

УДК 621.791.927.5

ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ШИХТОЙ КАК СРЕДСТВО ПРОДЛЕНИЯ РЕСУРСА ДЕТАЛИ

Павел Васильевич Лужных

*Студент 5 курса,
кафедра «Технологии обработки материалов»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: С.Н. Глазунов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

Отдельные детали машин и механизмов в процессе работы зачастую работают в жестких условиях эксплуатации, вызывающих износ их рабочих поверхностей. Большинство деталей ремонтируемых машин выбраковывается вследствие незначительного износа рабочих поверхностей, составляющего не более 1% от исходной массы детали, что лежит в пределах 0,01–10 мм. Важнейшим резервом повышения эффективности использования машин и оборудования является восстановление изношенных деталей, позволяющее повторно, а иногда и многократно использовать утратившие работоспособность детали и узлы.

К моменту списания техники 65–75% деталей оказываются пригодными для повторного использования путем их восстановления, что делает процесс реновации экономически выгодным и целесообразным.

Восстановление деталей – сложный организационно-технологический процесс, при котором в отличие от производства новых деталей в качестве заготовки используют изношенную, но уже сформированную деталь. В этом случае затраты на выполнение заготовительных операций таких как литье,ковка, штамповка и др. отсутствуют. В то же время при восстановлении изношенных деталей появляется ряд дополнительных операций: мойка, разборка, дефектация и комплектация, затраты на которые следует учитывать при выборе способа восстановления.

Технологические процессы восстановления изделий методами наплавки широко и с успехом применяются в промышленном производстве. Одним из наиболее экономичных способов является дуговая наплавка сварочной проволокой с применением ферромагнитной шихты. Способ позволяет получить наплавленный слой в широком диапазоне химического состава с необходимой твердостью и износостойкостью.

Процессы сварки или наплавки всегда связаны с возникновением сварочных деформаций и напряжений в деталях (конструкциях), подвергающихся термическому воздействию. Величина зоны высоких сварочных напряжений и уровень деформации определяются количеством локальной энергии, вводимой в единицу времени или объемом наплавленного металла и шириной зоны разогрева до температур, где металл претерпевает структурные превращения, вследствие чего металлы, имеющие высокую прочность, при сварке (наплавке) склонны к образованию горячих и холодных трещин.

Рассматриваемый способ позволяет подобрать такой состав шихты и такие режимы наплавки, которые обеспечивают стабильное горение дуги при относительно небольших значениях сварочного тока (минимальная погонная энергия), получение

бездефектного слоя, отвечающего необходимым эксплуатационным требованиям без дополнительной термообработки с небольшими напряжениями и деформациями [3].

Отличительными особенностями электродуговой наплавки с применением ферромагнитной шихты являются: 1) наплавку ведут непрерывной электродной проволокой, на которую специальным устройством подается магнитная шихта, налипающая на проволоку за счет собственного магнитного поля сварочной цепи, образуя покрытие аналогичное покрытию сварочного электрода; 2) налипание шихты на электродную проволоку обеспечивается введением в состав шихты ферромагнитных компонентов таких, как железный порошок (Fe) и феррохром (FeCr).

Электродуговая наплавка с применением ферромагнитной шихты обладает следующими технологическими возможностями:

- 1) может применяться для восстановления изношенных деталей из чугуна и легированных сталей повышенной прочности;
- 2) способ позволяет производить широкослойную, по кольцу, широкослойную с перекрытием и винтовую наплавку, при этом высота наплавленного слоя составляет от 1 до 7 мм;
- 3) обеспечивается устойчивое горение дуги на малых сварочных токах (от 120 до 190 А), а также минимальную глубину проплавления без значительных термических вложений восстанавливаемых деталей;
- 4) обеспечивается требуемая твердость наплавленного слоя в пределах 48–54 HRC без последующей термообработки;
- 5) способ позволяет получать наплавленный слой высокого качества без пор, трещин, несплавлений и шлаковых включений;
- 6) возможно использование сварочных источников как постоянного, так и переменного тока.

Данный способ может применяться для восстановления большого количества деталей, например: валки прокатных станов, штанги манипуляторов, плунжеры прессов, опорные катки и натяжные колеса гусеничных машин, крановые колеса, шкивы, диски сцеплений, коленчатые валы, приводные звездочки и тормозные барабаны эскалаторов.

Материалами при электродуговой наплавке служат сварочная проволока и шихта.

В качестве электродной проволоки применяется обычная сварочная проволока марок Св-08, Св-08А, Св-08ГС, Св-08Г2С и др. диаметром от 1,2 до 1,6 мм.

Состав ферромагнитной шихты подбирается исходя из следующих условий:

- 1) придание шихте магнитных свойств с целью обеспечения ее притягивания к сварочной проволоке под действием электромагнитных сил;
- 2) обеспечение стабильного горения дуги при малых токах наплавки (120–190А), что способствует снижению сварочных деформаций и напряжений;
- 3) получение бездефектного наплавленного слоя (без пор, трещин, шлаковых включений, несплавлений);
- 4) обеспечение необходимой износостойкости наплавленного слоя без дополнительных последующих технологических мероприятий (термообработка, упрочнение поверхностного слоя);
- 5) использование при изготовлении шихты дешевых и доступных материалов.

При наплавке для более полного протекания металлургических процессов в сварочной ванне необходимо обеспечить: а) определенную грануляцию шихты и ее компонентов; б) определенное процентное соотношение элементов, входящих в состав шихты; в) спекание магнитных и немагнитных материалов.

Материалы шихты с целью обеспечения налипания немагнитных компонентов на магнитные просеиваются:

- магнитные – через сито № 0315 (размер ячейки 0,315 мм);
- немагнитные – через сито № 018 (размер ячейки 0,180 мм).

После просеивания компоненты взвешиваются в определенной пропорции и замешиваются на жидком натриевом стекле до получения влажной однородной массы. Для спекания магнитных и немагнитных материалов полученную влажную массу прокаливают в печи при температуре 400°C до полного ее просыхания, после чего смесь подвергают дроблению и просеивают через сито № 04 (размер ячейки 0,4 мм).

В состав шихты входят рудоминеральные материалы, ферросплавы, чистые металлы, химические продукты, силикаты.

- Рудоминеральные материалы:
мрамор – CaCO_3 (CaCO_3 – 92%; остальное – MgO , SiO_2 , P, S);
плавиковый шпат CaF_2 (CaF_2 – 95%; остальное – SiO_2 , CaCO_3 , P, S).
- Ферросплавы:
феррохром FeCr (Cr – 65%; остальное – Fe, C, Si, P, S);
феррованадий FeV (V – 35%; остальное – Fe, Mn, Si, C, Cu, Al, P, S);
ферротитан FeTi (Ti – 28%; остальное – Fe, Al, Si, C, P, S).
- Чистые металлы:
порошок железный Fe (Fe – 98,5%; остальное – C, P, S).
- Химические продукты:
силикокальций (SiCa) – (Ca – 20%, Fe – 10%; остальное – Si, Al, C).
- Силикаты:
стекло натриевое жидкое (SiO_2 – 32%, Na_2O – 11%; остальное – Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO, SO_3).

Элементы, указанные как «остальное», расположены в порядке убывания их процентного содержания.

Получение бездефектного наплавленного слоя обеспечивается наличием в шихте шлакообразующих (SiCa, CaCO_3 , CaF_2) и раскисляющих (FeTi , FeV , SiCa) компонентов. В совокупности SiCa, CaCO_3 , CaF_2 обеспечивают защиту расплавленного металла от вредного влияния атмосферы (снижение вероятности порообразования и окисления) и способствуют связыванию и удалению в шлак ответственных за образование трещин S, P и H. Являясь по сути раскислителями, SiCa – способствует легкому удалению шлаковой корки с поверхности наплавленного слоя, а FeTi и FeV – измельчению структурных составляющих наплавленного слоя, что в свою очередь, снижает вероятность трещинообразования [1].

Жидкое натриевое стекло выполняет функцию связующего компонента при изготовлении шихты и обеспечивает стабильное горение дуги на малых токах.

При изготовлении шихты следует придерживаться строго определенного процентного соотношения составляющих компонентов. Например, для восстановления деталей машин, изготовленных из легированных сталей, используется шихта следующего состава при соотношении компонентов, вес. %:

Углерод C	0–3
Ферротитан FeTi	5–15
Феррохром FeCr	1–20
Феррованадий FeV	0,5–25
Мрамор электродный CaCO₃	12–15
Плавиковый шпат CaF₂	12–15

Силикокальций SiCa	5–12
Порошок медный Cu	2–4
Железный порошок Fe	Остальное

Предлагаемый состав ферромагнитной шихты позволяет обеспечить твердость в диапазоне от НВ 140 до НВ 650, стабильное горение дуги на малых токах в диапазоне от 140 до 150 А, а также получить бездефектный наплавленный слой, отвечающий необходимым эксплуатационным требованиям без применения дополнительных технологических мероприятий.

Данной шихтой можно восстанавливать стальные коленчатые валы, валки прокатных станов, крановые колеса, распределительные валы, тянущие кулаки троллейбусов, колеса и бандажи трамваев и метрополитена, тормозные валы автобусов и т.д.

Для восстановления деталей машин, изготовленных из чугуна, в состав ферромагнитной шихты вводится определенное количество углерода размером фракции 0,18 мм, а также значительное количество силикокальция, что способствует графитизации чугуна и снижает вероятность его отбела. Для восстановления деталей машин, изготовленных из чугуна, используется шихта следующего состава при соотношении компонентов, вес. %:

Углерод C	5–25
Ферротитан FeTi	0–5
Феррохром FeCr	0–10
Феррованадий FeV	0–10
Мрамор электродный CaCO₃	12–15
Плавиновый шпат CaF₂	12–15
Силикокальций SiCa	15–25
Порошок медный Cu	2–4
Железный порошок Fe	Остальное

Предлагаемый состав ферромагнитной шихты позволяет исключить вероятность отбела чугуна, обеспечить твердость в диапазоне от НВ 190 до НВ 400, стабильное горение дуги на малых токах в диапазоне от 140 до 150 А, а также получить бездефектный наплавленный слой, отвечающий необходимым эксплуатационным требованиям без применения дополнительных технологических мероприятий [2].

Варьируя процентным содержанием входящих в шихту компонентов можно в широком диапазоне изменять свойства наплавленного слоя в зависимости от требуемых механических и эксплуатационных характеристик.

Компоненты FeCr; FeTi; FeV и углерод (C) в совокупности позволяют получить наплавленный металл повышенной прочности и износостойкости без последующей термообработки в результате образования структуры мартенсита с карбидами хрома (Cr), ванадия (V), титана (Ti), обладающими более высокой, по сравнению с карбидами железа (Fe), твердостью. Сравнительная характеристика твердости карбидов, входящих в состав наплавленного слоя указана в таблице 1.

Таблица 1. Твердость карбидов.

Карбиды	F ₃ C	Cr ₂ C ₂	Mn ₂ C	WC	VC	TiC	B ₄ C
Твердость НВ, МПа	10500	12500	16000	17500	21000	32000	50000

Кроме того, ферротитан, феррохром и феррованадий способствуют раскислению расплавленного металла и измельчению структурных составляющих наплавленного слоя, что снижает вероятность образования трещин в процессе восстановления поверхности детали.

Электродный мрамор и плавиковый шпат, входящие в состав шихты, обеспечивают защиту расплавленного металла от воздействия атмосферы и способствуют связыванию и удалению в шлак серы, фосфора и водорода.

Данный способ восстановления прошел апробацию в филиевском автобусно-троллейбусном парке (восстановление тянущих кулаков троллейбусов) и на 23 автокомбинате г. Москвы.

На состав ферромагнитной шихты для наплавки легированных сталей и чугуна в 2012 году был получен патент RU 2448823 С2.

Изготовление ферромагнитной шихты для дуговой наплавки возможно на любом машиностроительном или ремонтно-механическом заводе. Данную шихту можно готовить в любом количестве в зависимости от серийности восстановления деталей машин, причем возможно гибкое варьирование составом шихты при восстановлении деталей различного химического состава и назначения, обеспечивая необходимые эксплуатационные характеристики. Стоит отметить, что компоненты шихты и используемые марки проволоки имеют относительно небольшую стоимость, что является положительным фактором для данного вида наплавки. Ведь всегда приходится обращать внимание на экономическую составляющую того или иного процесса восстановления, чтобы понять: а целесообразно ли его вообще применять для данной детали.

Литература

1. Глазунов С.Н., Гаврилюк В.С., Вялков В.Г., Овешников А.В. Технология восстановления стальных и чугунных деталей транспортных машин методом электродуговой наплавки с применением ферромагнитной шихты // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2002. – № 6. С. 3–5.
2. Ферромагнитная шихта для дуговой наплавки деталей машин, изготовленных из железоуглеродистых сплавов: пат. 2448823 Российская Федерация: МПК В23К 35/36 / Глазунов С.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Апраксин Д.В. – № 2010104100/02; заявл. 09.02.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12. – 7 с.
3. Глазунов С.Н. Курс лекций: Технологические процессы реновации. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 г., 99с.
4. Апраксин Д.В., Варламова Л.Д., Вялков В.Г., Глазунов С.Н., Слинко Д.Б. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине технологические процессы реновации (способы сварки и наплавки). – М.: Изд-во МГТУ, 2009. 60 с., ил.