УДК 631.12

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-47-3-133-138

Н.М. Юнусбаев

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СКАНИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕМОНТА АГРЕГАТОВ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Ключевые слова: технология 3D-сканирования; ремонт; восстановление деталей; дефектация; контроль.

Введение. Развитие современного сельскохозяйственного машиностроения неразрывно связано с повышением надежности и долговечности автотракторной техники. Надежность техники после ремонта ее агрегатов, узлов и составных частей зависит от множества факторов, в том числе от качества заменяемых деталей, выполненных ремонтных работ, сборки и условий эксплуатации [2, 8]. Одним из этапов технологического процесса ремонта является дефектация, которая позволяет оценить техническое состояние деталей и агрегатов в целом. Для проведения этого этапа необходимы требования технических условий (ТУ) на дефектацию. Но на многие модели современных машин отсутствует вышеупомянутая техническая документация, прежде всего это касается машин зарубежного производства [1]. Во многом качество и стоимость ремонта зависят от точности оценки технического состояния детали, определения состава и объема операций, обеспечивающих их восстановление, – контроля геометрии, точности используемых измерительных приборов и инструментов, квалификации дефектовщика и других факторов на всех этапах технологического процесса. Некачественно проведенная дефектация приводит к увеличению до 30 % расходов на запасные части от общей себестоимости ремонта [2, 4].

Известно, что одним из ресурсосберегающих методов снижения себестоимости ремонта является технология восстановления деталей [2–4]. Выбор наиболее рационального способа вос-

становления во многом определяется анализом результатов контрольных измерений изношенной поверхности детали при дефектации. Операции оценки технического состояния достаточно трудоемки и не исключают субъективность, связанную с уровнем квалификации дефектовщика [10]. В связи с этим актуальной задачей является проведение исследований по повышению точности измерений деталей при контроле геометрии с одновременным сокращением времени на измерение и анализ – то есть повышению качества дефектации детали. Повышение качества восстановления деталей может обеспечиваться на основе совершенствования технологии дефектации с использованием инновационных цифровых технологий – технологии 3D-сканирования с использованием обширных баз данных технических условий и параметров свойств восстанавливаемых деталей.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является повышение эффективности процесса ремонта автотракторных агрегатов путем совершенствования технологии дефектации и определения рационального метода восстановления деталей. Основными задачами исследования являются совершенствование технологии дефектации автотракторных деталей и обоснование рационального метода их восстановления на основе сравнительного комплексного анализа геометрий виртуальных трехмерных моделей изношенной детали и эталона с использованием технологий 3D-сканирования.

Рисунок 1

Схема маршрута техпроцесса восстановления коленчатого вала с использованием технологии 3D-сканирования

Условия, материалы и методы исследования. Существует множество различных методов и способов восстановления деталей [8–11]. Выбор рационального способа восстановления зависит не только от характеристик и свойств детали, степени износа по поверхности контакта (габаритных размеров, формы, характера, величины изношенной части и материала детали и др.), но и от качества контрольно-измерительных операций при дефектации. В связи с этим для достижения поставленной цели нами проводились предварительные исследования использования системы 3D-сканирования для оценки

геометрических параметров деталей. Существует множество 3D-сканеров и их модификаций и соответствующих программ для проведения еще более точного сканирования. Также есть реальные примеры практического применения 3D-сканеров для проведения контроля геометрии одноименных деталей, например, при массовом и крупносерийном производстве при контроле качества выпускаемой продукции [5]. Также возможно использование 3D-сканирования как инструмента для входного контроля сложных и крупногабаритных деталей и сборочных единиц [5]. Аналогичный принцип заклады-

вается на контрольные мероприятия при дефектации в технологии ремонта и восстановления деталей.

В качестве объекта исследования был принят коленчатый вал двигателя ЗМЗ-409. Опираясь на известную технологию и справочные рекомендации [2, 3, 10], нами составлена схема маршрута технологии восстановления коленчатого вала, представленная на рисунке 1. Она построена с вариацией выбора технологической цепочки и последующего сравнения технологии восстановления. Согласно представленной схеме, после очистки и мойки коленчатый вал подвергается дефектации с помощью ручного 3D-сканера и «традиционного» метода с использованием измерительных приборов и инструментов. Для проведения этой операции коленчатый вал укладывали на разметочную плиту и сканировали деталь с помощью портативного ручного 3D-сканера Artec Eva Lite с программным обеспечением Artec Studio. Технические характеристики сканера Artec Eva Lite позволяют

получить изображение с точностью до 0,03 мм и разрешением детали до 0,1 мм, а программное обеспечение позволяет компенсировать погрешности измерения Artec Studio. В ходе сканирования происходит передача изображения коленчатого вала на персональный компьютер, где на экране можно наблюдать формирование 3D-модели изображения коленчатого вала (сканированной копии изношенного вала). Сканирование и оцифровка коленчатого вала проводились в течение 5 мин. На следующем этапе проводился контроль геометрии детали. Нами использовалась программа для снятия измерений Geomagic Control X. Программа подходит для трехмерного анализа в целом и получение высокоточных измерений, а также для проверки восстановленных деталей [5]. Измерение параметров коленчатого вала «традиционным» способом проводилось с использованием микрометрического инструмента и индикаторных приборов, призм, шаблонов и профилометров с большим затрат времени – около 30 мин.

Рисунок 2

Структурная схема восстановления детали с использованием технологии 3D-сканирования

Программное обеспечение Geomagic Control X анализирует полученные данные измерений и сравнивает их с «эталонными», имеющимися в базе. После завершения анализа в программе

Geomagic Control X можно формировать и получать отчеты (по измеренным и эталонным данным, в цветовой гамме и т. д.); используя интерфейс программы, можно получить и печатную

версию. Сравнительные результаты измерений, полученных с использованием метрологических приборов и отчетов в программе Geomagic Control X, выявили значительную разницу, особенно в количестве цифровых данных. Безусловно, результаты измерений приборами были более многочисленными и проведены в полном объеме в соответствии с техническими условиями на дефектацию коленчатого вала. Однако точность измерений была ниже, с учетом погрешности измерений и заданной допустимой погрешности инструмента они составили от 10 до 50 мкм.

По результатам данных дефектации, по известной методике [3, 6, 7] был выбран рациональный способ восстановления коленчатого вала. Далее составлена маршрутная технология восстановления. В результате изношенные шатунные и коренные шейки коленчатого вала двигателя ЗМЗ-409 восстанавливались на научно-производственном участке кафедры технологии металлов и ремонта машин Башкирского ГАУ электроконтактной приваркой присадочных материалов по рекомендуемым режимам нанесения [3, 6, 7]. Контроль восстановленной детали проводился аналогично по той же технологии, как при дефектации с использованием 3D-сканера.

Результаты и обсуждение. Использование технологии 3D-сканирования в технологическом процессе снижает погрешности измерения детали, это показали предварительные исследования на примере конкретной детали. За счет использования ручного 3D-сканера сократилось время на дефектацию до 6 раз, повысилась точность измерения по сравнению с «традиционными» способами дефектовки с помощью измерительных приборов и инструментов.

Важной составляющей любой технологии восстановления является ее практическая реализация на производстве. С этой целью быстрое получение точных цифровых данных с использованием 3D-сканирования о состоянии изношенной детали в целом позволит повысить эффективность дефектации. Следующим шагом для повышения качества восстановления деталей должно стать использование цифровых технологий в определении рационального способа восстановления в режиме реального времени. Учитывая эти обстоятельства, в дальнейшем мы будем проводить исследования в этом направлении.

Выводы.

1. Технология дефектации деталей, обоснование рационального метода восстановления на основе сравнительного комплексного анализа геометрий виртуальных трехмерных моделей изношенной детали и эталона с использованием технологий 3D-сканирования являются перспективными направлениями в технологиях ремонта агрегатов и восстановления автотракторных деталей.

2. Использование 3D-сканирования при ремонте и восстановлении позволяет повысить эффективность процессов дефектации и восстановления за счет совершенствования процесса дефектации при уменьшении субъективности оценки технического состояния детали и снижении трудоемкости процесса до 30 %, высокой точности измерений до 0,03 мм и возможности снижения прямых затрат на присадочные материалы до 20 %.

3. Результаты 3D-сканирования целесообразно формировать в базы данных в виде цифровых архивов деталей по группам и маркам для последующего оперативного использования в работе.

Библиографический список

1. Гузема, А.Б. Совершенствование методики обоснования требований технических условий на дефектацию деталей при их ремонте: на примере коробок передач [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.Б. Гузема. М., 2008. 231 с.
2. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин [Текст] / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. М.: Колос, 2000. 776 с.: ил.
3. Юнусбаев, Н.М. Восстановление автотракторных деталей типа «вал» электроконтактной приваркой порошковых материалов в магнитном поле [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Н.М. Юнусбаев. Уфа, 2006. 156 с.
4. Иванов, В.П. Восстановление и упрочнение деталей [Текст]: справочник / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов, В.П. Лялякин,

Ф.И. Пантелеенко. М.: Наука и технологии, 2013. 367 с.

5. Официальный сайт компании «iQB Technologies». Как 3D-сканирование решает задачи контроля качества на производстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iqb-tech.ru/#>. 06.06.2018 г.

6. Черноиванов, В.И. Инновационные методы повышения послеремонтной надежности сельскохозяйственной техники и инвестиционной привлекательности ремонтно-обслуживающих предприятий АПК [Текст] / В.И. Черноиванов, В.Ф. Федоренко, Р.Ю. Соловьев, А.К. Олховацкий, В.П. Лялякин, Ф.Х. Бурмукулов, С.А. Горячев, В.С. Герасимов, Е.В. Гурьянов, Е.В. Солоницин, Н.М. Машрабов, Л.А. Солод-

кина, С.Г. Тюрин, А.В. Фадеев, Ю.Б. Четыркин, Д.А. Гительман, Н.О. Богатова, А.С. Таранов // ГНУ ГОСНИТИ. М., 2012. 399 с.

7. Сайфуллин, Р.Н. Восстановление и упрочнение автотракторных деталей электроконтактной приваркой металлических материалов [Текст] / Р.Н. Сайфуллин, Н.М. Юнусбаев, Р.Ш. Набиуллин // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (39). С. 89–93.

8. Черноиванов, В.И. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники [Текст] / В.И. Черноиванов, И.И. Габитов, А.В. Неговора // Интеллектуальные машинные технологии и техника в сельском хозяйстве. Материалы междунар. научно-техн. конф. М.: РАН, ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2017.

9. Габитов, И.И. Интеллектуализация технического сервиса топливopодáющих систем дизелей [Текст]: науч. изд. / И.И. Габитов, А.В. Неговора, В.Ф. Федоренко. М.: Росинформротех, 2018. 496 с.

10. Лялякин, В.П. Перспективы восстановления деталей в АПК [Текст] / В.П. Лялякин, И.Г. Голубев // Материалы международного конгресса: материалы для обсуждения. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 194–195.

11. Ivanov V.I., Lyalyakin V.P. Improving the efficiency of electrosparк treatment of metallic surfaces by combining the method with other methods Welding International. 2017. Т. 31. № 2. С. 157–160.

Сведения об авторе

Юнусбаев Наиль Муртазович, кандидат технических наук, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: junusbaev@mail.ru.

В статье рассмотрена технология дефектации деталей, обоснован метод восстановления на основе сравнительного комплексного анализа геометрий виртуальных трехмерных моделей изношенной детали и эталона с использованием технологий 3D-сканирования. Метод является перспективным в технологиях ремонта агрегатов и восстановления автотракторных деталей. Установлено, что использование 3D-сканирования позволяет повысить эффективность процессов дефектации и восстановления. Это происхо-

дит за счет совершенствования процесса дефектации при уменьшении субъективности оценки технического состояния детали, снижении трудоемкости процесса до 30 % и высокой точности измерений до 0,03 мм. При этом снижаются прямые затраты на присадочные материалы до 20 %. Определено, что результаты 3D-сканирования целесообразно формировать в базы данных в виде цифровых архивов деталей по группам и маркам для последующего оперативного использования в работе.

N. Yunusbaev

USING 3D-SCANNING IN FARM MACHINERY REPAIR AND CAR AND TRACTOR RESTORATION TECHNOLOGIES

Key words: 3D-scanning technology; repair; part restoration; fault detection; control.

Authors' personal details

Yunusbaev Nail, Candidate of technical sciences, Vice-Rector for Academic Affairs, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letia Octiabria St., 34, e-mail: junusbaev@mail.ru.

The paper discusses a part fault detection technology, provides arguments for a restoration method based on the comprehensive comparative analysis of virtual 3D-geometry of worn parts as well as for a standard sample based on 3D-scanning technology. The studied method is promising in

technologies of machinery repair as well as car and tractor part restoration. 3D-scanning in repair and restoration is found to increase efficiency of fault detection and restoration processes. It becomes possible due to improved fault detection process at less subjective assessment of part technical condition

and lower labour content up to 30 % as well as higher accuracy in measurement up to 0,003 mm. This results in lower direct costs of welding fillers up to 20 %. 3D-scanning results are better to use for

data base development that stores digital archives of parts according to their groups and types for further operational application at work.

© Юнусбаев Н.М.