой, фитинг, фреттинг-износ, усталостное разрушение.

Для цитирования. Борисовец, И. В. Исследование причин разрушения рукавов высокого давления при эксплуатации и циклических испытаниях / И. В. Борисовец, Т. П. Куренкова // Литье и металлургия. 2019. № 2. С. 76–79. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-76-79.

A STUDY ON THE CAUSES OF THE DESTRUCTION OF THE HIGH PRESSURE HOSES DURING OPERATION AND CYCLIC TESTS

I. V. BORISOVETS, T. P. KURENKOVA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC»,
Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nmg.plus@bmz.gomel.by

High pressure hose (HPH) is a flexible pipeline for the transportation of special hydraulic and motor fluids based on mineral oil, liquid fuel, grease or water emulsion under pressure, to transfer the working force. Structurally, the sleeve is two or more rubber tubes placed one into the other, reinforced with metal braids or coils, equipped with connecting fittings [1]. HPH is characterized by a sufficiently high flexibility in combination with the ability to withstand significant pressure.

In cases of premature failure of high-pressure hoses during cyclic or impulse tests, the cause of the nonconformity must be determined. The article describes the main stages of the study of defective high-pressure hoses in determining the cause of their failure and provides examples of studies using visual, metallographic, electron microscopic methods of analysis in the metallographic laboratory of OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC».

Keywords. High pressure hose, cyclic and pulse tests, reinforcing layer, fitting, fretting wear, fatigue failure.

For citation. Borisovets I. V., Kurenkova T. P. A study on the causes of the destruction of the high pressure hoses during operation and cyclic tests. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 2, pp. 76–79. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-76-79.

Рукава высокого давления (РВД) – основная продукция, в которой применяется стальная латунированная проволока диаметром от 0,20 до 0,80 мм различных групп номинальной прочности на разрыв (от 2150 до 3350 МПа). Как правило, проволока диаметром до 0,35 мм применяется в рукавах оплеточной конструкции, проволока диаметром от 0,38 мм и выше – при производстве рукавов навивочной конструкции.

Согласно литературным данным [1], существует ряд факторов, которые оказывают существенное влияние на количество циклов до разрушения при испытаниях рукавов и их долговечность при эксплуатации.

Так, например, повышение рабочего давления на 25% снижает долговечность рукавов на 50%, разнотолщинность стенок резиновых слоев приводит к неравномерному распределению давления жидкости.

Снижению эксплуатационных характеристик рукавов высокого давления способствуют наличие на внутренней поверхности резинового слоя рукава прорывов, разрезов; монтажные неточности, такие, как увеличение радиуса изгиба шланга и изменение геометрии внутреннего сечения шланга с круглой на эллипсовидную; отсутствие или несоблюдение нормированного прямолинейного участка в месте выхода рукава из муфт наконечников шланга; несоблюдение минимального радиуса изгиба рукава; скручивание рукава вокруг оси.

Также имеются указания на то, что до 80% отказов шлангов связано с негерметичностью узла уплотнения наконечников [2].

В случаях, когда на стадии циклических (импульсных) испытаний либо при эксплуатации рукавов происходит их преждевременное разрушение, необходимо определить его причину. В настоящей статье описаны основные этапы исследования дефектных рукавов при определении причины выхода из строя РВД при анализе в металлографической лаборатории ЦЗЛ ОАО «БМЗ – УКХ «БМК». При подготовке заключений были выявлены определенные закономерности в методах исследования и поиске причин разрушения. Было установлено, что для определения истинной причины разрушения РВД необходимо учитывать условия эксплуатации или проведения испытаний, а именно давление, при котором проводилось испытание, максимально допустимое рабочее давление, время нахождения под давлением, температура и характеристики рабочей среды и т. д.

В случае преждевременного разрушения при испытании желательно также иметь информацию об общем количестве испытанных рукавов и количестве рукавов, не выдержавших испытания. Также желательным условием является предоставление образцов с фитингом.

При установлении возможных причин разрушений применяли определенную последовательность исследований дефектных рукавов.

1. Осмотр внешнего вида и зоны разрушения.
2. Разделение (разрез) шланга в продольном направлении возле места разрушения.
3. Исследование внутренней поверхности резиновой трубки рукава на наличие прорывов, разрезов и т. д.
4. Исследование внутренней и внешней поверхности на наличие посторонних включений в резине, которые могут явиться концентраторами напряжений.
5. Определение количества нитей в потоке в случае оплеточной конструкции шланга для выявления возможного обрыва проволоки.
6. Исследование поверхности и вида разрушения отдельных проволок с применением металлографических и электронно-микроскопических методов.

Ниже приведены примеры исследований дефектных рукавов высокого давления с целью определения причин их разрушения.

На рис. 1 показан шланг, при эксплуатации которого были выявлены множественные вздутия верхнего слоя резины.

В результате исследования было установлено, что образование данного дефекта произошло из-за проникновения гидравлической жидкости через незначительные разрывы внутренней трубки во внутренние слои армирующего каркаса, что привело к нарушению адгезионной прочности проволоки и резины и образованию вздутий. Для исследования был вырезан фрагмент дефекта (рис. 2).

При осмотре внутренней поверхности фрагмента рукава была обнаружена пора диаметром около 2 мм (рис. 3).

Таким образом, причиной образования вздутий на поверхности данного рукава явились дефекты (поры) внутренней резиновой трубки.

Также в лаборатории проводили исследование причин разрыва рукава высокого давления в месте запрессовки фитинга (рис. 4). Для исследования дефекта был отрезан фрагмент места разрушения, внешний вид которого показан на рис. 5.

Установлено, что внутренняя резиновая трубка имеет множественные разрывы, расположенные



Рис. 1. Рукав высокого давления с видимыми участками вздутия

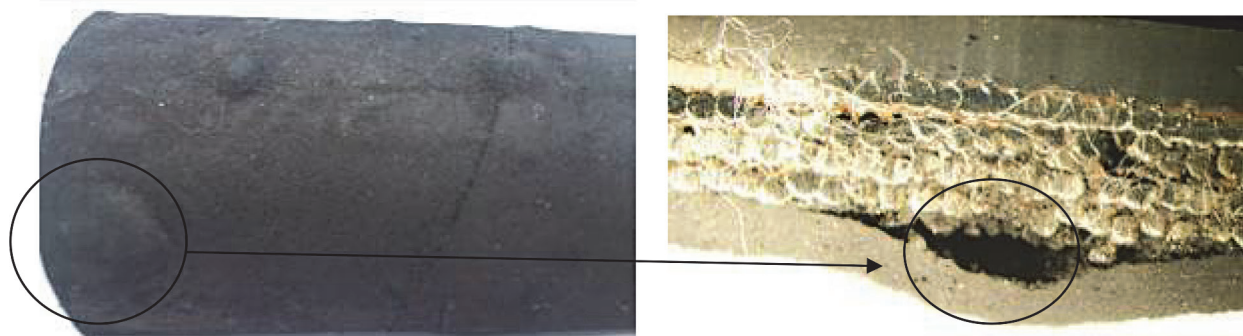


Рис. 2. Вид фрагмента и разреза рукава с поверхностным вздутием резины

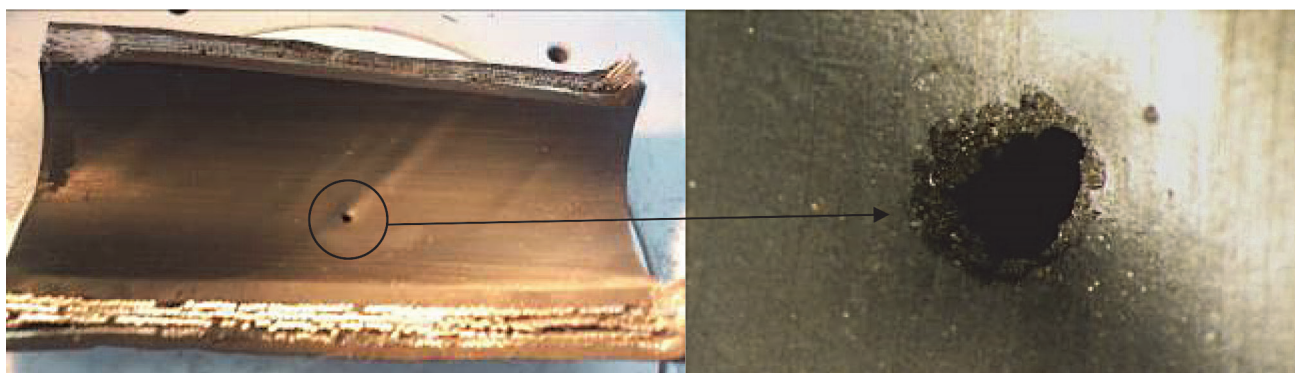


Рис. 3. Вид поры на внутренней стенке предоставленного фрагмента



Рис. 4. Внешний вид рукава высокого давления с разрушением в месте запрессовки фитинга



Рис. 5. Фрагмент рукава, имеющий разрушение в месте крепления фитинга



Рис. 6. Разрушения на внутренней камере



Рис. 7. Внешний вид фрагмента рукава, разрушенного при импульсных испытаниях

в зоне крепления фитинга (рис. 6). Вероятнее всего, рабочая жидкость проникла между армирующими слоями через дефекты, полученные при запрессовке фитинга.

В качестве примера также можно привести исследование фрагмента рукава высокого давления для определения возможных причин преждевременного разрушения шланга при импульсных испытаниях, проводимых изготовителем шланга (рис. 7).

При внешнем осмотре образца установлено, что рукав был изготовлен методом спиральной навивки проволоки, внутренний диаметр камеры – 20 мм. Предоставленный фрагмент не содержит фитингов,



Рис. 8. Разрушение проволоки на боковой поверхности предоставленного фрагмента

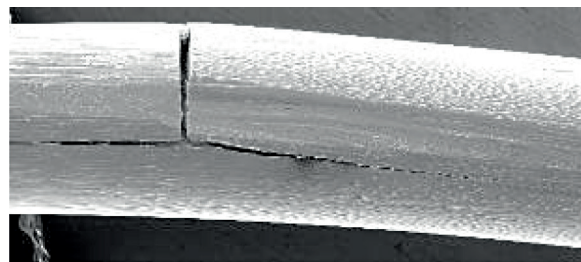


Рис. 9. Механическое повреждение поверхности проволоки в зоне разрушения

имеет только первый (внутренний) армирующий слой и несколько витков второго армирующего слоя. При визуальном осмотре также отмечены множественные разрушения проволоки преимущественно на боковой стороне вдоль одной направляющей по всей длине предоставленного фрагмента (рис. 8).

При исследовании на растровом электронном микроскопе с рентгеновским микроанализатором (РЭМ с РМА) были обнаружены обрывы проволоки с локальным механическим повреждением поверхности в зоне разрушения (рис. 9). В зоне разрушения также был отмечен дефект в виде частичного отсутствия латунного покрытия и выраженных продольных рисок. Данный дефект поверхности проволоки образовался в результате фреттинг-износа из-за контакта проволок различных армирующих слоев.

В результате исследований образца было установлено, что преждевременный выход из строя рукава при импульсных испытаниях произошел из-за разрушения значительной части проволок армирующего слоя по усталостному механизму на боковой поверхности рукава. Зарождению и развитию усталостных трещин проволоки способствовали местные истирания поверхности проволоки армирующего слоя, а также фреттинг-износ в результате контакта проволок различных армирующих слоев.

Таким образом, в металлографической лаборатории ЦЗЛ «ОАО «БМЗ – УКХ «БМК» для выявления возможных причин преждевременного разрушения рукавов высокого давления при эксплуатации или технологических испытаниях определены основные этапы лабораторных исследований, включающие в себя как исследование резинового покрытия, так и выявление возможного разрушения обрыва проволок с применением визуального, металлографического, электронно-микроскопического методов анализа.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. <http://www.hydrocenter.ru>.
2. <http://www.hydropart.ru>.