

УДК 621.79

Разработка автоматизированной установки для напыления рабочей поверхности гильз цилиндров

Попов Никита Александрович^(*)

na-popov@yandex.ru

SPIN-код: 3170-9440

Чавдаров Анатолий Валентинович

info@firma-tom.ru

SPIN-код: 2587-8496

ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация. Выполнены разработка конструкторской документации и изготовление автоматизированной установки для напыления рабочей поверхности гильз цилиндров. Установка создана в рамках реализации комбинированной технологии выставления рабочей поверхности гильз цилиндров, включающей в себя холодное газодинамическое напыление и микродуговое оксидирование. Представлены требования по габаритам деталей, скорости перемещения рабочих органов и методах обеспечения безопасности и надежности. Приведен чертеж общего вида. Описан принцип работы электроники и приведена принципиальная схема установки. Представлены результаты напыления на созданной установке. Сделаны выводы о качестве полученного результата.

Ключевые слова: автоматизированная установка, гильза цилиндра, восстановление, холодное газодинамическое напыление, технические требования

Development of an automated installation for spraying the working surface of cylinder liners

Popov Nikita Alexandrovich^(*)

na-popov@yandex.ru

SPIN-code: 3170-9440

Chavdarov Anatoly Valentinovich

info@firma-tom.ru

SPIN-code: 2587-8496

FSAC VIM, Moscow, Russia

Abstract. The design documentation development and production of an automated installation for spraying the working surface of cylinder liners has been carried out. The installation was created as part of the implementation of a combined technology for exposing the working surface of cylinder liners, which includes cold spray and plasma electrolytic oxidation. The requirements for the dimensions of the parts, the speed of movement of the working bodies and methods of ensuring safety and reliability are presented. A general drawing is provided. The principle of operation of the electronics is described and the schematic diagram of the installation is given. The results of spraying on the created installation are presented. Conclusions are drawn about the quality of the result obtained.

Keywords: automated installation, cylinder liner, restoration, cold spray, technical requirements

Введение. Отсутствие универсальной технологии восстановления гильз цилиндров вынуждает ремонтные предприятия прибегать к замене гильз или расточке под ремонтный размер. Замена гильз применима не ко всем двигателям, а расточка под ремонтный размер снижает износостойкость и изменяет параметры сжатия топлива, что может негативно повлиять на дальнейшую работу двигателя. В связи с этим была предложена новая технология восстановления гильз цилиндров в номинальный размер. Комбинированная технология восстановления подразумевает нанесения слоя алюминия на рабочую поверхность гильзы для компенсации износа по технологии холодного газодинамического напыления (ХГДН) и последующее микродуговое оксидирование (МДО) для придания высокой износостойкости. На рабочей поверхности гильзы создают слой керамического покрытия толщиной 80–100 мкм, что, с одной стороны, не нарушает термический цикл двигателя, а с другой, обеспечивает межремонтный срок эксплуатации не меньше, чем у новой детали. На технологию получен патент [1].

Одной из технологических проблем при реализации технологии стал вопрос равномерного ХГДН внутренней цилиндрической поверхности по всей длине гильзы. Если для напыления внутренних поверхностей ранее предлагалось решение в виде изогнутого сопла [2], то вопрос равномерного нанесения требует дополнительных разработок.

Целью данной работы является разработка автоматизированной установки для напыления рабочей поверхности гильзы цилиндра для реализации комбинированной технологии ее восстановления.

Материалы и методы. Прототипом разработанной установки послужили работы авторов [3–5]. Установка должна быть выполнена на общем сварном каркасе из профилированных труб и состоять из шпиндельного узла вращения детали и каретки для закрепления и перемещения инструмента (напыляющей головки установки «Димет»).

Исходные технические характеристики:

- диаметр деталей, диапазон 100–300 мм;
- длина деталей, диапазон 50–500 мм;
- скорость вращения при напылении, диапазон 10–50 об/мин;
- скорость перемещения инструмента при напылении 5–300 мм/мин.

Допускается переход на другой диапазон скоростей вращения и перемещения с помощью перестановки шкивов зубчатых передач.

Требования к конструкции шпиндельного узла:

- для крепления детали использовать токарный патрон $D = 200$ мм с прямыми и обратными кулачками;
- вращение осуществлять от серводвигателя или шагового двигателя с управлением от программируемого логического контроллера (ПЛК) и операторской панели;
- использовать шкивы и ременную зубчатую передачу с механизмом натяжения;
- предусмотреть общий защитный кожух.

Требование к конструкции каретки:

- для перемещения вдоль оси вращения использовать передачу рейка/шестерня и шаговый двигатель;
- перемещение вдоль оси вращения осуществлять с использованием линейных подшипников по рельсам, закрепленным на алюминиевый станочный профиль;
- предусмотреть крепление инструмента в различных положениях по высоте и относительно центра;
- исключить попадание порошка на линейные направляющие и реечную передачу.

Требования к пульту управления:

- пульт должен быть смонтирован в металлическом корпусе и иметь обязательное заземление;
- использовать цветную сенсорную операторскую панель;
- предусмотреть кнопку аварийной остановки;
- все соединения пульта с исполнительными механизмами выполнить в металлорукаве;
- электросхема пульта должна быть выполнена с использованием промышленного напряжения переменного 220 В частотой 50 Гц. Наличие входного автомата включения электропитания обязательно.

Результаты. Для реализации технологического процесса напыления внутренней рабочей поверхности гильз цилиндров была спроектирована и изготовлена автоматизированная установка (рис. 1).

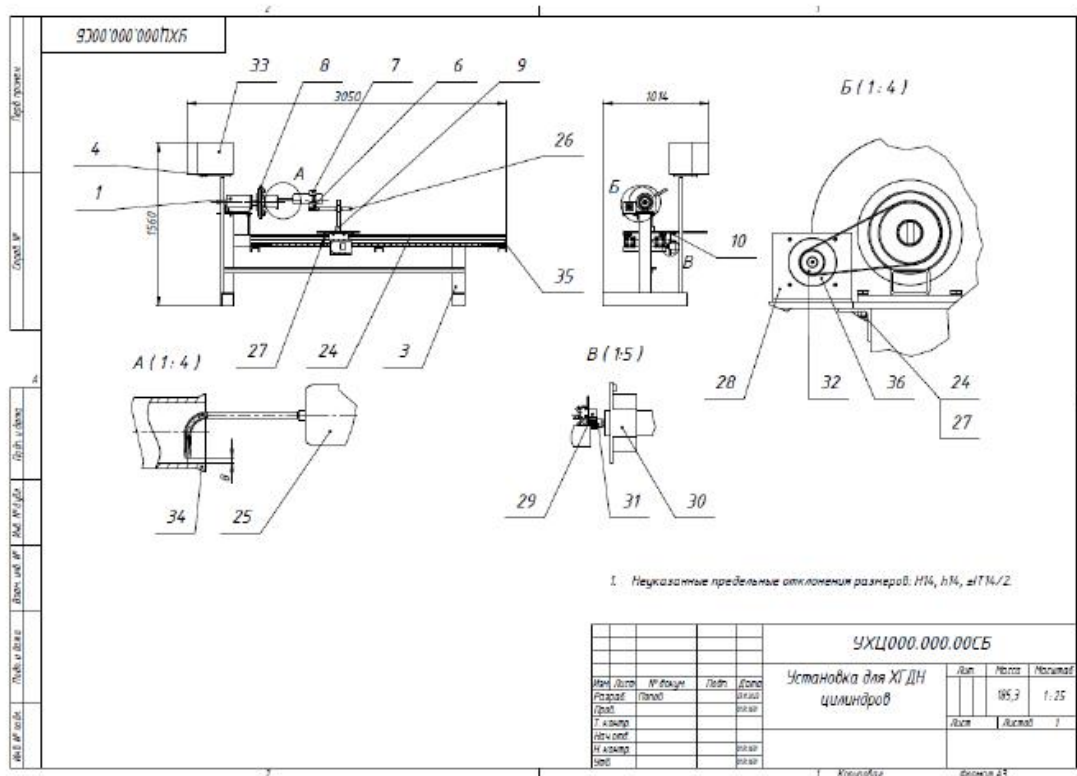


Рис. 1. Чертеж автоматизированной установки для нанесения ХГДН покрытия

Сварной каркас из труб 120×120×3 мм обеспечивает жесткость конструкции. В качестве основы для монтажа рабочих органов использован алюминиевый профиль с пазами 100×100 мм. Шпиндельный узел приводится в движение шаговым двигателем с понижающим редуктором через зубчатременную-передачу. Гильза цилиндров закрепляется в токарном патроне, что обеспечивает простоту и легкость ее закрепления. Предусмотрена возможность точной настройки положения головки напылителя под каждый тип гильз цилиндров для обеспечения универсальности установки. В качестве ПЛК используется DVP28SV11T2. Он позволяет управлять при необходимости четырьмя драйверами шаговых двигателей. Электрическая схема установки приведена на рис. 2.

В разработанной конструкции используются два шаговых двигателя: на вращение шпинделя ШД1 и на перемещение каретки по оси X ШД2. Остальные двигатели могут быть подключены к ПЛК в процессе расширения задач, выполняемых на данной установке. С транзисторных выходов ПЛК поступают импульсы на драйверы двигателей, соответствующих повороту якоря двигателя строго на заданную величину. В системных настройках устанавливаются соответствующие коэффициенты пересчета количества импульсов на определенный угол поворота для шпинделя или на определенное расстояние перемещения каретки.

Питание пульта управление осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Предусмотрен автоматический выключатель QF1 для подачи питания в схему. Операторская панель (ОП), ПЛК и драйвера двигателей питаются от постоянного напряжения +24 В и для этого используется понижающий блок питания G1. В качестве операторской панели выбрана модель DOP-110CS фирмы «Дельта Электроникс» с 10-ти дюймовым экраном.

На входы ПЛК поступают сигналы с концевых выключателей. В данной установке применяются индуктивные датчики В1 и В2 для перемещения каретки. Остальные датчики могут быть установлены в процессе модернизации установки для выполнения других задач.

Для напыления на внутренние рабочие поверхности гильз цилиндров установка оснащается комплексом ХГДН — ДИМЕТ 403. Вместо стандартного сопла устанавливается сопло для напыления внутренних поверхностей. На разработанной установке реализовано напыление гильзы блока цилиндров GZ-195N (рис. 3).

Полученный результат удовлетворяет требованиям технологии, получен слой в 0,5 мм на диаметр гильзы. Подробно результаты работы описаны в работе [6].

Обсуждение полученных результатов. Дальнейшим подходом к развитию комбинированной технологии восстановления рабочей поверхности гильз цилиндров может быть отказ от выпрессовки гильз из блока и восстановление в сборе. Для этого необходимо использовать координатно-расточные станки для предварительной и финишной обработки цилиндров и сварочный вращатель грузоподъемностью до 300 кг для напыления рабочей поверхности.

На сварочный вращатель необходимо установить блок цилиндров соосно одной из гильз. Ось подвода головки напылителя будет вертикальной. В остальном технология будет идентична разработанной на сегодняшний день.

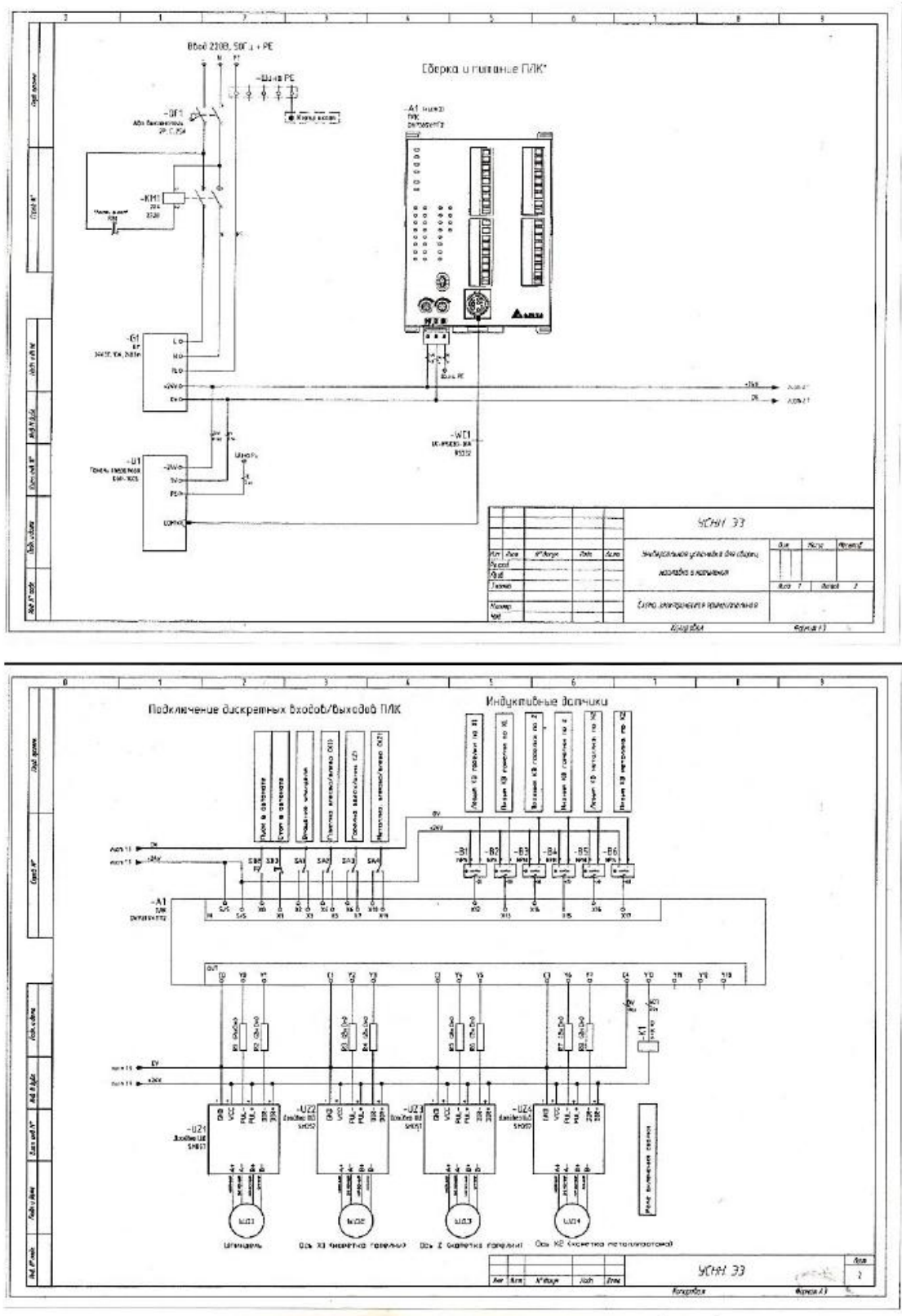


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная универсальной установки



Рис. 3. Напыление гильзы блока цилиндров GZ-195N

Заключение. Разработана автоматизированной установки для напыления рабочей поверхности гильзы цилиндра для реализации комбинированной технологии ее восстановления. Установка удовлетворяет всей номенклатуре наиболее распространенных гильз цилиндров. Использование автоматизированного управления на основе ПЛК позволяет точно и надежно управлять параметрами процесса напыления. Результат напыления пробного образца полностью удовлетворяет заданным критериям качества.

Список источников

- [1] Попов Н.А., Чавдаров А.В., Денисов В.А. Способ восстановления изношенных внутренних рабочих поверхностей гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания в номинальный размер. Патент № 2837057 РФ, 2025.
- [2] Чавдаров А.В., Толкачев А.А. Новые технологические решения для восстановления внутренней поверхности гидроцилиндров. *Аграрная наука*, 2021, № 354 (11–12), с. 166–170. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-166-170>
- [3] Чавдаров А.В., Попов Н.А. Разработка универсального центра для восстановления деталей сельхозтехники. *Технический сервис машин*, 2025, т. 63, № 1, с. 87–93. <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2025-63-1-87-93>
- [4] Чавдаров А.В. Опыт внедрения автоматической сварочной установки при производстве малой сельхозтехники. *Технический сервис машин*, 2022, № 4 (149), с. 104–110. <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2022-60-4-104-110>
- [5] Драгунов Н.А., Слинко Д.Б. Разработка технологии восстановления деталей типа «вал» плазменно-порошковой наплавкой. *Инновационные технологии, оборудование и материалы. Заготовки в машиностроении. Междунар. науч.-техн. конф.: сб. тр. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2022, с. 295–297.
- [6] Popov N., Chavdarov A. Properties of ceramic coatings in engine cylinder liners restoration using combined technology. *E3S Web of Conferences*, 2024, vol. 583, art. no. 03020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458303020>