

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СОСУДОВ

© *К.Р. Таранцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© *А.В. Тразанов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF PULSE SHOT BLASTING THE INNER SURFACE OF VESSELS

© *K.R. Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *A. V. Trazanov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Проанализированы причины снижения эффективности механической и дробеструйной очистки внутренней поверхности сосудов. На основе численного анализа и экспериментальной проверки предложена конструкция для импульсной дробеструйной очистки внутренней поверхности газовых баллонов и обозначены пути ее оптимизации.

Ключевые слова: техническое обслуживание, очистка, внутренняя поверхность, сосуд, импульсная дробеструйная обработка, численные методы.

Analyzed the reasons for reducing the effectiveness of mechanical and shot blasting the inner surface of vessels. On the basis of numerical analysis and experimental verification of proposed design for pulse shot blasting the inner surface of gas cylinders and ways of its optimization.

Key words: maintenance, cleaning, internal surface vessels, pulse shot blasting, numerical methods

В настоящее время в связи с увеличением числа используемых в экономике сосудов под давлением, прежде всего газовых баллонов, обострилась проблема их безопасной эксплуатации.

В процессе эксплуатации сосудов возникает проблема точного и достоверного диагностирования их предельного состояния, степени изнашивания. Предельный износ, в отличие от допустимого, характеризуется потерей работоспособности и устанавливается по техническому критерию при очередном периодическом освидетельствовании. Допустимый износ значительно сложнее установить, его предельное состояние обнаруживается с большим запозданием и может привести к авариям.

Данная задача может быть решена путем интенсификации технологических процессов технического обслуживания и расширения выполняемых операций в процессе периодического освидетельствования баллона, в том числе очистки внутренней поверхности, что позволяет более качественно диагностировать допустимый или предельный износ основного металла.

На данный момент проблемой очистки внутренней поверхности баллона занимается ряд организаций, производящих технологическое оборудование для освидетельствования газовых баллонов (ЗАО «ПКТБА» (Россия), «Vanzetti» (Италия), НПО «ГАКС-АРМСЕРВИС» (Россия) и другие). Существующие способы очистки баллонов и оборудование для их осуществления условно можно разделить на два основных типа: механическая и дробеструйная очистки.

Механическая очистка цепями, схема которой изображена на рисунке 1, несмотря на широкое распространение на практике, малоэффективна, так как не позволяет очищать донную часть и горловину баллона.

Кроме того, в ряде случаев механическая очистка цепями не эффективна, так как твердость внутренней поверхности баллона неодинакова по длине от дна до горловины сосуда и может изменяться от 12 HRCэ до 42 HRCэ (рис. 2).

Это связано с технологией изготовления баллона. Экспериментальные измерения ряда разноименных баллонов среднего объема [1] показали, что твердость горловины сосуда может в 1,5 раза превышать твердость поверхности днища и в 3,5 раза твердость средней цилиндрической части сосуда.

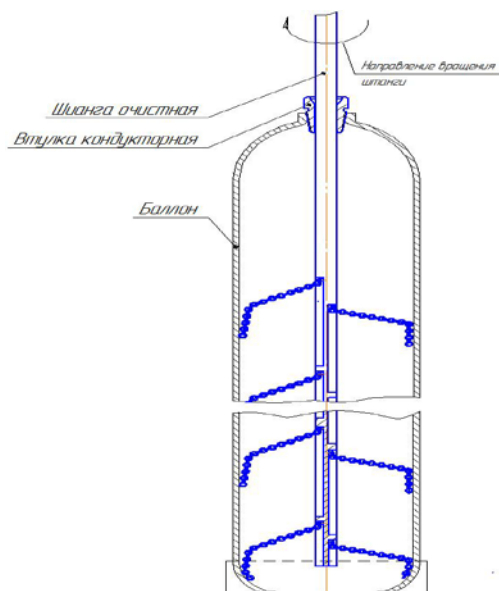


Рисунок 1 – Схема механической очистки внутренней поверхности

Твердость поверхности применяемой для очистки цепи составляет 40...45 HRCэ, что сравнимо, а иногда и ниже, соответствующего параметра очищаемой внутренней поверхности баллона. Следовательно, эффективная очистка будет достигаться только в средней цилиндрической части баллона.

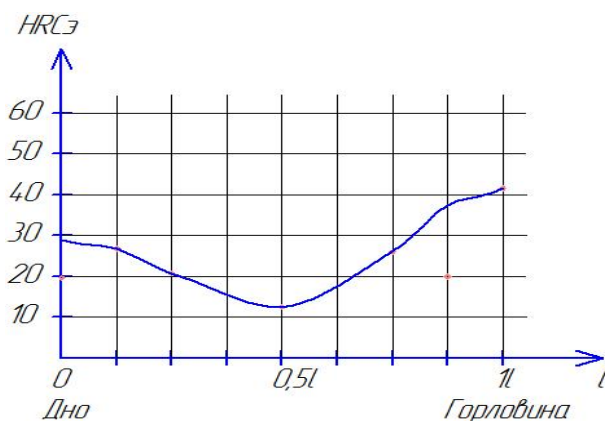


Рисунок 2 – Зависимость изменения твердости внутренней поверхности баллона (HRCэ) по длине (l) от дна до горловины сосуда

Если для решения проблемы с очисткой баллонов среднего объема [1] используемый метод применим, то для баллонов большого объема [2,3] его применять затруднительно, так как длина данных баллонов достигает пяти метров и приводит к существенному усложнению конструкции и увеличению металлоемкости оборудования.

Следующая проблема возникает с очисткой металлокомпозитных баллонов (тип 2 и тип 3) [4], так как очистка внутренней поверхности, в соответствии с правилами безопасности [5], распространяется только на цельнометаллические баллоны (тип 1), а наличие коррозии на стальном лейнере металлопластиковых баллонов не допускается. На практике применяются баллоны, изготовленные по ГОСТ 949 [1], но армированные стеклопластиком, например, в соответствии с ТУ 2296-030-18074387-2006, для повышения предельного давления газа в сосуде (до 34,3 МПа (350 кгс/см²) (рис. 3).



Рисунок 3 – Блок баллонов комбинированных универсальных БКУ-40-350С. ТУ 2296-030-18074387-2006

Так как у баллонов наиболее опасным участком является цилиндрическая часть, то усиление ее за счет армирования стеклопластиком позволяет повысить предельное давление сосуда. Данный сосуд является металлокомпозитным, следовательно, не допускается наличие коррозионного изнашивания, хотя он изначально изготовлен как цельнометаллический баллон и при очистке, в том числе внутренней поверхности, и при положительных результатах периодического освидетельствования мог бы использоваться на более низких давлениях (до 19,6 МПа (200 кгс/см²)), что допускается нормативной документацией РФ для данного типа сосудов.

В РФ существует множество предприятий, занимающихся изготовлением сосудов под давлением, в том числе металлокомпозитных. Данные сосуды, как правило, выпускаются по ТУ предприятия-изготовителя, следовательно, без внесения поправок в нормативную базу решить проблему продления эксплуатации сосудов, не достигших предельного состояния, на более низких давлениях затруднительно.

Ввиду широкой номенклатуры выпускаемых баллонов, при положительном решении проблемы с продлением эксплуатации металлокомпозитных баллонов проблема качественной очистки внутренней поверхности является актуальной.

Применение классических методов дробеструйной обработки для очистки внутренней поверхности сосудов также проблематично из-за широкой номенклатуры баллонов. Как правило, дробь подается внутрь баллона по штанге и выстреливается из сопла, что вызывает необходимость в перемещении штанги и дробеструйного сопла относительно внутренних стенок сосуда. Наличие штанги в горловине баллона затрудняет удаление из баллона используемой во время работы дроби и воздуха, используемого в качестве энергоносителя. Полное удаление всех твердых частиц достигается только за счет кантования баллона при удалении дробеподводящей штанги из горловины. Это увеличивает количество переналадок оборудования и отрицательно влияет на производительность установки.

Поэтому востребованы метод дробеструйной обработки и оборудование для его осуществления, позволяющее очищать внутреннюю поверхность без переналадок устройства, сокращать технологические операции с циркуляцией рабочего тела (дроби), обеспечивать возможность уменьшения габаритных размеров и упрощать оборудование. Одним из таких вариантов решения может служить устройство внутренней очистки баллонов, реализующее способ очистки внутренней поверхности баллонов пульсирующим потоком дроби в кипящем слое [6] (рис. 4).

Внутри баллона после предварительного демонтажа запорной арматуры помещается порция дроби и вворачивается в горловину головка со штангой для сброса избыточного давления. После проведения монтажных работ сосуд кантуется горловиной вниз и подключается к питающей сети с давлением воздуха 0,6 МПа. Сжатый воздух порционно подается внутрь сосуда, увлекает с собой часть дроби и очищает внутреннюю поверхность сосуда.

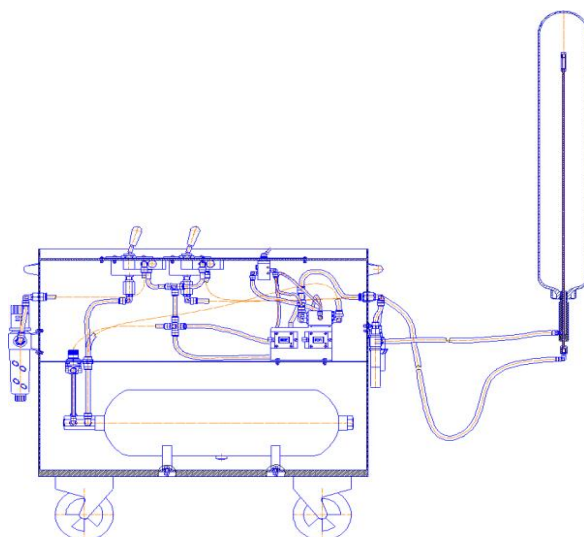


Рисунок 4 – Устройство внутренней очистки баллонов

Был проведен численный анализ движения стальной дроби размером $d_{\min}=0,7\text{мм}$ и $d_{\max}=1,0\text{мм}$ внутри газового баллона для воздуха 10-200У ГОСТ 949-73 объемом 10л диаметром 140 мм и длиной 900 мм в среде SolidWorks (рис. 5), позволивший предварительно выбрать необходимые режимы очистки и параметры конструкции.

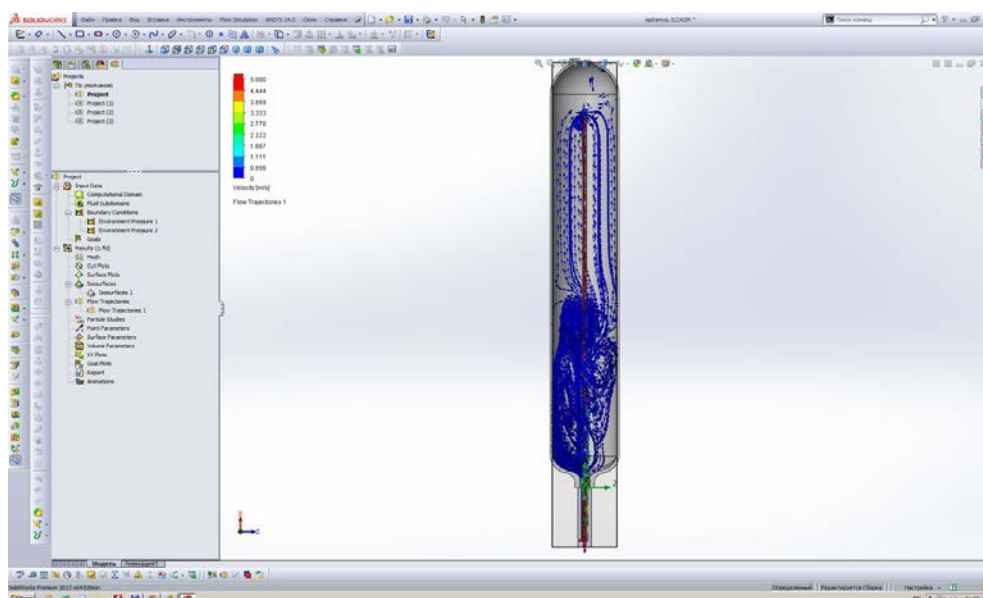


Рисунок 5 – Расчетное движение дроби стальной ($\varnothing_{\min}=0,7\text{мм}$, $\varnothing_{\max}=1,0\text{мм}$) внутри газового баллона для воздуха 10-200У ГОСТ 949-73 ($V=10\text{л}$, $\varnothing 140$, $L=900$)

В настоящее время проводятся испытания опытного образца для оптимизации структуры потока внутри сосуда за счет:

- разницы давлений в очищаемом сосуде и подаваемой порции воздуха;
- изменения условного прохода входного штуцера, ограниченного габаритными размерами резьбы в горловине сосуда (для резьб W19,2 наименьший диаметр конуса 13 мм, а для резьб W27,8 – 21мм) [7];
- оптимизации удельной массы дроби в баллоне;
- снижения пневматического сопротивления в выходном трубопроводе;
- управления вихревым потоком внутри сосуда путем установки перед выходом из входного штуцера отражателя.

Таким образом, исследования показали, что метод циркуляционной очистки замкнутых объемов и устройств перспективен для очистки внутренней поверхности сосудов. Оптимальные режимы очистки и необходимые параметры устройств будут определены в ходе дальнейших опытно-промышленных испытаний.

Список литературы

1. ГОСТ 949-73: Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_p \leq 19,6 \text{ мпа}$ (200 кгс/см^2).

2. ГОСТ 12247-80: Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов на $P_p = 31,4$ и $39,2$ МПа (320 и 400 кгс/см²).
3. ГОСТ 9731-79: Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов $P_p = 24,5$ МПа (250 кгс/см²)
4. ГОСТ Р 51753-2001: Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах.
5. ПБ 03-576-03: Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
6. Очистка внутренней поверхности газовых баллонов среднего объема пульсирующим потоком дроби в кипящем слое/ К.Р. Таранцева, А.В. Тразанов // // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. Научно-методический журнал. – 2013. – №9(13) т.2-. С.146-153.
7. ГОСТ 9909-81: Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба коническая вентиля и баллонов для газов.