

УДК 621.791

DOI: 10.30987/article\_5c6526329f04d1.88928912

К.В. Макаренко, А.Л. Забелин, Д.Н. Савинов

## РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКОГО СЛОЯ

Рассмотрены наиболее известные технологии наплавки износостойкого слоя на поверхность восстанавливаемого изделия. Представлены результаты исследований, выявлены перспективные методы получения наплавленных, восстановленных слоев, имеющих сравнительно большую твердость. Показаны преимущества и недостатки различных

процессов. Определены оптимальные условия реализации процесса восстановления изношенных деталей методами ручной дуговой наплавки.

**Ключевые слова:** ручная дуговая наплавка, наплавочные материалы, восстановление деталей, износостойкость, чугунная стружка, твердость наплавленного слоя.

K.V. Makarenko, A.L. Zabelin, D.N. Savinov

## EFFICIENT CHOICE OF METHOD FOR PARTS REDUCTION BY METHOD OF MANUAL ARC WELD SURFACING OF WEAR-RESISTANT LAYER

The most well-known technologies of wear-resistant layer weld deposition on the surface of the product under reduction are considered. Представлены результаты исследований, выявлены перспективные методы получения наплавленных, восстановленных слоев, имеющих сравнительно большую твердость. Показаны преимущества и недостатки

различных процессов. Определены оптимальные условия реализации процесса восстановления изношенных деталей методами ручной дуговой наплавки.

**Key words:** manual arc weld deposition, fillers, parts reduction, wear-resistance, cast iron shavings, deposited layer .

В процессе эксплуатации по мере увеличения длительности работы машин под влиянием ударных нагрузок, абразивного изнашивания и негативного воздействия окружающей среды зачастую происходит изменение формы рабочей поверхности и размеров деталей, нарушается взаимное расположение составных частей изделия. Получая дальнейшее развитие, эти процессы способствуют перераспределению напряжений в сечении деталей машин, что в критических случаях может привести к их разрушению. При эксплуатации снижаются механические и эксплуатационные свойства материалов и деталей, возрастают усталостные напряжения и за счет износа защитных поверхностных слоев интенсифицируются коррозионные процессы. В результате детали машин и их соединения теряют работоспособность, вследствие чего требуется их капитальный ремонт, часто с заменой отдельных узлов или агрегатов.

В условиях ограниченности финансовых и материальных ресурсов различных предприятий поиск и покупка новых

комплектующих зачастую вызывает определенные затруднения. Поэтому рациональным и экономически выгодным решением этой проблемы является восстановление изношенных частей и отдельных элементов деталей машин [1].

Технологии восстановления многообразны, к наиболее распространенным способам относятся: наплавка, металлизация, газопламенное и плазменное нанесение порошковых материалов, электрохимические способы и т.д. Из указанных способов наибольшее распространение, обусловленное простотой реализации и доступностью оборудования, получила дуговая наплавка. Сейчас на различных российских предприятиях реализуется широкий спектр способов дуговой наплавки: под слоем флюса, электрошлаковая, порошковой проволокой, в среде углекислого газа, вибродуговая и т.д. [2]. В качестве базового метода был выбран процесс восстановления износостойкого слоя ручной дуговой наплавкой. Этот процесс получил наибольшее распространение в нашей стране и за рубежом. Метод отличается

универсальностью, удобством и простой реализации, а главное – не требуется приобретать какое-либо специальное оборудование. Наплавка осуществляется при использовании тех же операций и оборудования, что и сварка. Сущность способа заключается в том, что дуга горит между электродом и изделием. Формирование шва происходит за счет материала электрода или присадочного материала и расплавления основного металла в зоне действия дуги (рис. 1). Наплавочный слой, в зависимости от толщины, может быть получен за один проход или многослойной наплавкой. В последнем случае промежуточные слои наплавляют электродами с химическим составом, близким к основному металлу детали, а рабочий, поверхностный слой делают из износостойкого сплава. В определенных случаях промежуточные слои могут быть получены из сплавов с заданными функциональными свойствами. Так как при наплавке важно обеспечить максимальную производительность по массе наплавляемого металла, то основной объем работ выполняется электродами диаметром 3 - 6 мм и более [3].

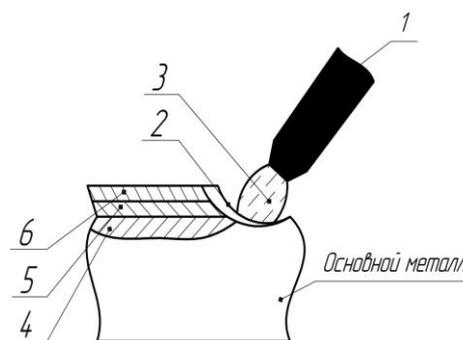


Рис. 1. Схема ручной дуговой наплавки: 1 – электрод; 2 – сварочная ванна; 3 – электрическая дуга; 4 – проплавленный металл; 5 – наплавленный металл; 6 – шлаковая корка

В настоящее время на российском рынке предлагается большое количество наплавочных износостойких материалов, начиная от наплавочных порошковых смесей или проволоки, порошковых и покрытых электродов и заканчивая специальными наплавочными лентами. Как правило, выбор материала при наплавке определяется условиями работы и материалом изделия. Обобщенной характеристикой наплавляемых износостойких сплавов является твердость. В табл. 1 и 2 представлен химический состав наиболее распространенных наплавочных смесей и электродов соответственно, используемых при наплавке износостойкого слоя.

Таблица 1

## Наплавочные смеси

Смесь	Химический состав	Твердость HRC
Сталинит	24 – 26 % Cr, 6 - 8,5 % Mn, 7 – 10 % C, < 3% Si, < 0,5% P, < 0,5% S, остальное - Fe	52
Вокар	Смесь из измельченного вольфрама и углерода	60
Висхом	6 % C, 15 % Mn, 5 % Cr, остальное - железная или чугунная стружка	30
Боридная порошковая смесь	50 % боридов хрома и 50 % железного порошка	62
Стеллит	Карбиды хрома, растворенные в кобальте	47

Таблица 2

## Электроды для наплавки

Смесь	Химический состав, %	Твердость HRC
У-340	C=0,15-0,2; Mn=2,8-3,2; Si=0,5-0,75; S<0,03; P<0,035	37
T-590	C=3,2; Mn=1,2; Si=2,2; Cr= 25; B=1	60
ОЗН-300	C =0,1; Mn=3; Si=1,3; S<0,02; P<0,03	40

Несмотря на то что все они удовлетворяют требованиям по твердости, от которой напрямую зависит износостойкость, данные наплавочные материалы имеют ряд недостат-

ков. Во-первых, это содержание дорогостоящих элементов (W, Ni, V), которые существенно повышают себестоимость наплавки. Во-вторых, большое количество карбидообра-

зующих элементов (Mn, Cr, V, W) оказывает негативное влияние на качество наплавленного слоя (образование трещин) [4]. В-третьих, как показала наша совместная работа, после наплавки многие изделия подвергаются механической обработке с целью обеспечения требуемой геометрии, в этом случае высокая твердость наплавленного слоя является серьезным препятствием для ее осуществления.

Помимо применения распространенных материалов для наплавки существуют комбинированные технологии, в которых в качестве наплавочного материала используется чугуная стружка [5]. Примером является смесь «Висхом», представленная в табл. 1. Использование чугуной стружки позволяет снизить тепловое воздействие на основной металл при наплавке, а также уменьшить себестоимость восстановительных операций. При этом твердость наплавленного слоя позволяет беспрепятственно производить различные виды механической обработки.

При выполнении экспериментов в качестве наплавочного материала использовали стружку серого чугуна, полученную при механической обработке литых заготовок. Данный способ имеет несколько схем реализации.

Первая схема (рис. 2а) - оплавление уложенного на поверхность слоя стружки угольным электродом диаметром 10 мм. Вторая схема (рис. 2б) – наплавка специально изготовленным трубчатым порошковым электродом. В качестве оболочки электродов использовали малоуглеродистую сталь толщиной 0,3 мм. Диаметр порошкового электрода составил 8 мм. Третья схема (рис. 2в) - наплавка гибким порошковым электродом. Для получения гибкого электрода изготавливали оболочку из завитой в спираль сварочной проволоки диаметром 1 мм марки Св-08Г2С. Наружный диаметр полученного электрода равнялся 8 мм. Четвертая схема (рис. 2г) - оплавление уложенного на поверхность слоя стружки покрытым электродом. Использование чугуной стружки в качестве присадки при ручной электродуговой наплавке обеспечило получение слоев с твердостью от 32 до 49 HRC. Твердость наплавленного слоя зависит от химического состава чугуной стружки, режима наплавки и скорости охлаждения наплавленного слоя. Режимы наплавки представлены в табл. 3.

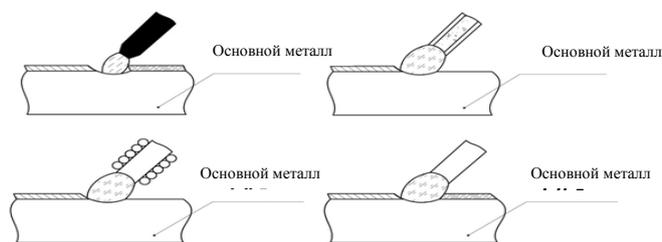


Рис. 2. Схемы реализации наплавки чугуной стружки

Таблица 3

Режимы наплавки

№ схемы	Диаметр электрода, мм	Род тока, полярность	Напряжение, В	Сила тока, А
1	10	Постоянный прямой полярности	32-34	130-140
2	4		32-34	140-160
3	8	Постоянный обратной полярности	30-32	120-140
4	8		30-32	120-140

При наплавке с использованием чугуной стружки полученный слой может иметь как графитовые включения, которые в парах трения играют роль источников твердой смазки, так и хрупкие включения мартенсита и ледебурита, что также поло-

жительно сказывается на износостойкости изделия. Как известно, материалы с равномерно распределенными в пластичной матрице локальными твердыми включениями, удовлетворяющие принципу Шарпи, обладают высокой износостойкостью [6].

Окончательные свойства и требуемая морфология структуры наплавленного сплава обеспечиваются термической обработкой.

После проведения анализа имеющихся технологий получения износостойкого слоя ручной наплавкой можно сделать вывод, что, несмотря на множество способов

повышения триботехнических характеристик изделий, остаются открытыми вопросы по совершенствованию имеющихся технологий и разработке новых материалов и покрытий, которые направлены на улучшение эксплуатационных показателей и снижение себестоимости восстановительных операций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чаботарев, М.И. Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали: учеб. пособие / М. И. Чеботарев, М. Р. Кадиров. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 91 с.
2. Пантелеенко, Ф.И. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лалакин, В.П. Иванов, В.М. Константинов. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
3. Ельцов, В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электрон. учеб. пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 335 с.
4. Савинов, Д.Н. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин

1. Chabotarev, M.I. *Choice of Optimum Method for Reduction of Part Worn Surface: manual* / M.I. Chebotarev, M.R. Kadyrov. – Krasnodar: KubanSAU, 2016. – pp. 91.
2. Panteleenko, F.I. *Machinery Parts Reduction: reference book* / F.I. Panteleenko, V.P. Lalakin, V.P. Ivanov, V.M. Konstantinov. – M.: Mechanical Engineering, 2003. – pp. 672.
3. Yeltsov, V.V. *Reduction and Strengthening of Machinery: electronic manual* / Togliatti: Publishing House of TSU, 2015. – pp. 335.
4. Savinov, D.N. Operating units wear-resistance increase in agricultural machinery by white iron weld

наплавкой белого чугуна / Д.Н. Савинов // Новые горизонты: материалы V междунар. конф.-конкурса (20 апр. 2018 г.) / под ред. О.М. Голембовской. – Брянск: БГТУ, 2018. – 235 с.

5. Токарев, А.О. Наплавка поверхности серого чугуна с присадкой из чугуновой стружки / А.О. Токарев // *Обработка металлов*. – 2013. – №2 (59). – С. 44-48.
6. Жуков, А.А. Износостойкие отливки из комплексно-легированных белых чугунов / А.А. Жуков, Г.И. Сильман, М.С. Фрольцов. – М.: Машиностроение, 1984. – 104 с.

deposition / D.N. Savinov // *New Horizons: Proceedings of the V-th Inter. Conf.-Competition* (April 20, 2018) / under the editorship of O.M. Golembi-ovskaya. – Bryansk: BSTU, 2018. – pp. 235.

5. Tokarev, A.O. Weld deposition of grey iron surface with cast iron shaving additive / A.O. Tokarev // *Metal Processing*. – 2013. – No.2 (59). – pp. 44-48.
6. Zhukov, A.A. Wear-Resistant Complex-Alloy White Iron Castings / A.A. Zhukov, G.I. Silman, M.S. Froltsov. – M.: Mechanical Engineering, 1984. – 1984. – pp. 104.

*Статья поступила в редакцию 4.11.18.*

*Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета*

*Давыдов С.В.*

*Статья принята к публикации 25.01.19.*

**Макаренко Константин Васильевич**, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: [makkon1@yandex.ru](mailto:makkon1@yandex.ru).

**Забелин Алексей Леонидович**, к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение»

**Makarenko Konstantin Vasilievich**, Dr. Sc. Tech., Assistant Prof., Prof. of the Dep. “Mechanical Engineering and Material Science”, Bryansk State Technical University, e-mail: [makkon1@yandex.ru](mailto:makkon1@yandex.ru).

**Zabelin Alexey Leonidovich**, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. “Mechanical Engineering and

Брянского государственного технического университета, e-mail: [swordfish\\_74@mail.ru](mailto:swordfish_74@mail.ru).

**Савинов Денис Николаевич**, магистрант Брянского государственного технического университета, e-mail: [dan.sawinov2011@yandex.ru](mailto:dan.sawinov2011@yandex.ru).

Material Science”, Bryansk State Technical University, e-mail: [swordfish\\_74@mail.ru](mailto:swordfish_74@mail.ru).

**Savinov Denis Nikolayevich**, Master degree student, Bryansk State Technical University, e-mail: [dan.sawinov2011@yandex.ru](mailto:dan.sawinov2011@yandex.ru).