

ным термодиффузионным методом, характеризуется поверхностью без следов коррозии основного металла, с продуктами коррозии цинка (рис. 2, б). Образец с цинковым покрытием, полученным методом горячего цинкования в расплаве, характеризуется поверхностью без следов коррозии основного металла, с продуктами коррозии цинка (рис. 2, в). Образец с цинковым покрытием, полученным нанесением цинкнаполненной краски, характеризуется основной поверхностью без следов коррозии основного металла, со сквозным питтингом над накидной гайкой (рис. 2, г).

Таким образом, ряд коррозионной стойкости покрытий по ухудшению можно расположить в следующей последовательности: термодиффузионные, «горячие», цинкнаполненная краска, гальванически нанесенные. Диффузионные цинковые покрытия характеризуются лучшими антикоррозионными свойствами. Полученные результаты позволяют рекомендовать их как наиболее функциональные для широкой номенклатуры стальных и чугуновых изделий.

Список использованных источников

1. Астрейко, Л.А. Диффузионные цинковые покрытия, полученные в гидротермально обработанных порошковых средах / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск, БНТУ, 2006.
2. Обзор рынка цинка и оцинкованной продукции / В.И. Чолькин, Н.Л. Пономарева / <http://www.zdc.ru>. Некоммерческое партнерство «Центр по развитию Цинка».
3. Защитные цинковые покрытия: сопоставительный анализ свойств, рациональные области применения / Е. Проскуркин, ГП «НИТИ», Украина // Оборудование. – 2005. – № 3, 4.
4. ГОСТ 9.304-84. ЕСЗКС. Покрытия металлизационные. Обозначения, технические требования и методы контроля.
5. ГОСТ 9.308-85. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний.
6. ГОСТ 9.908-85 ЕСЗКС. Металлы и сплавы. Метод определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

УДК 621.539

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ЧУГУНА

*Дашков В.Н., д.т.н., профессор; Антонишин Ю.Т., к.т.н., доцент;
Сокол В.А., студент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Восстановление изношенных деталей сельхозтехники является эффективным мероприятием в подготовке и поддержании ее в исправном состоянии. Ремонт чугунных деталей представляет проблему и актуален для получения заданной твердости на обрабатываемых поверхностях.

При восстановлении чугунных деталей сельскохозяйственных машин процессы сварки и наплавки зачастую определяют ресурс работы как отдельных механизмов, так и конструкций в целом. Качество и эффективность восстановления связаны с развитием сварки и с использованием сварочных материалов.

Чугунные детали имеют высокую прочность на сжатие, отличаются надежной работой в условиях воздействия знакопеременных нагрузок, способны гасить вибрационные колебания [1]. В процессе их эксплуатации и ремонта выявляются дефекты, расположенные на поверхностях различного эксплуатационного назначения. В результате детали дорогостоящей сельскохозяйственной техники бракуются окончательно или условно до исправления дефекта.

Устранение дефектов в чугунных деталях производится, главным образом, наплавкой (заваркой), иногда пайко-сваркой и замазкой. Свариваемость зависит не только от свойств чугуна (химический состав, структура и т.д.), но и от способа и режимов наплавки, состава наплавочных материалов и других параметров. Чугун является трудно свариваемым материалом вследствие образования в шве хрупких и трудно обрабатываемых структур отбела и закалки, обусловленных высоким содержанием углерода, серы и фосфора в основном металле, склонности чугуна к образованию неравновесных фаз при кристаллизации, а низкая пластичность основного металла и зоны оплавления приводят к образованию трещин и пор. Трудности сварочных работ возрастают при изменениях структуры чугуна, вызванных длительным воздействием высоких температур, а также проникновением в него масел и продуктов сгорания горючего. Затруднения особенно возрастают при холодных способах наплавки. При горячей наплавке (предварительный нагрев детали) и при низкотемпературных процессах (пайка, пайко-сварка) образование указанных дефектов менее вероятно.

Для сварки и наплавки чугуна рекомендуются электроды на основе прутков чугунных ЭЧ-1, ЭЧ-2 и ЭВЧ-1, представляющие собой чугунный стержень и покрытие, обеспечивающее необходимые сварочно-технологические свойства электродов. Получающийся при этом наплавленный металл – чугун. При сварке этими электродами неблагоприятное влияние углерода в зоне шва уменьшается графитизацией. Если бы процесс графитизации прошел достаточно полно, углерода в связанном состоянии было бы мало и в металле шва образовалась бы мягкая феррито-перлитная структура. Заваренные детали следует медленно охлаждать в печи или с тепловой изоляцией (30°С/ч). Недостатком указанных электродов является то, что в условиях сварки графитизация указанных участков металла шва почти не происходит. Наплавленный металл не имеет стабильных показателей по структуре (перлит различной степени дисперсности плюс феррит повышенной скорости охлаждения), твердость металла

шва НВ 190–260, а размеры и расположение графитовых включений неориентированные. Такой чугун непригоден для поверхностной закалки, при незначительных нагрузках в металле шва образуются трещины. Кроме того, при сварке сварные швы накладываются короткими участками (длинной не более 100–120 мм), вразброс, с перерывами для охлаждения шва и околошовной зоны до температуры 50–60 °С. Так как в состав чугунного прутка введен кремний (до 4,5%), эти электроды оказались малопригодными для сварки современных высокомарочных чугунов.

Для сварки и наплавки чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом применяют электроды марки ЦЧ-4 [2], представляющие собой стержень из проволоки Св-08 с покрытием, содержащим 50–55% ванадия (сильнейший карбидообразующий элемент, образующий наиболее стойкие карбиды), который обеспечивает компенсацию неблагоприятного влияния углерода в зоне шва карбидообразованием, обеспечивающим получение мягкой основной металлической массы ферритоперлитной структуры. Наплавленный металл – легированная сталь. Недостатком электродов является то, что образующиеся карбиды располагаются внутри металлической массы металла шва (как графит), нарушая сплошность металла, что снижает его механические свойства; кроме того, ванадий – очень дорогой и дефицитный металл.

Для холодной дуговой сварки серого и ковкого чугуна в случаях, когда наплавленный металл должен обрабатываться резанием, применяют электроды на медноникелевой основе МНЧ-2 [3]. Характеристика дефекта – несквозные дефекты небольших и средних. Требования к наплавленному металлу – хорошая обрабатываемость, высокие показатели плотности и прочности. Показатели прочности и цвета наплавленного металла не являются главными. Металл шва – медноникелевый сплав. Электроды применяют для заварки литейных дефектов и на рабочих поверхностях, где местное повышение твердости недопустимо. Медь и никель не растворяют углерод и не образуют структур, имеющих высокую твердость после нагрева и быстрого охлаждения. Для изготовления электродов используют медно-никелевые сплавы: монель-металл, содержащий 63–75% Ni, 27–37% Cu, 2–3% Fe и 1,2–1,8% Mn; константан, содержащий 60% Ni и 40% Cu. Специальное покрытие обеспечивает перенос металла без брызг во всех пространственных положениях. Дугу поддерживать короткой, электрод вести не сильно наклоняя, шлак удалять, швы сразу проковывать. Недостатки электродов – их высокая стоимость и дефицитность, большая усадка, приводящая к образованию горячих трещин. Эти электроды не рекомендуется использовать для заварки трещин или сварки чугунных деталей, испытывающих нагрузки. Заварка же раковин небольшого размера дает положительный результат, т.к. наплавленный металл и зона сварки поддаются механической обработке.

В результате проплавления источником тепла основного металла углерод и другие примеси в значительном количестве переходят в сварной шов. Переход углерода не опасен, если наплавленный металл также представляет собой чугун. В этом случае необходимой и достаточной мерой для получения доброкачественных соединений является высокий предварительный подогрев изделия (так называемая горячая сварка чугуна).

При сварке чугуна сталью науглероживание шва крайне нежелательно, поскольку оно приводит к образованию в нем метастабильных структур, например, выделению цементита по границам зерен или распаду аустенита при охлаждении шва с мартенситным превращением. Это, в свою очередь, ведет к повышению твердости и резкому снижению пластичности металла шва, а следовательно, и к образованию трещин в соединениях.

Графитные включения в чугуне снижают его пластичность, и он часто не выдерживает значительных сварочных напряжений [1]. Образование неравновесных фаз в зоне сплавления снижает пластичность еще больше. Из-за низкой пластичности чугун боится резкого изменения напряженного состояния (при форсированных режимах сварки с последующим ускоренным охлаждением).

Рекомендуется предварительный подогрев заготовок до температуры не менее 550 °С. Температура нагрева изделия между проходами не менее 550 °С. Заваренные детали следует медленно охлаждать в печи или с тепловой изоляцией (30 °С/ч). Указанные меры, как правило, полностью исключают образование в чугунах обычного состава неравновесных фаз: цементита и ледебурита.

Из общего количества чугунных деталей следует выделить корпусные. Ремонтные предприятия Беларуси дефекты на чугунных корпусных деталях исправляют крайне редко.

Известны попытки ремонта материалами, содержащими 60–70% Ni и Cu. Их преимущество в высокой пластичности наплавленного металла, который не упрочняется даже при насыщении углеродом, так как последний не растворяется в никеле. Но эти материалы дорогие и дефицитные, отличаются низкой стойкостью наплавленного металла к образованию трещин, а технология не обеспечивает получение прочных и износостойких деталей.

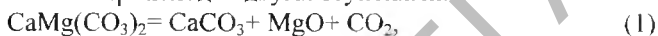
Эффективным способом исправления поверхностных дефектов чугунных деталей является наплавка электродом ИЧ-4. Недостаток электрода в том, что образующиеся карбиды располагаются внутри металлической массы металла шва, нарушая сплошность металла, что снижает его механические свойства, а при механической обработке падает стойкость металлорежущего инструмента.

Цель работы – создание технологии и материалов для восстановления методом сварки и наплавки деталей, изготовленных из чугуна.

Из-за высокого содержания углерода и кремния в наплавленном металле при затвердевании в зоне шва и термического влияния могут образовываться трещины. Поэтому целесообразно снизить содержание этих элементов в шве, используя металлургические методы. Практически это осуществляется введением в состав электродного покрытия карбонатов. Наибольший интерес представляют такие карбонаты, как мел, мрамор CaCO_3 , магнезит MgCO_3 и доломит, представляющий их смесь. Под влиянием высокой температуры сварочного пламени происходит диссоциация карбонатов.

Расчет показывает, что в условиях сварки диссоциация углекислого кальция начинается при 910°C , углекислого магния – при 650°C .

Диссоциация доломита происходит двумя ступенями:



Расчет по уравнениям (1) и (2) показывает, что температура диссоциации 1-й ступени 748°C , 2-й ступени – 910°C . Таким образом, при температуре $700\text{--}900^\circ\text{C}$ начинается диссоциация карбонатов и зона сварочного шва насыщается углекислым газом. Высокая температура способствует разложению углекислого газа по реакции:



Расчеты показывают, что реакция (3) начинается при 3000°C . Высокие температуры сварочного пламени обеспечивают полную диссоциацию углекислого газа.

Расчет необходимого количества кислорода для окисления углерода и кремния показал, что расход кислорода не очень велик и существенно меньше, чем при продувке бессемеровской ванны ($50\text{--}60 \text{ см}^3/\text{г}$).

Идея разработки электрода основана на гипотезе удаления углерода из расплавленного металла окислением его в наплавочной ванне. Метод прост, не связан с большими затратами и с усложнением наплавочного процесса. Вместе с углеродом будет удаляться и кремний, повышенное содержание которого нежелательно из-за его отрицательного влияния на механические свойства.

Сварка чугуна предлагаемым электродом обеспечивает обрабатываемость металла сварного шва. Сварку следует производить на прямой полярности, так как температура анода сварочной дуги выше температуры катода, что обеспечивает более интенсивный нагрев изделия, чем при обратной полярности. При этом сварочная ванна охлаждается медленнее, что благоприятствует устранению твердых структурных составляющих. Кроме того, при этом углерод находится в виде иона C^{+4} , который под влиянием постоянного электрического поля перемещается к катоду [4].

Это означает, что при сварке на прямой полярности ионы углерода будут стремиться всплыть, удаляясь из зоны сплавления в верхние слои ванны, где они легко окислятся, в результате чего происходит снижение содержания углерода и кремния в металле шва. Сварка на прямой полярности обеспечивает благоприятную структуру зоны шва.

При высоком напряжении холостого хода сварочного трансформатора и малой длине сварочных кабелей возможна сварка переменным током.

Трудности сварочных работ неизмеримо возрастают в тех случаях, когда структура чугуна претерпела изменения, вызванные длительным воздействием высоких температур, проникновением масел и продуктов сгорания горючего и др. Практически каждый вид ремонта требует своего специфического подхода.

Процесс сварки, характеризуемый неравномерным нагревом и охлаждением различных участков, может способствовать увеличению внутренних напряжений и образованию трещин. Поэтому изделия сложной конфигурации при наличии разностенности перед сваркой следует подвергать термообработке для снятия внутренних напряжений. Нагрев должен производиться медленно, для равномерного прогрева всего объема отливки, со скоростью не выше 50–100 °С в час, в зависимости от сложности отливки. Выбор времени выдержки (3–5 часов) также зависит от сложности отливки. Чем выше температура, тем меньше время выдержки и тем эффективнее снимаются внутренние напряжения.

При нагреве чугуна происходит снятие внутренних напряжений. Уже при 250–300 °С появляются заметные результаты, а при 500–550 °С внутренние напряжения почти полностью снимаются.

Для реализации технологии сварки и наплавки необходимо простейшее сварочное оборудование (сварочный трансформатор, сварочный выпрямитель).

Таким образом, определены технологические параметры сварки и разработан электрод для восстановления методом сварки и наплавки деталей, изготовленных из чугуна, апробация которых показала, что себестоимость восстановленных поверхностей деталей не превышает 18% стоимости новых.

Список использованных источников

1. Антонишин, Ю.Т. Пластическая деформация чугуна. – Минск: Наука и техника, 1990. – 158 с.
2. Сварочные материалы для дуговой сварки. Т.2: Под ред. Потапова Н.Н. – М.: Машиностроение, 1993. – 764 с.
3. Каталог АО Спецэлектрод «Электроды для ручной дуговой сварки, наплавки и резки». – М., 1999. – 209 с.
4. Антонишин, Ю.Т. Совершенствование технологии восстановления деталей и повышение их качества электродуговой наплавкой // Агропанорама. – 2005. – № 4. – С. 13–14.