УДК 621.3.032.5
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-47-3-93-100
Р.Н. Сайфуллин, В.С. Наталенко

РАЗРАБОТКА БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

***Ключевые слова:* оборудование для восстановления деталей; вращатели; блочно-модульная установка; электроконтактная приварка.**

В настоящее время для восстановления изношенных деталей используется в основном оборудование, оставшееся со времен СССР. Это объясняется, прежде всего, изменением организации процесса ремонта машин и связанным с этим резким сокращением доли восстановленных деталей. Вследствие этого спрос на оборудование для восстановления изношенных деталей сегодня практически отсутствует, а само (действующее) оборудование в основном сконцентрировано в профильных учебных заведениях (исключение составляют разве что установки для восстановления быстроизнашивающихся деталей горно-металлургического оборудования), так как программа преподавания соответствующих дисциплин не изменилась. На первый взгляд (с учетом реалий последних лет), технологические процессы восстановления изношенных деталей устарели и не могут конку-

рировать с торговлей новыми запасными частями, однако опыт работы научно-производственных участков некоторых вузов (Институт механики и энергетики, г. Саранск, Башкирский государственных аграрный университет, г. Уфа) показывает, что восстановление дорогостоящих деталей дорожно-строительной техники, грузовых автомобилей и сельскохозяйственных машин остается экономически эффективным и конкурентоспособным по соотношению «цена – качество». Также эффективным является использование процессов восстановления изношенных деталей машин при ремонте агрегатов, например, при ремонте гидрораспределителей, компрессоров, насосов и других узлов. Несмотря на это, процессы восстановления на ремонтных предприятиях используются крайне редко, что связано с дефицитом квалифицированных кадров, высокой стоимостью оборудова-

ния и его разнообразием, то есть для каждой группы деталей необходимо использовать соответствующее оборудование, а учитывая широкую номенклатуру типоразмеров деталей, приобретение нескольких установок для восстановления экономически не оправдано. Таким образом, актуальным остается вопрос создания блочно-модульной установки для восстановления деталей.

Наиболее многочисленными установками для восстановления изношенных деталей остаются различные наплавочные и напыляющие головки, крепящиеся на токарном станке или имеющие собственные вращатели: УД-209, У-653А, 01.06.152, ОКС-27503М, ОКС-22104, ОКС-22178, 01-07-021, ОКС-27432, 086093.0819, 01.05-185М, УД-417, УН-127, ЭМГ-2, ЭМП-1, 01.01-241 и другие. Многие из перечисленных установок были разработаны в ВНПО «Ремде-

таль». Одной из распространенных остается установка УД-209 (рисунок 1), у которой имеется собственная наплавочная головка для наплавки в среде защитных газов и под слоем флюса и возможность установки вибродуговых, плазменных и других устройств. Ходовой винт и направляющие сварочной тележки большинства установок размещены сзади, что открывает пространство для обзора спереди и размещения дополнительного оборудования сверху. Расположение направляющих и ходового винта сзади защищает их от воздействия охлаждающей воды, порошковых материалов, флюса и позволяет рационально разместить наплавочное оборудование (рисунок 1). Однако такая компоновка затрудняет использование ручной подачи, оппозитного размещения наплавочных головок (для уменьшения коробления) или роликовых электродов при электроконтактной приварке.

Рисунок 1
Установка УД-209 и размещение направляющих и ходового винта

Из современных наплавочных установок можно отметить установки ООО «НАВКО-ТЕХ», г. Киев, с программным управлением ме-

ханизмами и устройствами, предназначенными для автоматической наплавки цилиндрических, конических, плоских поверхностей (рисунок 2).

АС354-2

АС373

Рисунок 2
Установки для наплавки

Также производством наплавочных установок занимаются Челябинский завод Агромаш (установки У-653А, ОКС-22104, ОКС-22178), НПО «ТОМ», г. Москва (установки для наплавки ТОМ-14, 16, 17, «Пунар» и для напыления ЭДМ-5У, РЭМ-14), ИП «Логачев», г. Челябинск (установки ОКС-22178, ОКС-22084, ОКС-22204, ОКС-22104, У-653А), ОКБ «Булат»,

г. Москва, г. Зеленоград специализируются на разработке и производстве лазерного оборудования, в том числе и для наплавки, ОАО «Ильницкий завод механического сварочного оборудования», г. Ильница (установки УН, УНЭД, РМ-04, 05, 10), ООО «Экосервис», г. Пенза (установки УСН на базе токарного станка и НС-ФГ), «РЕММАШ», г. Днепропетровск (уста-

новки УН-УЭДН, РМ-04, 05, УСВФ-1, 2), ЗАО НПО «Техноплазма», г. Балашиха, ООО ПФ «ТЕХНАП», г. Москва, НПО «Плазмоцентр», г. Санкт-Петербург, НПО «Гакс-Армсервис», г. Пенза производят сварочно-наплавочное оборудование марок ГАКС-Н. Из зарубежных установок для сварки и наплавки можно отметить вращатели итальянской компании «МВ». Перечисленные установки могут удовлетворить практически любые запросы по восстановлению изношенных деталей машин. Так, минимальный диаметр восстанавливаемых деталей на предлагаемых наплавочных установках составляет 10, 20, 30, 80 мм, а максимальный – 400, 500, 600, 800, 900, 1000, 1200, 1700, 2000 мм. Длина наплавляемых деталей может достигать 5...7 м, масса – 8000 кг.

Учитывая, что объемы восстановления изношенных деталей машин на сегодняшний день незначительны, было бы целесообразно иметь одну установку для различных типоразмеров деталей, так как любое ремонтное предприятие старается охватить более широкую номенклатуру деталей, чтобы на одном и том же вращателе можно было установить различные устройства, например, наплавочную установку и установку для электроконтактной приварки. Кроме того, некоторые предлагаемые установки на базе токарных станков не позволяют использовать крупногабаритные изделия, что ограничивает их применение. Стоимость установок тоже очень разнится, например, наплавочные установки производства НПО «ТОМ» стоят от 300 тыс. до 1 млн рублей, а для крупногабаритных изделий – до 2,5 млн рублей. Стоимость установок производства «Агромаш» – 800...830 тыс. рублей, а ИП «Логачев» продает установки по цене более 1,2 млн рублей. Наибольшую долю (50...85 %) в стоимости наплавочной установки занимает вращатель (исключение составляют только электроконтактные и лазерные установки), например, вращатель установки АС-354-2 (рисунок 2) стоит 1,7 млн рублей, вращатель поменьше – АС-371 – 1 млн рублей. Такая цена неоправданно высока. Предварительный расчет показывает, что универсальный блочно-модульный вращатель можно изготовить по отпускной цене до 300 тыс. рублей со следующими техническими характеристиками: максимальный диаметр восстанавливаемой детали 600 мм, длина 1500 мм, масса до 250 кг, а при диаметре детали менее 100 мм максимальная длина может достигать 4 м.

Таким образом, можно сформулировать следующие требования к наплавочной установке. Для снижения себестоимости необходимо максимально уменьшить накладные расходы, что

возможно только на небольших предприятиях. Для увеличения грузоподъемности необходимо исключить консольное расположение шпинделя, так как это увеличивает массу самой установки. Для придания устойчивости установка должна иметь максимальную осевую симметричность, что также уменьшит металлоемкость конструкции. Для крепления всевозможных наплавочных, электроконтактных, напыляющих, упрочняющих и других устройств у вращателя должно быть открытое пространство с трех сторон (спереди, сзади и сверху). Установка должна иметь блочно-модульный принцип для ее модернизации при необходимости, а также возможность обработки широкой номенклатуры восстанавливаемых деталей, охлаждения зоны наплавки, сбора сыпучих материалов, оперативной переналадки приспособлений и устройств. Для удобства управления установкой необходимо наличие ручной подачи и возможность плавного регулирования частоты вращения шпинделя и ходового винта, причем режимы работы установки должны быть выведены на информационное табло в абсолютных величинах.

Учитывая сформулированные требования, мы попытались их реализовать в проектируемой конструкции. За основу приняли рамную схему как наиболее простую и доступную. На рисунке 3 изображен общий вид универсальной блочно-модульной установки, на которую может устанавливаться оборудование всех видов наплавки (электродуговой, плазменной, газовой) и газотермического напыления, оборудование для электромеханической обработки, для восстановления деталей электроконтактной приваркой стальной ленты, проволоки и порошков, для упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием и другое оборудование. Основу рамы составляют швеллеры (16П, 14П, 6,5У). Рама имеет симметричную конструкцию, что обеспечивает ее устойчивость и снижение металлоемкости по сравнению с аналогами. Для крепления всевозможных наплавочных, электроконтактных, напыляющих, упрочняющих и других устройств у вращателя предусмотрено открытое пространство с четырех сторон (спереди, сзади, сверху и снизу).

Для привода вращения шпинделя использовали мотор-редуктор модели СМ040, который вращает шпиндель через цепную передачу (номинальная частота вращения электродвигателя 1400 мин⁻¹, передаточное число редуктора – 100, цепной передачи – 2). В качестве подшипников для шпинделя использовали подшипники качения (шарикоподшипник 46122). Ранее на подобных установках использовались подшипники

скольжения (бронзовые втулки), что увеличивало сопротивление вращению. За счет использования швеллера и отсутствия механической связи между подачей и приводом шпинделя переднюю бабку можно сдвигать влево (для длинных деталей) до длины, ограниченной прогибом швеллера. Диаметр отверстия в шпинделе 100 мм, поэтому отверстие в трехкулачковом патроне было расточено до этого же диаметра.

Для легкого и точного прямолинейного перемещения сварочной тележки она жестко соединена с ползуном, который перемещается по линейной направляющей качения (рисунок 4). Направляющая с ползуном закреплена под швеллером, что обеспечивает защиту точного сопряжения от загрязнений.

Подача сварочной тележки может осуществляться вручную и механизированно с использованием раздвижной гайки (рисунок 5).

Рисунок 3

Общий вид блочно-модульной установки: 1 – рама (швеллер 6,5У); 2 – основание для направляющей (швеллер 14П); 3 – ходовой винт (шаг 6 мм); 4 – основание для крепления наплавочного или упрочняющего оборудования – сварочная тележка (швеллер 18У); 5 – основание для крепления задней бабки (швеллер 16П); 6 – трехкулачковый патрон; 7 – корпус шарикоподшипника; 8 – цепная передача; 9 – шпиндель; 10 – рама передней бабки; 11 – мотор-редукторы

Рисунок 4

Линейная направляющая качения:

1 – основание для крепления наплавочного или упрочняющего оборудования;
2 – направляющая; 3 – ползун

Рисунок 5

Ручная и механизированная подачи сварочной тележки установки

Задняя бабка закрепляется на второй ползун, перемещающийся вдоль линейной направляющей 2 (рисунок 6), что обеспечивает четкое позиционирование задней бабки относительно сварочной тележки. Задняя бабка может переа закрепляться по платформе 2 при обработке длинномерных деталей, вместо центра 3 могут устанавливаться патрон или центросместитель (для закрепления коленчатых валов). Для реализации плавного регулирования частоты вращения шпинделя и ходового винта и выведения режимов работы установки на информационное табло в абсолютных величинах, например, 3 об/мин – для шпинделя и 5 мм/об – для сварочной тележки, а также отображения одного из

главных параметров режима – фактической скорости наплавки (упрочнения) – были использованы управляемые через 485 порт преобразователи частоты 1 марки VFD002L21A (рисунок 9). Для управления данными преобразователями использовался контроллер MEGA-128, который программировался на языке СИ. Контроллер встроен в панель управления 3 (рисунок 7). Спроектированный блочно-модульный вращатель мы использовали как базу для оборудования электроконтактной приварки различных присадочных материалов. Для удобства управления установкой предусмотрено наличие ручной подачи. В таблице 1 приведены технические характеристики спроектированного вращателя.

Рисунок 6

Задняя бабка: 1 – основание для крепления задней бабки; 2 – платформа для переа закрепления задней бабки; 3 – стойка; 4 – центр

Рисунок 7

Управление установкой: 1 – частотные преобразователи; 2 – преобразователь интерфейсов RS232–RS485; 3 – кнопки управления; 4 – экран для отображения режимов

Таблица 1 Характеристика блочно-модульной установка для восстановления и упрочнения деталей

Тип установки		Стационарная
Напряжение питания устройства, В		320
Потребляемая мощность, Вт		1000
Регулирование частоты вращения шпинделя		Бесступенчатое
Диапазон изменения частоты оборотов вращения шпинделя, мин ⁻¹		1...7
Регулирование подачи сварочной тележки		Бесступенчатое
Диапазон изменения подачи сварочной тележки, мм/об		1...12
Максимальный вес дополнительного оборудования для восстановления и упрочнения деталей, кг		200
Максимальный вес обрабатываемой детали, кг		250
Максимальный диаметр закрепляемой детали, мм		800
Максимальная длина обрабатываемой детали, мм:	– при диаметре менее 100 мм	3000
	– при диаметре более 100 мм	1500

Рисунок 8

Модернизированная установка для восстановления деталей электроконтактной приваркой стальной ленты, проволоки, порошков

Рисунок 9

Механизмы сжатия:
а) в установке 01-11.022М,
б) в модернизированной установке

Учитывая невысокую потребность в восстановлении изношенных деталей машин в настоящее время и соответственно для замены многочисленных ранее выпускавшихся установок, а также с целью совершенствования узлов и механизмов на базе кафедры технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ создан блок для электроконтактной приварки различных присадочных материалов на базе спроектированной блочно-модульной установки (рисунок 8). На суппорт установки снизу закрепляется сварочный трансформатор. Крепление трансформатора снизу обеспечивает свободное пространство сверху для крепления дополнительных устройств.

Для отказа от металлоемкого устройства для сжатия роликовых электродов, использовавшегося в предшествующих установках (рисунок 9а), были применены пневмоцилиндры со встроенными направляющими (рисунок 9б). Пневмоцилиндры расположили оппозитно горизонтально. Данное расположение пневмоцилиндров обеспечивает следующие преимущества:

снижение люфтов в механизме зажима; одинаковые усилия зажима обоих роликовых электродов и соответственно одинаковое качество приварки обоими электродами; упрощение подачи порошкового присадочного материала. Расположение пневмоцилиндров на стойках позволило компактно разместить медные шины, воздухопроводы и водопроводы внутри стоек. Контакт электроконтактной установки расположен под передней бабкой (ранее для контактора использовались громоздкие, отдельно стоящие шкафы). Для приварки порошковых материалов возможно использование устройств, описанных в работе [2], свойства порошковых покрытий описаны в работах [3–8]. В качестве устройства, удерживающего ферромагнитный порошок на рабочей поверхности роликового электрода, можно использовать электромагнит (опробование для этих целей мощных неодимовых постоянных магнитов показало, что они размагничиваются в переменном магнитном поле электроконтактной приварки). В настоящее время идет отладка данного устройства.

Библиографический список

1. Оборудование для восстановления деталей [Текст]: каталог. М.: Информагротех, 1990. 41 с.

2. Сайфуллин, Р.Н. Электроконтактная приварка порошковых материалов при восстановлении деталей и получении защитных по-

крытий [Текст]: монография. Уфа: Башкирский ГАУ, 2008. 182 с.

3. Фархшатов, М.Н. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники и оборудования электроконтактной приваркой коррозионностойких и износостойких материалов [Текст]: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Уфа, 2007. 40 с.

4. Юнусбаев, Н.М. Восстановление авто-тракторных деталей электроконтактной приваркой порошковых материалов в магнитном поле [Текст] / Н.М. Юнусбаев // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2006.

5. Нафиков, М.З. Способ определения пористости металлопокрытия из присадочного металлического порошка [Текст] / М.З. Нафиков, А.Ю. Коннов, И.И. Загиров, Н.М. Юнусбаев // Патент на изобретение RU 2608859 24.06.2015.

6. Фархшатов, М.Н. Уменьшение потерь порошковых материалов при электроконтактной приварке [Текст] / М.Н. Фархшатов, И.Р. Гаскаров, Н.М. Юнусбаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 11. С. 32–33.

7. Сайфуллин, Р.Н. Способ электроконтактной приварки металлических порошков [Текст] / Р.Н. Сайфуллин, Э.Л. Левин, М.Н. Фархшатов, Н.М. Юнусбаев // Патент на изобретение RU 2322333 20.02.2006.

8. Сайфуллин, Р.Н. Результаты исследования толщины покрытий, полученных электроконтактной приваркой сетчатых присадочных материалов [Текст] / Р.Н. Сайфуллин, Н.М. Юнусбаев // В сборнике: Инновационно-промышленный салон. Ремонт. Восстановление. Реновация Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2012. С. 196–199.

Сведения об авторах

1. **Сайфуллин Ринат Назирович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 241-64-13, e-mail: bashagregat@mail.ru.

2. **Наталенко Валерий Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 241-64-13.

В настоящее время для восстановления изношенных деталей используется в основном оборудование, созданное еще в прошлом веке. Это связано, прежде всего, с изменением организации процесса ремонта машин, что вызвало резкое сокращение доли восстановленных деталей. Процессы восстановления изношенных деталей на ремонтных предприятиях используются крайне редко, поэтому спрос на оборудование для восстановления изношенных деталей сегодня практически отсутствует. Учитывая широкую номенклатуру типоразмеров деталей, приобретение нескольких установок для разных типоразмеров экономически не оправдано. Таким образом, актуальным является вопрос создания блочно-модульной установки для восстановления различных типоразмеров деталей. В работе проанализированы достоинства и недостатки существующих установок для восстановления и упрочнения деталей машин. На основе этих данных обосновывается конструкция разработанной блочно-модульной установки. Определены требования к блочно-модульной установке, приведены конкретные конструктивные решения, техническая характеристика раз-

работанной установки: тип установки – стационарная, напряжение питания – 380 В, потребляемая мощность – 1 кВт, регулирование частоты вращения шпинделя – бесступенчатое, диапазон изменения частоты оборотов вращения шпинделя – 1...7 мин⁻¹, регулирование подачи сварочной тележки – бесступенчатое, диапазон изменения подач сварочной тележки – 1...12 мм/об, максимальный вес дополнительного оборудования для восстановления и упрочнения деталей 200 кг, максимальный вес обрабатываемой детали – 250 кг, максимальный диаметр обрабатываемой детали – 800 мм, максимальная длина обрабатываемой детали при диаметре менее 100 мм – 3000 мм, при диаметре более 100 мм – 1500 мм. В работе детально представляются узлы и примененные стандартные устройства. На базе сконструированной блочно-модульной установки описываются возможности использования различных устройств (модулей) для восстановления и упрочнения деталей машин. Сконструирован блок электроконтактной приварки различных присадочных материалов для разработанной блочно-модульной установки.

R. Saifullin, V. Natalenko

DEVELOPMENT OF MODULAR INSTALLATION FOR RECOVERY AND HARDENING OF MACHINE PARTS

Key words: *recovery equipment; parts; rotators; modular installation; electric-contact welding.*

Authors' personal details

1. **Saifullin Rinat**, Doctor of technical sciences, professor of the Metal Technology and Car Repair department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letia Octiabria St., 34, phone: (347) 241-64-13, e-mail: bashagregat@mail.ru.

2. **Natalenko Valerii**, Candidate of technical sciences, associate professor of the Metal Technology and Car Repair department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letia Octiabria St., 34, phone: (347) 241-64-13.

Currently worn parts are restored mainly by equipment made in the last century. This is primarily due to the change in the organization of the machine repair process and resulting sharp reduction in the share of restored parts. The restoration processes of worn-out parts in repair plants are used very rarely and, accordingly, today there is no demand for equipment to restore worn parts. To buy several units to restore parts of different sizes is not economically justified taking into account the wide range of part sizes. Thus, it becomes relevant to develop a block-modular installation to restore parts of various sizes. The paper analyzes advantages and disadvantages of existing installations for restoration and strengthening of machine parts. On the basis of these data, the design of the developed block-modular installation is justified. Requirements for a modular installation, specific construction solutions, and technical characteristics of the developed installation are found. They are as follows : type of

installation – stationary, voltage – 380 V, power consumption – 1 kW, spindle speed control – infinitely variable, the range of spindle rotation speed – $1...7 \text{ min}^{-1}$, welding carriage speed control – infinitely variable, the range of welding carriage speed – $1...12 \text{ mm / Rev}$, the maximum weight of additional equipment for restoration and strengthening of parts is 200 kg, the maximum weight of the processed part is 250 kg, the maximum diameter of the processed part is 800 mm, the maximum length of the processed part with a diameter of less than 100 mm – 3000 mm, with a diameter of more than 100 mm – 1500 mm. The paper describes units and applied standard devices in detail. On the basis of the constructed block-modular installation there is a description of possible use of devices (modules) for restoration and strengthening of machine parts. There is a developed and constructed unit for electric-contact welding of different filler materials designed for a modular installation.

© Сайфуллин Р.Н., Наталенко В.С.