

Научная статья
УДК 621.791.925

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧУГУННЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Владимир Константинович Астанин, Николай Николаевич Булыгин, Максим Сергеевич Сучков
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронежская область, Воронеж, Россия

Аннотация. При ремонте чугунных деталей в основном используются технологии электродуговой и газовой сварки. После сварки изменяется структура чугуна, при этом образуются твердые включения, которые являются концентраторами напряжений, а полностью получаемые швы имеют высокую твердость и плохо обрабатываются режущим инструментом. В процессе работы детали по этим включениям будут проходить разрушения, трещины по границам упомянутых твердых включений, разрушения при малых вибрационных и ударных нагрузках. Для устранения дефектов необходимо использовать технологии, которые позволят избежать высоких температур при восстановлении и не переплавлять металл детали, соответственно, обеспечить полную сохранность структуры металла детали и его первоначальные свойства (твердость и прочность). Нами проведена сравнительная оценка технологий восстановления корпусных чугунных деталей сельскохозяйственной техники на предмет проявления белого чугуна в соединении, а также на сохранность металла детали при термических воздействиях. В проведенных оценках технологий восстановления выявлено, что технологии сварки имеют высокие температуры нагрева и переплавляют металл в месте соединения присадочного материала с основным, а полученные швы имеют высокую твердость и вследствие высокотемпературного нагрева прошло полное изменение первоначальной структуры чугуна. При использовании предлагаемой технологии газотермического плакирования порошковыми материалами такие виды дефектов отсутствуют, так как температура нагрева чугуна ниже точки его плавления и температура нанесения порошкового материала ниже температуры начала перекристаллизации чугуна. Кроме того выявлены недостатки электродуговой и газовой сварки чугуна, а также определены преимущества технологии газотермического плакирования порошковыми самофлюсующимися материалами.

Ключевые слова: сварка чугуна, плакирование, порошковые материалы, переплавление, чугунные детали, соединения, белый чугун.

Для цитирования: Астанин В.К., Булыгин Н.Н., Сучков М.С. Сравнительная оценка технологий восстановления чугунных корпусных деталей сельскохозяйственной техники // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 5 (105). С. 44-47.

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF TECHNOLOGIES FOR RESTORING CAST- IRON BODY PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Vladimir K. Astanin, Nikolay N. Bulygin, Maxim S. Suchkov
Voronezh State Agrarian University, Voronezh region, Voronezh, Russia

Abstract. When repairing cast- iron parts, electric arc and gas welding technologies are mainly used. After welding, the structure of cast iron changes, while solid inclusions are formed, which are stress concentrators, and the fully obtained seams have high hardness and are poorly processed with a cutting tool. During the operation of the part, these inclusions will undergo destruction, cracks along the boundaries of the mentioned solid inclusions, destruction under low vibration and shock loads. To eliminate defects, it is necessary to use technologies that will avoid high temperatures during restoration and not melt the metal of the part, respectively, to ensure the complete preservation of the structure of the metal of the part and its original properties (hardness and strength). We have carried out a comparative assessment of technologies for the restoration of cast iron body parts of agricultural machinery for the manifestation of white cast iron in the joint, as well as for the safety of the metal of the part under thermal influences. In the conducted assessments of recovery technologies, it was revealed that welding technologies have high heating temperatures and melt the metal at the junction of the filler material with the main one, and the resulting seams have high hardness and, due to high-temperature heating, a complete change in the original structure of cast iron has taken place. When using the proposed technology of gas-thermal cladding with powder materials, such types of defects are absent, since the heating temperature of cast iron is below its melting point and the application temperature of the powder material is below the temperature of the beginning of recrystallization of cast iron. In addition, the disadvantages of electric arc and gas welding of cast iron have been identified, as well as the advantages of the technology of gas-thermal cladding with powder self-fluxing materials.

Key words: cast-iron welding, cladding, powder materials, remelting, cast-iron parts, joints, white cast-iron.

For citation: Astanin V.K., Bulygin N.N., Suchkov M.S. Comparative assessment of technologies for the restoration of cast-iron body parts of agricultural machinery // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. №5 (105). 44-47.

Введение. При ремонте чугунных деталей в основном используется технология электродуговой сварки [1]. Получаемые сварные швы имеют высокую твердость по отношению к чугуну детали. При нагревании чугуна электрической дугой, у которой температура местного нагрева поверхности 1450...1600 °С, возникает переплавление чугуна выше критической температуры 1147 °С и при быстром охлаждении (охлаждение на воздухе) углерод переходит в цементит (карбид железа) [2]. После сварки изменяется структура чугуна: образуются твердые включения, которые являются концентраторами напряжений.

Следующей широко используемой технологией является газовая сварка чугунов [3], у которой источником тепла является смесь кислорода с горючим газом (ацетилен, пропан-бутан). Характер нагрева и соединения чугуна детали с присадочным металлом по температурному режиму сопоставим с нагревом электродуговой сваркой, но формирует большую площадь нагрева поверхности.

Рассмотренные виды сварок имеют схожие недостатки: местное поверхностное переплавление металла, а также в металле сварного шва появляются включения белого чугуна с высокой твердостью.

Для ремонта необходимо использовать технологии, которые позволят избежать высоких температур при восстановлении и не переплавлять металл детали, соответственно, обеспечить полную сохранность структуры металла детали и его первоначальные свойства (твердость и прочность). Одной из них будем считать технологию газотермического плакирования порошковыми самофлюсующимися материалами [4]. Известно, что плакирование это процесс нанесения на поверхность деталей защитных покрытий с термомеханической связью металлов.

Цель работы - провести сравнительную оценку технологий восстановления корпусных чугунных деталей сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы исследования. Для оценки соединений восстановили три дефекта на передней чугунной крышке двигателя Д-240 демонтированного с трактора МТЗ-80. Выполнили разделку дефектов с использованием УШМ по известному [5] виду V-разделки кромок для электродуговой сварки, но чугун прорезан не полностью (рис. 1).

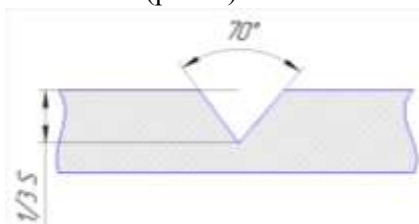


Рисунок 1 – схема разделки кромок фрагмента

После разделки приступали к электродуговой сварке электродами по чугуну марки SELLER GM CAST-1-d с основным покрытием. Приняли диаметр электрода 3 мм, сварочный ток 80А. При этом контролировали температуру чугуна в процессе сварки оптическим инфракрасным пирометром DT9862, а также затрачиваемое время секундомером. По окончании полученный шов зачищали.

На втором дефекте проводили газовую сварку проволокой СВ08Г2С. Применяли газы: ацетилен с давлением 0,05 МПа и кислород 0,4 МПа наконечник №3. Далее прогревали полость разделки восстановительной зоной науглероживающего пламени до жидко блестящего цвета поверхности, далее провели соединение, при этом контролировали температуру и время.

На третьем дефекте проводили газотермическое плакирование порошковыми самофлюсующимися материалами. Выбрали порошковый материал ПР-НС2Р2 на основе никеля сопоставимый твердости чугуна НВ 248, с температурой образования жидкой фазы 1065 °С, твердость покрытия НВ 245-255, размер фракции порошкового материала 40 -100 мкм.

Наплавочной горелкой ГН-2 прогревали локальную зону боковой поверхности разделки до температуры 900...1000 °С (мокрого блеска поверхности). В этот момент включали подачу порошкового материала. Порошок, проходя через инжектор и трубку горелки, в ядре пламени переходил в жидкую фазу с твердыми включениями и потоком горящих газов переносился на разогретую поверхность. Процесс соединения чугуна детали с порошком в жидкой фазе контролировался визуально по характеру растекания жидкого валика по поверхности детали [6]. Если он слитный, то температура поверхности достаточна, если валик фрагментировался на несколько капель, то температура не достаточна. Чем выше поднималась температура локального прогрева детали, тем большие термические влияния приходились на деталь.

После восстановления дефектов возник интерес проверить соединения на предмет твердых включений и на наличие проявления частиц белого чугуна и их воздействия на первоначальную

структуру. Для этого изготовили микрошлифы путем шлифования и полировки, протравили места соединений раствором спирта с 4%-ной концентрированной азотной кислотой.

Результаты и их обсуждение. По данным температур и времени (табл. 1), полученных при экспериментальных измерениях, построили график зависимости температуры по времени.

Таблица 1 - Результаты измерений температур и времени используемых технологий восстановления

Операции	Температура измерений, °С			Время, с.
	электродуговая сварка	холодная газовая сварка	газотермическое плакирование	
Начальные условия	22	22	22	0
Предварительный прогрев	1480	1452	980	25
Процесс восстановления	1	1532	896	50
	2	1494	913	75
	3	1509	899	100
Охлаждение	1	758	576	160
	2	474	394	220
	3	235	206	280

При выполнении газовой сварки и газотермического плакирования проводился предварительный прогрев металла, а для электродуговой сварки в графе предварительного прогрева принято среднее значение интервала температур, так как при начале сварки электрическая дуга прогревает металл до необходимой температуры за доли секунды.

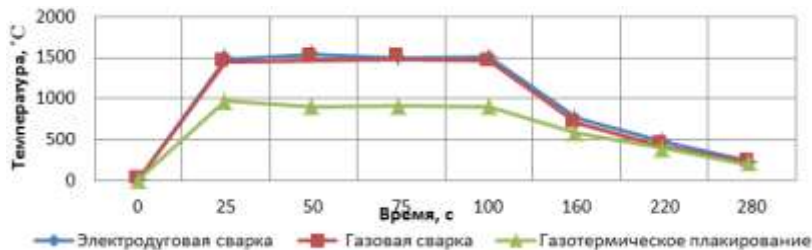


Рисунок 2 – график сравнения изменения температуры по времени рассматриваемых технологий восстановления

Анализируя полученные кривые графика (рис. 2) можно полагать, что тепловые процессы газовой и электродуговой сварок имеют более высокие температуры при соединении, по отношению к технологии газотермического плакирования порошковыми материалами.

Для сравнительной оценки технологий восстановления корпусных чугунных деталей провели исследования на микроскопе на предмет изменения структуры и на проявления частичек белого чугуна.

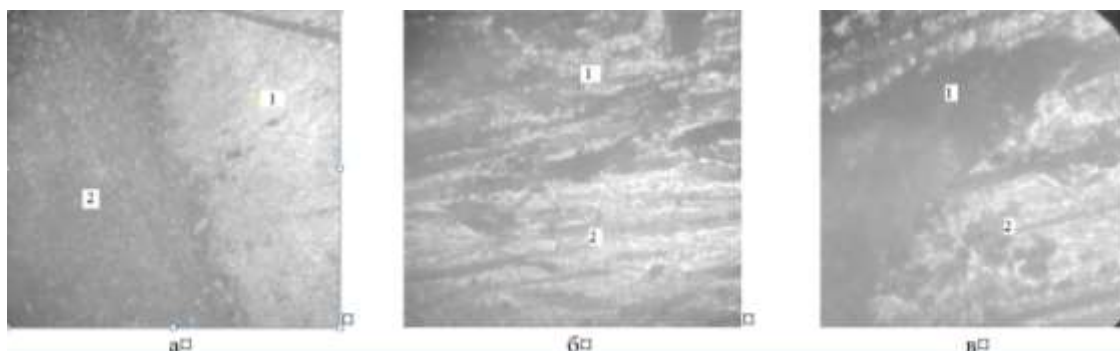


Рисунок 3 – Сравнительная оценка соединений чугуна с присадочным металлом:

- а – соединение газотермическим плакированием порошковым материалом ПР–НС2Р2,
- б – соединение электродуговой сваркой электродом SELLER GM CAST-1-d с основным покрытием,
- в – соединение газовой сваркой проволокой СВ08Г2С

По виду составляющих структуры чугуна после восстановления можно судить о качестве соединения (рис. 3 а) при использовании предлагаемой технологии газотермического плакирования: чугун 2 детали имеет структуру без изменений. В месте соединения чугуна 2 и порошкового материала 1 видима явная граница металлов. Структура чугуна в месте соединения осталась неизменной.

При электродуговой сварке (рис. 3. б) чугун 2 образца детали имеет измененную структуру, переходящую в стадию белого чугуна, а также в месте соединения присутствует разнородная струк-

тура 1 по составляющим. У газовой сварки (рис. 3 в) структуры сопоставимы также как и у электродуговой, но из-за большой площади нагрева структурные неопределенности располагаются по большей площади.

Заключение. В результате сравнительного анализа технологий восстановления чугунных деталей выявлено, что при использовании технологий газовой и электродуговой сварок чугуна происходит расплавление металла, уничтожается поверхностная первоначальная структура чугуна вследствие высоких температур и резкого охлаждения, что приводит к необходимости последующей термической обработки детали и не гарантирует предотвращение образования трещин в шве и около шовной зоне.

При использовании технологии газотермического плакирования порошковыми самофлюсующимися материалами на основе никеля таких проявлений не наблюдается, так как температура местного нагрева чугуна ниже критической температуры и равняется температуре образования жидкой фазы в порошковом материале. При таких температурах поверхность изделия остается твердой, соединение проходит термодиффузией твердого чугуна с жидкой фазой (включающей твердые частички) порошкового материала.

Технология газотермического плакирования порошковыми самофлюсующимися материалами позволяет сохранить структуру металла детали и его первоначальные свойства (твердость и прочность), обеспечить полноценный ресурс и необходимые свойства чугунных деталей.

Список источников

1. Королев А.Г., Чернова Т.Г. Технологические возможности перспективных методов сварки деталей из серого чугуна // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2021. № 2 (33). С. 5-15.
2. Никишкина А.Б., Булычев В.В. Совершенствование технологии ремонтной сварки чугуна // Машиностроение: инновационные аспекты развития: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. СПб, 2023. С. 66-68.
3. Крупин К.В., Токарев А.С. Методы сварки серого чугуна и сравнение сварки роботом и человеком // Наука ГТИ НИЯУ МИФИ – 2023: сб. науч. тр. Трехгорный, 2023. С. 53-60.
4. Никишкина А.Б., Булычев В.В. Совершенствование технологии электродуговой сварки и наплавки автомобильных деталей из чугунов // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2023): сб. науч. ст. 15-й междунар. науч.-техн. конф. Курск, 2023. С. 154-156.
5. Никишкина А.Б., Булычев В.В. Ремонтный способ сварки чугуна с предварительной проковкой // Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Курск, 2023. С. 156-159.
6. Юрьева В.А., Локотков И.И., Гловин Н.А. К вопросу выбора электродов для холодной сварки чугуна // Студент-Наука: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж, 2022. С. 211-214.

Информация об авторах:

В.К. Астанин - доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, astaniv_vk@mail.ru.

Н.Н. Булыгин - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, bulnik2791@gmail.com.

М.С. Сучков - аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, max.suchkov2015@yandex.ru.

Information about the authors:

V. K. Astanin – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, Voronezh State Agrarian University, astaniv_vk@mail.ru.

N. N. Bulygin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, Voronezh State Agrarian University, bulnik2791@gmail.com.

M. S. Suchkov - Postgraduate student of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, Voronezh State Agrarian University, max.suchkov2015@yandex.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; одобрена после рецензирования 25.07.2024, принята к публикации 30.07.2024 .

The article was submitted 31.05.2024; approved after reviewing 25.07.2024; accepted for publication 30.07.2024 .

© Астанин В.К., Булыгин Н.Н., Сучков М.С.