DOI: 10.34220/ITRT2021_92-97

УДК 631.2.02: 62-77

Стребков С. В.

канд. техн. наук, профессор кафедры
технического сервиса в АПК ФГБОУ
ВО Белгородский государственный
аграрный университет
им. В. Я. Горина, РФ

Слободюк А. П.

канд. техн. наук, доцент кафедры
технической механики и
конструирования машин
ФГБОУ ВО Белгородский
государственный аграрный
университет им. В. Я. Горина, РФ

Бондарев А. В.

канд. техн. наук, заведующий
кафедрой технического сервиса в
АПК ФГБОУ ВО Белгородский
государственный аграрный
университет им. В. Я. Горина, РФ

Strebkov S. V.

professor of the department of technical
service in the Agro-Industrial Complex
of the Belgorod State Agrarian
University named after V. Ya. Gorin,
Russian Federation

Slobodyuk A. P.

candidate of technical sciences,
associate professor of the department of
Technical Mechanics and Machine
Design, Belgorod State Agrarian
University named after V. Ya. Gorin,
Russian Federation

Bondarev A. V.

candidate of technical sciences, head of the
department of technical service in the
Agro-Industrial Complex of the
Belgorod State Agrarian University named
after V. Ya. Gorin, Russian Federation

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ РАДИАТОРОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

RESTORING THE PERFORMANCE OF ALUMINUM RADIATORS OF THE COOLING SYSTEM

Ключевые слова: восстановление, алюминиевый радиатор, технология холодного газодинамического напыления, оптимальные технологические параметры, экономическая эффективность.

Аннотация: статья посвящена разработке технологии ремонта алюминиевого радиатора автомобиля КАМАЗ. Отличительной особенностью предлагаемой технологии является использование холодного газодинамического напыления, что обеспечивает восстановление герметичности радиатора, выполненного из тонкостенных алюминиевых деталей и имеющего сложную, затрудняющую выполнение технологических операций форму.

Keywords: restoration, aluminum radiator, cold gas-dynamic spraying technology, optimal technological parameters, economic efficiency.

Annotation: the article is devoted to the development of a technology for repairing an aluminum radiator of a KAMAZ vehicle. A distinctive feature of the proposed technology is the use of cold gas-dynamic spraying, which ensures the restoration of the tightness of a radiator made of thin-walled aluminum parts and having a complex shape that makes it difficult to perform technological operations.

Введение

Эксплуатация автомобилей, тракторов и другой техники сопровождается моральным и физическим старением, в результате чего снижаются технико-экономические показатели их использования.

Рост стоимости техники лишил множество предприятий возможности приобретения современных высокопроизводительных машин. Вследствие чего наблюдается старение машинотракторного парка, что в итоге приводит к утрате работоспособного состояния машин, увеличению количества отказов и издержек по причине простоя в ремонте дорогостоящей техники.

В связи с этим в настоящее время необходимо рационально управлять техническим состоянием машинно-тракторного парка при помощи совершенствования технологических процессов по их обслуживанию и ремонту. Однако с ростом стоимости тракторов и сельскохозяйственных машин существенно увеличиваются и затраты на их ремонт. Одной из причин этого является значительное увеличение стоимости запасных частей и расходных материалов.

Одним из выходов в сложившейся ситуации можно считать обеспечение агропредприятий отремонтированными (восстановленными) запасными частями. Это позволит повторно применять детали машин, эксплуатируя остаточный ресурс отремонтированной детали, сэкономить значительные трудовые, материальные, топливно-энергетические и др. ресурсы. Таким образом, в ремонте вышедших из строя по причине износа деталей кроется значительный резерв экономии материально-технических ресурсов, а, следовательно, и повышения экономической эффективности предприятий.

Постановка задачи

Совместная работа лаборатории восстановления изношенных деталей инженерного факультета ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ с сервисными службами дилеров и сельхозтоваропроизводителей [1] позволила выявить несколько деталей на автомобилях и тракторах, имеющих довольно высокую стоимость и значительный коэффициент повторяемости отказов. Эти детали могут быть восстановлены силами ремонтных предприятий, при этом стоимость ремонта будет несоизмеримо мала со стоимостью новых деталей.

В качестве ремонтируемой детали в статье рассматривали теплообменник системы охлаждения двигателя (радиатор) автомобиля КАМАЗ-65221 (арт. номер 5480А-1301010).

Радиатор представляет собой плоскоовальные алюминиевые трубки, зафиксированные в верхнем и нижнем алюминиевых бачках. Между алюминиевыми трубками выполнен сотовый алюминиевый наполнитель.

В ходе эксплуатации автомобилей из-за значительных вибрационных нагрузок происходит появление течи охлаждающей жидкости из системы охлаждения двигателя в соединении трубка-бачок в результате чего появляется течь (рис. 1).

Одним из известных способов ремонта посредством «заглушки», однако применение его технологически невозможно. Второй распространенный способ ремонта – применение специальных герметиков со стороны системы охлаждения, исключен ввиду запрета производителя автомобиля, а применение сварки в среде

защитных газов затруднено из-за неудобного расположения мест нарушения герметичности и малой толщины алюминиевых трубок (примерно 0,5 мм).

В связи с этим представители официального сервисного центра КАМАЗ, следуя рекомендациям завода-производителя, рекомендуют заменять радиатор, что с учетом его немалой стоимости, крайне отрицательно влияет на показатели

Рисунок 1 – Места нарушения герметичности

эффективности эксплуатации автомобилей агропредприятия.

Следовательно, задачей проводимого исследования будет являться разработка технологии восстановления работоспособного состояния теплообменника 5480А-1301010 автомобиля КАМАЗ-65221.

Общая методика исследований

Решение поставленной задачи проводили в следующей последовательности: выбор способа ремонта теплообменника 5480А-1301010 автомобиля КАМАЗ-65221; определение основных параметров процесса восстановления детали, обеспечивающего ресурс восстановленного радиатора не менее нового.

Выбор способа ремонта радиатора

В качестве способа ремонта теплообменника 5480А-1301010 автомобиля КАМАЗ-65221 применено сверхзвуковое газодинамическое напыление [2].

Этот способ формирования ремонтных покрытий за счет использования высокой кинетической энергии нерасплавленных металлических частиц широко известен как «холодное напыление». Порошковый материал, находящийся в твердом состоянии, разгоняется потоком газа до скоростей, превышающих скорость звука (500-800 м/с) и направляется на ремонтируемую поверхность. Ударяясь о поверхность с высокой скоростью, частицы расплющиваются и закрепляются на ней, при этом формируется покрытие с высокой сплошностью.

Для ремонта радиатора использовали установку газодинамического напыления марки ДИМЕТ-405 (рис. 2) [3].

С трубок радиатора на 45-50 мм удаляли сотовый наполнитель для обеспечения доступа сопла установки ДИМЕТ к месту ремонта (разгерметизации радиатора). Вдоль линии сопряжения «трубка-бачок» осуществляли напыление порошковым материалом марки А-10-01 (состоит из технически чистого алюминия и корунда [4]), обеспечивая толщину слоя 1,5-2,5 мм. В результате ремонта место нарушения герметичности оказалось закрытым сплошным слоем алюминия с твердостью до 63 кг/мм².

Проверка герметичности радиатора опрессовкой под внутренним избыточным давлением 20 кПа не показала утечек.

Таким образом, экспериментальным путем доказана возможность применения метода холодного газодинамического напыления с целью устранения дефектов теплообменника 5480А-1301010 автомобиля КАМАЗ-65221.

- 1 – сопло СК-6; 2 – силиконовый переходник; 3 – напылитель ДМ-43;
4 – кнопка подачи порошка; 5 – трубка подачи порошка; 6 – пневмокран напылителя;
7 – манометр; 8 – фильтр-регулятор N204-DOO; 9 – блок контроля и управления БКУ-03; 10 – питатель ПВ-43

Рисунок 2 – Установка ДИМЕТ – 405

Исследование параметров технологического процесса

При проверке герметичности опрессовкой в некоторых местах радиатора, там, где слой нанесенного материала примыкал к трубке, были выявлены новые места утечек после ремонтных работ. При визуальном анализе с применением увеличения стало понятно, что причиной утечек являются сквозные отверстия, образованные абразивным действием напыляемого материала на тонкостенные детали.

Оптимальный угол расположения сопла к напыляемой поверхности составляет 85-90 градусов [5]. При отклонении сопла на меньший угол, наблюдается снижение сцепляемости напыляемого материала с поверхностью детали, кроме того, становится заметно явление абразивного износа напыляемой поверхности.

При восстановлении теплообменника из-за плохого доступа к сопряжению «трубка-бачок» зачастую угол между соплом и напыляемой поверхностью достигал критических значений, либо был закритическим. Следовательно, потребовалось провести ряд дополнительных исследований с целью выявления ограничительных факторов технологического процесса газодинамического напыления (таких как угол установки сопла по отношению к детали и расстояние от среза сопла напылителя до поверхности детали), позволяющих создать высококачественное покрытие деталей без повреждения трубок теплообменника.

Для проведения исследований была разработана экспериментальная установка (рис. 3).

Напыление выполняли на шлифованный стальной образец. Качество нанесенного покрытия оценивали по массе напыленного порошка А-10-01 с интервалом времени в 20 секунд при изменяющихся в заданных пределах пара-

метрах. Массу образца измеряли путем взвешивания на электронных весах модели MS-500, обеспечивающих точность измерения 0,01 г. Для измерения угла установки сопла применяли угломер 5УМ ГОСТ 5378-88 (точность 5') при помощи приспособления (рис. 4).

Для определения расстояния от края сопла до напыляемого образца ис-

Рисунок 3 – Экспериментальная установка

Рисунок 4 – Установка угла сопла

пользовали линейку металлическую по ГОСТ 427-75.

Установлено, что максимальная адгезия достигается при ортогональном расположении сопла относительно напыляемой детали, но условия напыления теплообменника не позволяют удерживать сопло под углом 90^0 . Поэтому появилась потребность в поиске оптимального расположения сопла под углом к ремонтируемой поверхности радиатора, заданной его конструктивными параметрами.

Проведя ряд экспериментов, было установлено, оптимальные параметры технологического процесса восстановления теплообменника – обеспечение расстояния от среза сопла до напыляемой детали 6-8 мм при угле их взаимного расположения $80-82^0$. Также было определено, что для соблюдения оптимальных параметров процесса восстановления теплообменника, сотовый наполнитель необходимо удалять более 70 мм от бачков теплообменника. По информации сервисных специалистов КАМАЗ такое удаление наполнителя теплообменника из места ремонта не оказывает значительного влияния на эффективность работы системы охлаждения трактора.

Произведенное восстановление теплообменника в соответствии с определенными в ходе эксперимента параметрами установило возобновление работоспособности.

Выводы

Проведенными экспериментальными исследованиями установлено, что применение установки для сверхзвукового напыления деталей при ремонте теплообменника 5480А-1301010 автомобиля КАМАЗ-65221 позволит полностью восстановить их работоспособность. С учетом того, что технология изготовления радиаторов однотипна, можно предположить, что и технология их ремонта может быть использована для различных марок машин [6-8].

Список литературы

1. Компания ООО "АВТОГРАД" [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://kamazcenter.ru/contacts>. – Загл. с экрана.
2. Продукция ДИМЕТ® [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.dimet.info/products/index.html>. – Загл. с экрана.
3. Установка для напыления металла DYMET 405 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://regionfox.ru/katalog/oborudovanie-dlya-napyleniya-metalla/ustanovka-dlya-napyleniya-metalla-dymet-405>. – Загл. с экрана.
4. Прайс-лист на оборудование и расходные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.dimet.info/price/>. – Загл. с экрана.
5. Дикун, Ю. В. Применение газодинамического нанесения покрытий для повышения эксплуатационных показателей деталей / Ю. В. Дикун, В. А. Земсков // Упрочняющие технологии и покрытия – 2005, № 10. – С. 15-17.
6. Стребков, С. В. Оценка эффективности импортозамещения запасных частей сельскохозяйственной техники / С. В. Стребков, А. П. Слободюк, А. В. Бондарев // «Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий». Материалы XIX международной научно-производственной конференции. Белгород, 24 – 26 мая 2015 г. / Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина. – п. Майский : Изд-во БелГАУ им. В. Я. Горина, 2015.
7. Ремонт крышки коллектора коробки передач трактора John Deere 7830 / С. В. Стребков, А. П. Слободюк, А. В. Бондарев и др. // Сельский механизатор. – 2014. – № 12. – С. 34-35.
8. Стребков, С. В. Ремонт крышки коллектора КПП трактора John Deere 7830 / С. В. Стребков, А. П. Слободюк, А. В. Бондарев // Сельский механизатор. – 2014. № 12. – С. 34-35.
9. Стребков, С. В. Матричные технологии восстановления и упрочнения деталей / С. В. Стребков, А. П. Слободюк, А. В. Бондарев // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий : Материалы XX Международной научно-производственной конференции (Белгород, 23-25 мая 2016 г.). Том 2. – Белгород : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – С. 104-105.