

Плазменно-порошковая наплавка штоков гидроцилиндров безыносостойким чугуном

05, май 2014

DOI: 10.7463/0514.0709302

Нефедьев С. П., Морозов А. Н.

УДК 621.727.55:620.178.16

Россия, МГТУ им. Г.И. Носова

sergeynefedyeff@gmail.com

rushome87@mail.ru

Введение

Гидроцилиндры применяются в различной технике для привода движущихся частей механизмов. Тенденцией последних лет является применение высокопрочных сталей для изготовления штоков гидроцилиндров. Это приводит к снижению массогабаритных характеристик гидроцилиндров, однако делает их практически неремонтопригодными. Это касается в первую очередь гидроцилиндров импортного производства. Они имеют значительно более высокую стоимость, чем отечественные гидроцилиндры, а невозможность проведения ремонтных мероприятий с ними резко снижает экономическую эффективность эксплуатации техники оснащённой подобными гидроцилиндрами.

Состояние вопроса

Основной причиной выхода из строя гидроцилиндров при эксплуатации является изменение линейных размеров штоков вследствие наличия абразивных частиц в рабочей зоне. Допустимый износ штоков 20...50 мкм на диаметр; больший износ вызывает понижение компрессии или даже полный выход гидроцилиндра из строя. Эксплуатация штоков в условиях сильной запылённости приводит к формированию на поверхности полос износа в виде крупных царапин и задиров (рис. 1).

Штоки малого диаметра – 50 мм и менее невозможно восстановить традиционными методами дуговой наплавки в связи с их короблением и деформацией, а также сложностью формирования правильных валиков на столь малых диаметрах. Поэтому плазменно-порошковая наплавка является единственно возможным способом их восстановления.

Помимо абразивного изнашивания штоки испытывают и коррозионное воздействие рабочей среды, что вызывает необходимость применения коррозионно-стойких материалов.

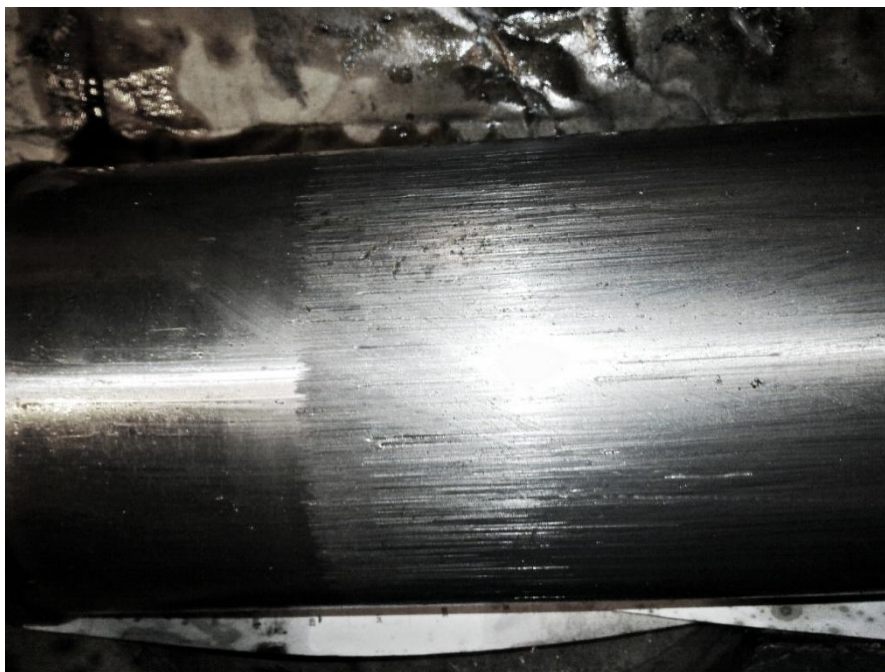


Рис. 1 – Характерный износ штока гидроцилиндра

В данной работе исследовалась возможность восстановления изношенных штоков гидроцилиндров упрочняющей плазменно-порошковой наплавкой покрытия системы Fe-C-Cr-V.

Химический состав присадочного порошка приведён в таблице 1. При плазменной наплавке происходит угар легирующих элементов, в связи с чем, химический состав наплавленного покрытия может значительно отличаться от химического состава присадочного порошка. При наплавке двудуговым плазмотроном происходит относительно незначительный перегрев сварочной ванны, а частицы присадочного порошка не подвержены длительному нагреву непосредственно в дуге, а прогреваются плазменной струёй, работающей от дуги косвенного действия, имеющей максимальную силу тока равную 30 % от общего тока. В результате наблюдаются высокие коэффициенты перехода всех легирующих элементов из присадочного порошка в наплавленный металл (таблица 1).

Химический состав штока гидроцилиндра соответствует отечественной марки стали 45, в связи с чем, исследование режимов наплавки производили на образцах из этой марки стали.

Штоки малого диаметра в процессе наплавки испытывают существенный неравномерный нагрев, который вызывает их значительную деформацию и коробление [1]. Традиционные схемы наплавки с наложениями валиков на 30...50 % ширины не способны обеспечить бездеформационную наплавку, поэтому применили схему наплавки, при которой валики накладывались по винтовой линии с шагом равным их четырёхкратной шири-

не (рис. 2). Такая схема наплавки позволяет равномерно распределить теплоту сварочной ванны по всему телу штока, не допуская местного сосредоточения теплоты и чрезмерного перегрева штока.

Таблица 1 – Химический состав, коэффициенты перехода легирующих элементов и степень эвтектичности покрытий

Режим на- плавки	%	Содержание элементов, %						S_e
	$K_{пер}$	Fe	C	Cr	V	Si	Mn	
Присадочный порошок	%	72,8	3,15	19,3	3,15	0,6	1,0	0,989
Покрытие	%	73,33	3,03	17,60	3,05	1,35	1,64	1,3606
	$K_{пер}$	1,007	0,962	0,912	0,968	2,25	1,64	

Валики накладывались по винтовой линии в направлении от первого ко второму. После наложения валика 3, в стык к нему накладывался валик 4 (рис. 2а), и далее валики 5 и 6 (рис. 2б). После наложения первого слоя валиков между ними остались впадины, поэтому поверх первого слоя накладывался второй слой валиков, по аналогичной схеме (рис. 2в).

Плазменно-порошковую наплавку производили на токе 180 А с дополнительным обдувом тела штока холодным сухим воздухом.

Структура наплавленных покрытий, напоминает структуру литого металла [2], но имеющую свои особенности, вызванные, прежде всего, спецификой технологии плазменной наплавки [3, 4]. Следствием наличия металлургического сцепления покрытия с подложкой является непостоянство химического состава, структуры и свойств покрытия по толщине, а также наличие внутренних напряжений, вызванных усадочными явлениями при кристаллизации сварочной ванны.

При наплавке покрытия 315Х19Ф3 на общем токе 180 А с обдувом тела штока воздухом 0,2 МПа, формируется структура покрытия эвтектического типа (рис. 3а). Металлографически выявляется незначительное количество первичных карбидов M_7C_3 в количестве 3,2 % (рис. 3б), со средним размером в поперечнике 16,4 мкм. Наличие этих карбидов обусловлено некоторым смещением степени эвтектичности в сторону заэвтектических составов ($S_e = 1,3606$). Столь малое количество металлографически выявимых карбидов хрома, имеющих шестигранную форму не приводит к изменению в целом эвтектической структуры.

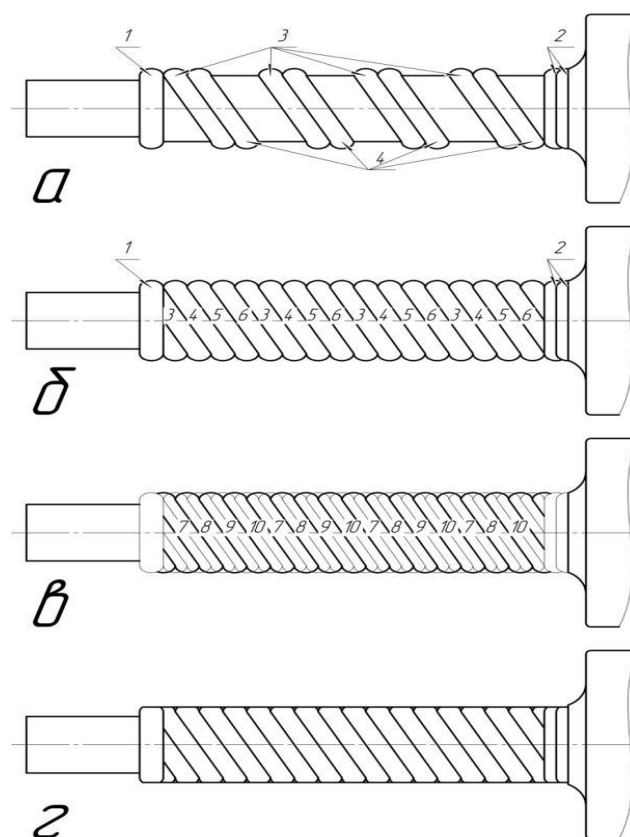


Рис. 2 – Схема наложения валиков на шток: а – схема наложения первых четырёх валиков; б – схема наложения валиков первого слоя; в – схема наложения валиков второго слоя; г – после механической обработки

Анализ данных рентгеноструктурного анализа показал наличие пяти линий совпадающими с табличными значениями линий для легированного аустенита с межплоскостным расстоянием, $a = 0,35285$ нм. Аустенит полностью находится в эвтектических колониях пластинчатого и розеточного строения. Микротвёрдость эвтектики и пластинчатого и розеточного строения одинакова и составляет 6800 МПа. Межпластинчатое расстояние карбидных частиц в эвтектике составляет 1,2 мкм, а ориентация главного направления роста их колоний перпендикулярна к металлу подложки, что и предопределяет высокую микротвёрдость такой эвтектики и износостойкость покрытия в целом.

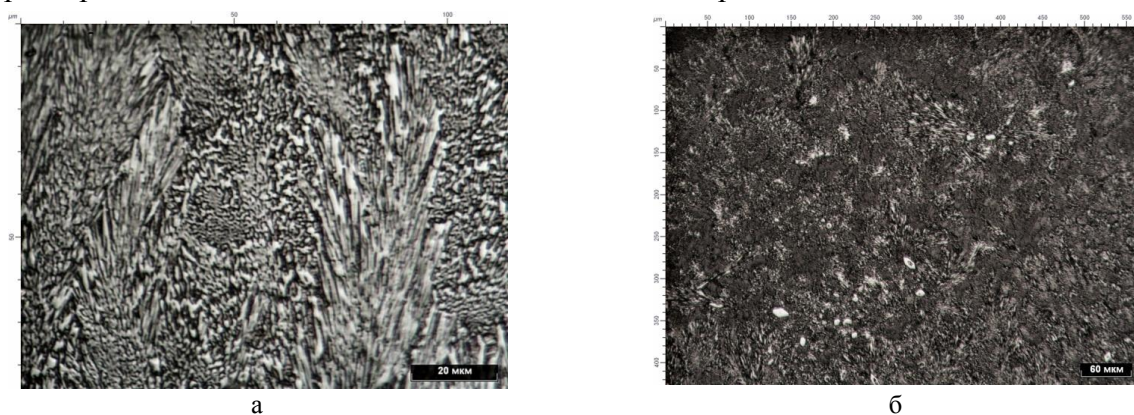


Рис. 3 – Микроструктура покрытия наплавленного на токе 180 А с обдувом воздухом 0,2 МПа: а – морфология эвтектики, $\times 1000$; б – общий вид, $\times 200$

Наличие на дифрактограмме, снятой с поверхности наплавленного покрытия, линий (111) и (400) с межплоскостными расстояниями соответственно 0,24378 нм и 0,10369 нм, не накладывающихся на линии других фаз позволяет однозначно судить о наличии карбида ванадия VC. Однако, размеры карбидных частиц, вычисленные по уравнению Селякова-Шелера составляют 0,09...0,18 мкм, что не позволяет наблюдать их в оптическом микроскопе.

Данные металлографического анализа свидетельствуют о наличии светлых частиц скруглённой формы располагающихся в зоне сплавления и нижней части средней зоны покрытия (рис. 4а). Частицы, обладающие схожим строением, обнаруживаются и в металле подложки, расположенные вдоль линии сплавления (рис. 4б). Микротвёрдость частиц расположенных в наплавленном металле составляет 13000 МПа, а расположенных в металле подложки 12200 МПа. Данные рентгеноструктурного анализа, измерения микротвёрдости и металлографические исследования позволяют предположить, что светлыми частицами округлой формы в зоне сплавления и нижней части средней зоны покрытия является цементит [5].

Очевидно, что при проплавлении подложки дугой сварочная ванна образуется за счёт частиц присадочного порошка, а также ферритных и перлитных зёрен металла подложки, находящихся вдоль линии сплавления. При этом цементитные пластинки перлита не успевают раствориться в жидкой фазе сварочной ванны, а только лишь коагулируют и всплывают на некоторую высоту, оставаясь в наплавленном металле. Отсутствие металлографически различимых коагулированных частиц цементита в средней зоне наплавленного металла подтверждает предположение о попадании цементита в покрытие из металла подложки, так как высвободившийся из оплавленных перлитных зёрен цементит по мере перемешивания в средней части покрытия растворяется и становится металлографически неразличимым. К тому же, хромованадиевые чугуны при содержании хрома 18,61 % и ванадия 3,25 % обладают полностью инвертированной структурой, в которой цементит образовываться при кристаллизации не должен [6].

Наличие цементита в покрытии негативно сказывается на его износостойкости и эксплуатационных свойствах в целом, поэтому необходимо обеспечить режимы наплавки, при которых подмешивание металла подложки будет минимальным [5].

Плазменно-порошковая наплавка на токе 180 А с охлаждением тела штока воздухом, приводит к формированию ровной границы раздела наплавленного металла с подложкой (рис. 4). Со стороны покрытия к границе раздела примыкает кристаллизационная прослойка образованная, по видимому, аустенитом. Видно, что карбидные частички пересекают границу раздела и поднимаются в покрытие, принимая форму близкую к сферической.

Толщина кристаллизационной прослойки составляет 7...10 мкм, что вполне достаточно, для обеспечения демпфирующих свойств и снижения склонности к трещинообразованию.

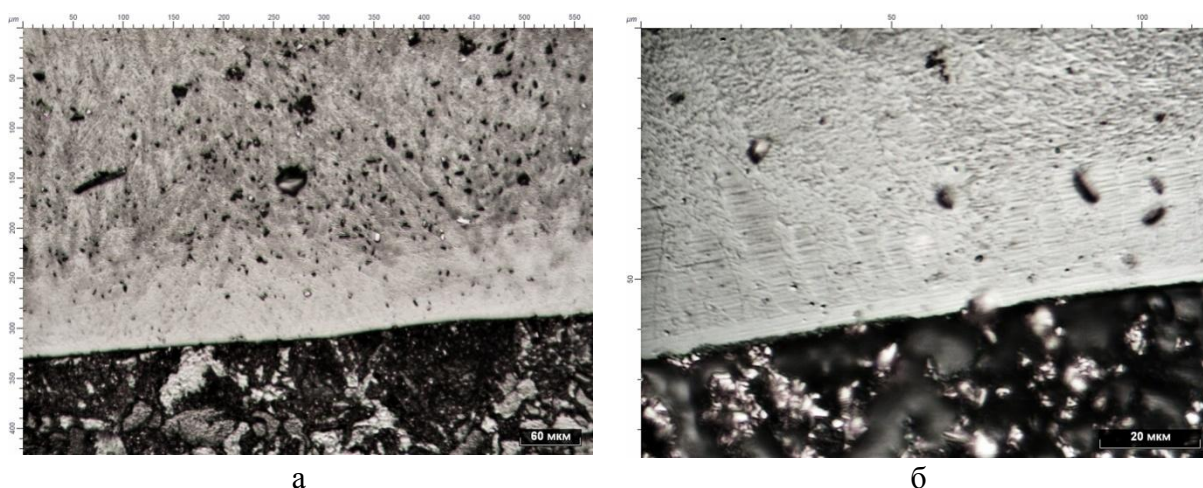


Рис. 4 – Зона сплавления покрытия 315X19Ф3 наплавленного на токе 180 А с обдувом воздухом: а – общий вид, $\times 200$; б – граница раздела, $\times 1000$

Наплавка на токе 180 А с введением принудительного охлаждения наплавленного металла, позволяет сформировать зону сплавления с плавным переходом свойств от подложки к наплавленному металлу, благодаря формированию кристаллизационной прослойки высоколегированного аустенита, и избеганию образования мартенсита в зоне сплавления.

Заключение

1. Металлографическим и фазовым рентгеноструктурным анализом установлено, что в покрытии типа 315X19Ф3 при наплавке на режимах с минимальным перегревом выше температуры ликвидус ванадий может образовывать собственные карбиды VC или V_2C .
2. Введение принудительного охлаждения приводит к формированию структуры эвтектического типа максимальной твёрдости и износостойкости, что связано с высоки коэффициентом перехода ванадия в металлическую основу и карбидную фазу.
3. Высокоуглеродистые хромованадиевые покрытия могут применяться для упрочняющей наплавки штоков гидроцилиндров малого диаметра.

Список литературы

1. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. 192 с.
2. Vdovin K.N., Gorlenko D.A., Zavalischin A.N. Structure changes of chromium-nickel in-definite cast irons in heating // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 5 (45). С. 9-11.
3. Дегтярёв А.С., Зеленков А.А., Горелов И.В. Карбид VC в FE–CR–V–MO–C покрытии // Вестник науки Сибири. 2013. № 3 (9). С. 86-95.

4. Нефедьев С.П. Особенности структуры и свойства поверхностных слоев углеродистых сталей с плазменным упрочнением и наплавкой комплексно-легированным белым чугуном: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2012. 18 с.
5. Емелюшин А.Н., Петrochenko E.B., Нефедьев С.П., Морозова А.Н. Формирование структуры и свойств зоны сплавления при плазменно-порошковой наплавке покрытия типа 250X15Г20С // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 3 (35). С. 70-73.
6. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркумелли Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. М.: Машиностроение, 1969. 188 с.

Plasma powder coating of rods of hydraulic cylinders with white wear resistance cast iron

05, May 2014

DOI: 10.7463/0514.0709302

S. P. Nefedyev, A. N. Morozov

Nosov Magnitogorsk State Technical University, 455000, Magnitogorsk, Russian Federation

sergeynefedyeff@gmail.com

rushome87@mail.ru

The article considers the features to form a structure and properties of Fe-C-Cr-V system coverings provided by the plasma and powder coating (build-up) on the low carbon steel.

It is shown that it is possible to restore a rod of hydraulic cylinders of small diameter by the plasma and powder coating. Thus, to avoid buckling and provide the built-up metal structure with the best wear resistance it is necessary to find a reasonable approach to a choice of the operation conditions to provide coating.

The paper offers a way for efficient control of heat input at coating and a superheat value of the welding bath. It is noted that the coverings, which have been built up at the smallest heat input in a substrate, possess the best wear resistance, with a fusion zone formed with an austenitic crystallization interlayer.

The paper defines consistent patterns to form a structure of coverings under various operation conditions of a plasma and powder coating. It shows the influence of the cooling speed after built-up metal crystallization on the formation of covering structure components.

The paper formulates requirements for operation conditions of plasma and powder coating to provide coverings to be subjected to shock and abrasive wear, and shows the influence of additional heat treatment on formation of structure and properties of the built-up metal.

The article under review meets available lacks in studying high-carbon chrome-vanadium coverings and is useful for scientists, graduates, and students investigating the wear resistance coating materials and effective methods for their deposition.

Publications with keywords: [surfacing](#), [plasma powder coating](#), [wear resistance coating](#), [recovery of stocks](#), [chrome-vanadium covering](#)

Publications with words: [surfacing](#), [plasma powder coating](#), [wear resistance coating](#), [recovery of stocks](#), [chrome-vanadium covering](#)

References

1. Sidorov A.I. *Vosstanovlenie detaley mashin napyleniem i naplavykoy* [Recovery of machine parts by spraying and built-up welding]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987. 192 p. (in Russian).
2. Vdovin K.N., Gorlenko D.A., Zavalischin A.N. Structure changes of chromium-nickel indefinite cast irons in heating. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova - Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2013, no. 5 (45), pp. 9-11.
3. Degtyarev A.S., Zelenkov A.A., Gorelov I.V. [VC carbide in Fe–Cr–V–Mo–C coating]. *Vestnik nauki Sibiri - Siberian Journal of Science*, 2013, no. 3 (9), pp. 86-95. (in Russian).
4. Nefed'ev S.P. *Osobennosti struktury i svoystva poverkhnostnykh sloev uglerodistykh staley s plazmennym uprochneniem i naplavykoy kompleksno-legirovannym belym chugunom. Avtoreferat kand. diss.* [Features of structure and properties of surface layers of carbon steels with plasma hardening and overlaying welding of complex-alloyed white cast iron. Abstract of cand. diss.]. Magnitogorsk, 2012. 18 p. (in Russian).
5. Emelyushin A.N., Petrochenko E.V., Nefed'ev S.P., Morozov A.N. [Formation of structure and properties of a refusion zone at PTA-coating type coverings 250H15G20S]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova - Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2011, no. 3 (35), pp. 70-73. (in Russian).
6. Livshits L.S., Grinberg N.A., Kurkumelli E.G. *Osnovy legirovaniya naplavlennogo metalla* [Principles of alloying of deposited metal]. Moscow. Mashinostroenie Publ., 1969. 188 p. (in Russian).