

Т.С. Скобло, проф., д.-р. техн. наук, А.И. Сидашенко, проф., канд. техн. наук,
А.В. Харьяков, А.А. Науменко, доц., канд. техн. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

Влияние химического состава порошковых композиций и параметров плазменной обработки на свойства покрытий при восстановлении деталей

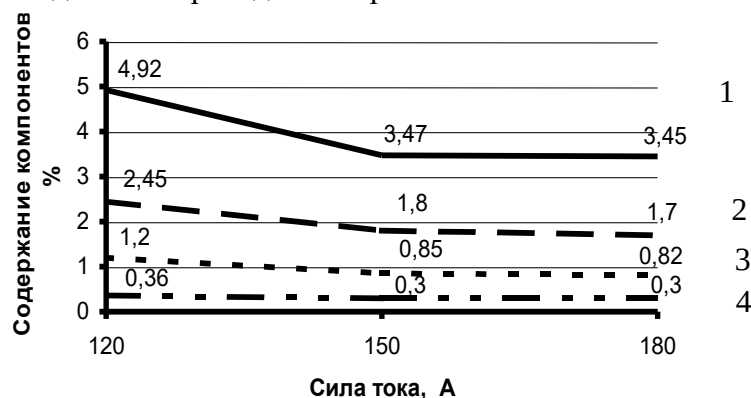
В работе рассмотрено влияние параметров режима плазменно-порошковой обработки на угар химических элементов в восстановленном слое. Исследованы материалы для восстановления деталей с разным содержанием легирующих элементов. Проанализированы результаты металлографических исследований и сделаны выводы относительно структуры восстановленного слоя и упрочняющих фаз.

химический состав, порошковые композиции, покрытие, восстановление деталей

Нанесения износостойких покрытий плазменным методом с использованием различных порошковых композиций на детали машин позволяет получить различную структуру и фазовый состав покрытия, а следовательно и различные свойства рабочей поверхности [1...3]. Выбор материала покрытий должен базироваться на изучении закономерности влияния концентрации химических элементов на структуру и фазовый состав рабочего слоя. Ключевым моментом является взаимосвязь структуры и технологической стойкости изделия в промышленных условиях эксплуатации [4].

Целью работы является выбор порошковых композиций для восстановления изношенных шеек коленчатых валов и шипов крестовин карданных валов. При этом основными условиями были требования ТУ, т.е. по уровню механических и эксплуатационных свойств детали с покрытиями должны быть близки к новым.

При проведении исследований изучалось влияние параметров нанесения покрытий плазменно-порошковым методом на угар химических элементов. Покрытие наносили смесью порошковых композиций на основе железа, легированных хромом, никелем и молибденом (табл. 1). Для обеспечения требований, предъявляемых к коленчатым валам изучали степень угара компонентов при различных значениях силы тока. Результаты исследований приведены на рис. 1.



1 – Ni, 2 – Cr, 3 – Mn, 4 – Mo.

Рисунок 1 – Изменение концентрации (угар) компонентов в покрытиях нанесенных на шипы крестовин карданных валов при различных значениях силы тока

При изменении силы тока от 120 до 180 А наблюдали снижение концентрации ряда легирующих элементов. Наибольший угар соответствует компонентам Ni, Cr и существенно меньшее падение концентрации характерно для Mn в интервале значений силы тока 120 – 150 А. Падение концентрации Ni составило 29,47%, Cr – 26,53%, Mn – 29,2%. Содержание Mo – остается практически на одном уровне. В интервале изменения силы тока от 150 до 180 А, концентрация химических элементов снижалась незначительно и не превышала 0,58%, 5,55%, 3,53% для Ni, Cr и Mn соответственно, а для молибдена практически не изменялась.

Для выбора эффективного состава композиции покрытия изучали влияние концентрации компонентов на структуру и свойства восстановленного слоя. Для этого использовали легированные порошки (табл. 1) в их различных сочетаниях (табл. 2).

Таблица 1 – Содержание компонентов в используемых порошках

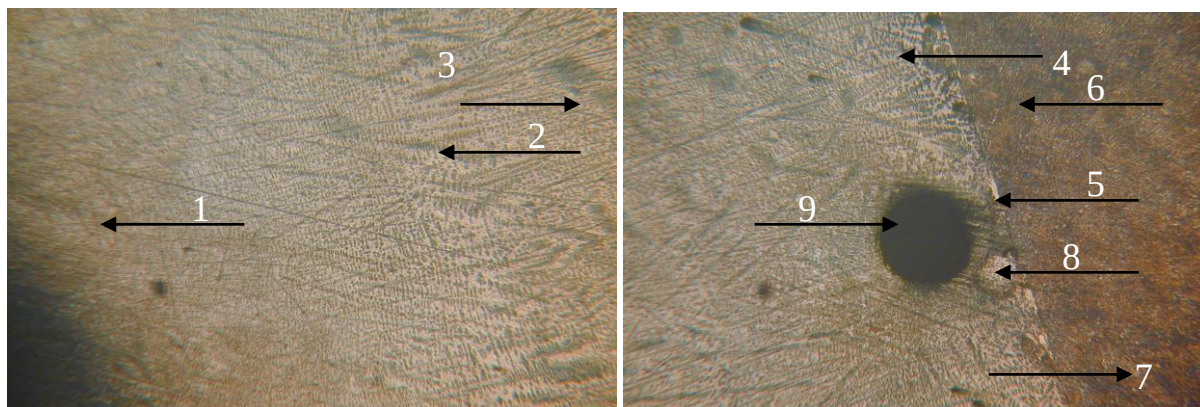
Марка порошка	Содержание компонентов, %.								
	Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	B	Mo	Cu
ФМИ-2	Осн.	0,77	2,62	4,49	10,43	-	2,87	-	-
ПЖН4Д2М	Осн	0,054	0,05	0,1	-	3,62	-	0,5	1,68

Таблица 2 – Содержание химических элементов в наплавляемых материалах, при различных сочетаниях порошковых композиций

№ композиции	Соотношение	Содержание химических элементов, %								
		Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	B	Mo	Cu
1	80% ФМИ-2 + 20% ПЖН4Д2М	81,86	0,63	2,11	3,61	8,34	0,72	2,29	0,1	0,34
2	50% ФМИ-2 + 50% ПЖН4Д2М	86,41	0,41	1,34	2,29	5,22	1,81	1,44	0,25	0,84
3	40% ФМИ-2 + 60% ПЖН4Д2М	87,89	0,37	1,08	1,86	4,172	2,17	1,15	0,3	1,01
4	20% ФМИ-2 + 80% ПЖН4Д2М	90,96	0,2	0,56	0,97	2,09	2,89	0,57	0,4	1,34

Для оценки однородности покрытия производили послойный химический анализ с использованием спектрометра ДФС – 36. Анализ покрытия осуществляли послойно, снятие слоев металла производили с шагом 0,5мм. Для избежания наложения последствий предыдущего обыскривания каждое последующее воздействие разряда на образец производили со смещением измерений в 5 мм от начальной горизонтальной плоскости.

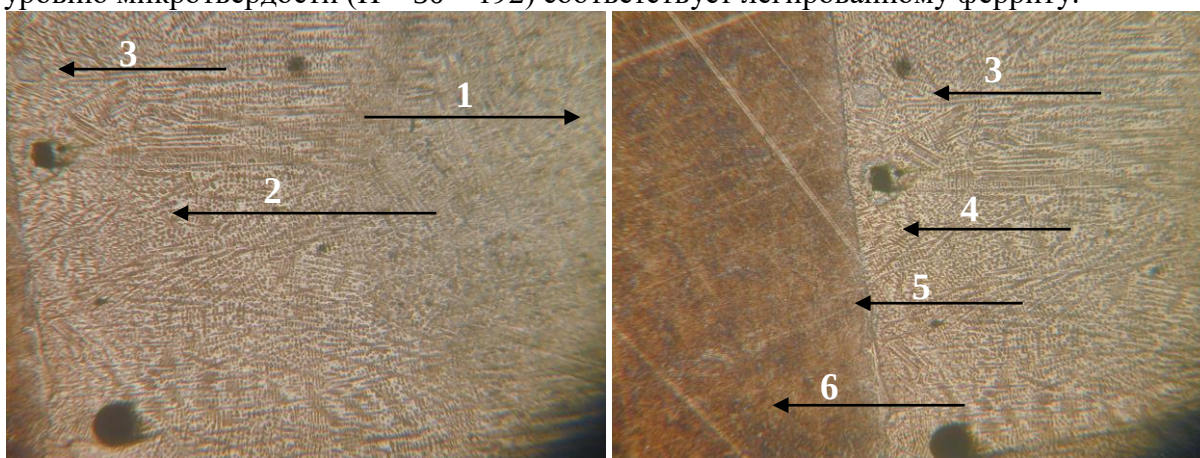
При проведении экспериментов по нанесению покрытий во всех случаях обработку проводили плазменной дугой при силе тока 150А (для шипов крестовин) и 240А (для шеек коленчатых валов). Наплавленный слой композиции №1 80% ФМИ-2 + 20% ПЖН4Д2М (рис. 2), имеет высокую твердость 65-68 HRC, структура однородная с равномерным распределением карбидов в межденридных пространствах. Средняя величина микротвердости покрытия Н – 50 – 719. Зона сплавления четкая, ровная без видимого перемешивания покрытия с основным металлом. На некоторых участках обнаружены не расплавленные частицы порошка. Материал основы имеет равномерную феррито-перлитную структуру.



1 – тонкодисперсные дендриты; 2 – зона с более грубыми дендритами; 3 –приграничная зона; 4 – более грубая дендритная структура по краям нерасплавленных частиц; 5 - зона сплавления (Н – 50 – 312); 6 – зона термического влияния (Н – 50 – 157 – феррит и перлит Н – 50 – 390); 7 – основной металл; 8 – нерасплавленная частица порошка; 9 – пора.

Рисунок 2 – Микроструктура нанесенного слоя на основе композиции № 1 (×100)

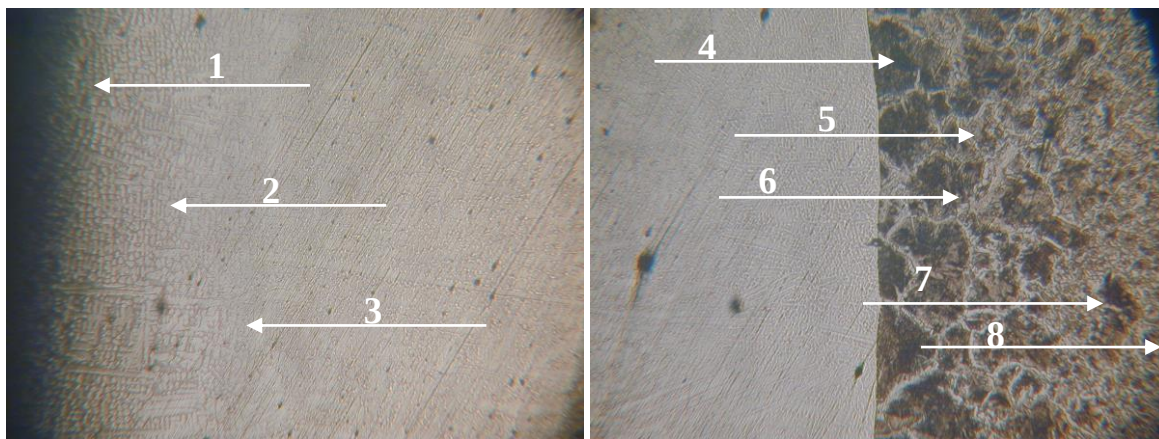
Слой, нанесенный из композиционного материала №2 50% ФМИ-2 + 50% ПЖН4Д2М (рис. 3), имеет более низкую твердость 58-61 HRC. Структура тонкодендритная, однородная (мартенсит + аустенит). Распределение карбидов равномерное по всему сечению слоя. Количество их незначительное. Средняя величина микротвердости Н – 50 – 605. Граница сплавления четко очерчена, без видимых следов перемешивания покрытия с основой. На границе покрытия (в зоне сплавления) наблюдали незначительное количество нерасплавленных частиц порошка, что по уровню микротвердости (Н – 50 – 192) соответствует легированному ферриту.



1 – приповерхностный слой покрытия; 2 – зона более грубых дендритов; 3 – нерасплавленная частица порошка у границы покрытие-основа; 4 – граница нанесенного покрытия (Н – 50 – 347); 5 – переходная зона (Н – 50 – 210); 6 – основной металл (Н – 50 – 165).

Рисунок 3 – Микроструктура покрытия на основе композиции № 2 (×100)

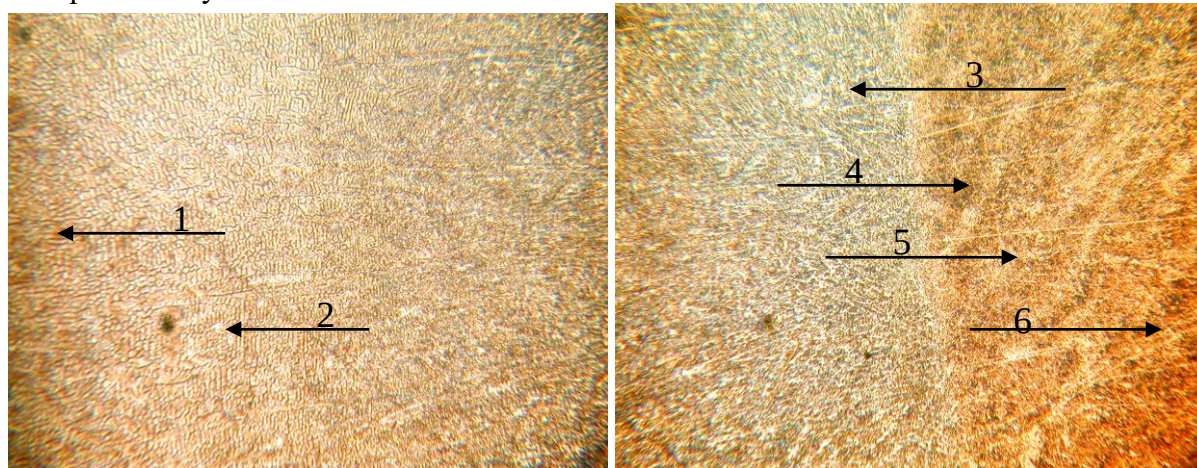
Покрытие, состоящее из композиции 40% ФМИ-2 + 60% ПЖН4Д2М (рис. 4), имеет наиболее однородную структуру со средней микротвердостью Н – 50 – 545 – 534 по сечению слоя. Твердость составляет 52 – 55 HRC, что соответствует техническим требованиям, предъявляемым к шейкам коленчатого вала заводом изготовителем. Нанесенный слой однородный с дисперсными дендритами без видимых пор, трещин и частиц нерасплавленного порошка.



1 – приповерхностный слой (Н – 50 – 517); 2 – зона более грубых дендритов (Н – 50 – 539); 3 – граница между приповерхностной зоной и основным слоем (Н – 50 – 411); 4 – граница нанесенного покрытия и основы (Н – 50 – 428); 5 – зерно перлита (Н – 50 – 363); 6 – прослойка феррита по границам зерен (Н – 50 – 137). 7 – феррито-перлитная смесь между переходной зоной и основным металлом (Н – 50 – 228), 8 – основной металл (зона отпуска Н – 50 – 292).

Рисунок 4 – Микроструктура покрытия на основе композиции № 3 ($\times 100$)

Покрытие с использованием композиции 20% ФМИ-2 + 80% ПЖН4Д2М (рис. 5) имеет твердость 45 – 48 HRC, что значительно ниже предъявляемой техническими требованиями к анализируемым деталям. Структура тонкодендритная, мелкозернистая с микротвердостью соответствующей аустениту Н – 50 – 397 – 411. В центре покрытия расположена зона с более грубыми дендритами и повышенной микротвердостью Н – 50 – 456. Линия сплавления менее четко выражена. На границе покрытие – основной металл (в зоне сплавления) наблюдали незначительное количество нерасплавленных частиц порошка, что по уровню микротвердости (Н – 50 – 192) соответствует легированному α - Fe.



1 – приповерхностный слой; 2 – характерная структур покрытия; 3 – зона с пониженной травимостью у границы покрытие-основа (Н – 50 – 266); 4 – граница покрытия; 5 – зона отпуска сохранившегося закаленного слоя; 6 – основной металл.

Рисунок 5 – Микроструктура покрытия на основе композиции № 4 ($\times 100$)

Результаты химического анализа рассмотренных покрытий на основе порошковых композиций 1, 2, 3, 4, приведены на рис 6.

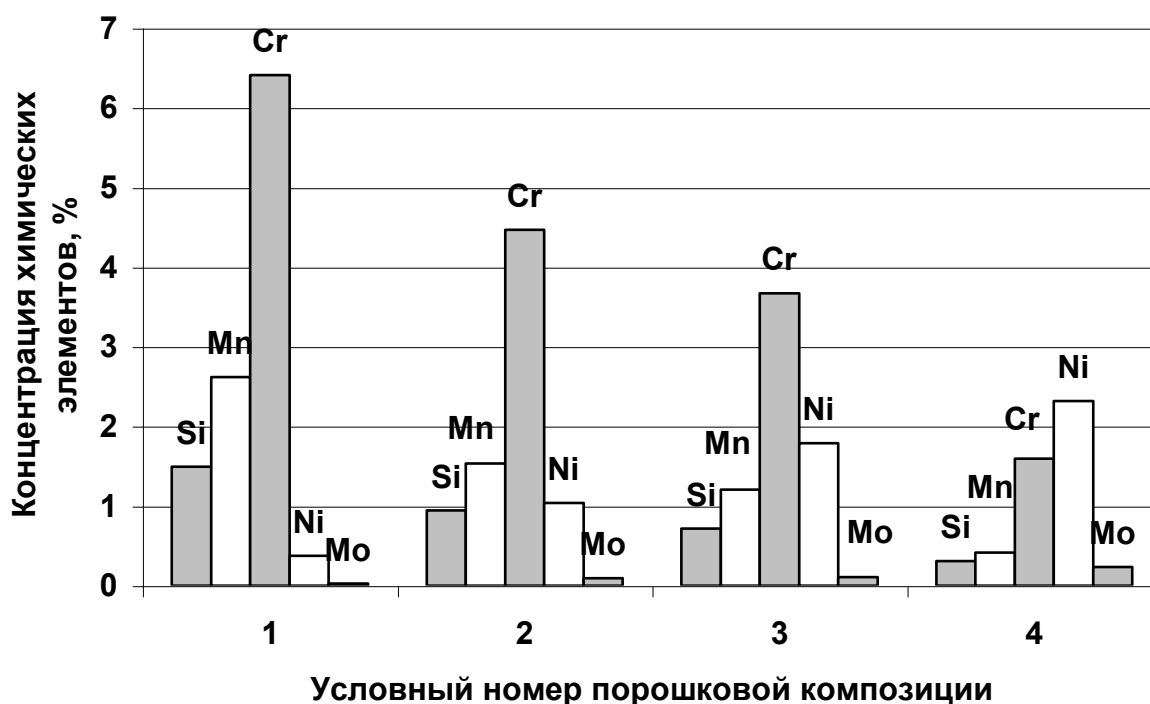


Рисунок 6 – Экспериментальные оценки средних концентраций химических элементов в покрытиях, нанесенных на шейки коленчатого вала при использовании различных порошковых композиций

Анализ структуры и твердости покрытий, нанесенных различными порошковыми композициями показал, что наиболее полное соответствие с предъявляемыми требованиями к материалу коленчатых валов обеспечивает композиция № 3 (см. табл. 2).

Фазовый состав оценивали по микродифракции экстрагированных в реплику частиц, а также при исследовании структуры методом микрорентгеноспектрального анализа.

В результате проведенных исследований была выявлена некоторая неоднородность в распределении легирующих элементов в покрытиях нанесенных различными порошковыми композициями. При сопоставлении полученных данных со средним содержанием компонентов в переходном слое установлено, что наибольшая неоднородность характерна для композиции №1 (16,7%), а меньшая (9,7%) для №3, что обеспечивает большую прочность сцепления покрытия с основой в переходном слое последней.

Поскольку при нанесении покрытий используются самофлюсующиеся порошки, то концентрация Si и Mn закономерно повышена на поверхности восстановленного слоя.

Анализом покрытия № 3 в поверхностном слое выявлена фаза, содержащая сложный силикат марганца и железа $(Fe, Mn)SiO_2$. В ней, примерно в равных количествах, содержится Mn и Fe и несколько меньше Si, а также специальные карбиды $(Cr, Fe)_{23}C_6$ и карбиды цементитного типа $(Fe, Cr)_3C$. Выявленные карбиды отличаются концентрацией хрома. Так, в карбиде цементитного типа доля хрома не превышает 13%, а в специальных карбидах - достигает 40 – 44%. Доля упрочняющей фазы в оптимальном составе покрытия достигает 6 – 8 %. Ее количество оценивали по микроструктуре ($\times 1000$) при использовании специальной компьютерной программы.

Восстановленный слой состоит преимущественно из аустенита с мелкими

включениями карбидов хрома, а также легированного α -Fe. Микротвердость в среднем составляет Н – 50 - 450.

На границе сплавления восстановленного слоя наблюдали падение концентрации легирующих элементов.

В переходной зоне на глубине 0,3мм от границы сплавления в металле основы было зафиксировано повышенное содержание кремния – 1,02% и марганца – 1,67%, а также наличие 0,44% хрома. В исходном материале шейки коленчатого вала (Сталь 45) значение концентрации этих элементов значительно ниже: кремния – 0,27%, марганца – 0,7%, а хром отсутствует. Полученные результаты характеризуют диффузионную зону, формируемую в основном металле на глубине до 0,3 мм от границы сплавления.

В карбидах цементитного типа $(Fe, Cr)_3C$ концентрация хрома не превышает 13% и доля их существенно меньшая, чем специальных карбидов (до 1 – 1,7%).

Проведенные исследования позволяют рекомендовать предложенные порошковые композиции покрытий для восстановления шеек коленчатых валов автотракторных двигателей и шипов крестовин карданных валов к широкому внедрению на ремонтных предприятиях АПК.

Список литературы

1. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой.- М. : Машиностроение, 1987. -192с.
2. Шевченко О.И., Фарбер В.М., Журавлев В.И., Давыдов В.М., Трекин Г.Е./ Взаимосвязь структуры, фазового состава и служебных - свойств рабочего слоя Н73Х16СЗРЗ валков, полученного плазменно- порошковой наплавкой. // Известия вузов: Черная металлургия .-1995. № 8. С.57-61.
3. Шевченко О.И., Фарбер В.М., Трекин Г.Е./ Влияние высокотемпературного нагрева на структуру покрытия Н73Х16СЗРЗ, полученного плазменно- порошковой наплавкой. // Известия вузов, : Черная металлургия .- 1994. №10. С.76-77.
4. Запляпин М.Ю., Шевченко О.И., Фарбер В.М. Научные основы восстановления деталей методом плазменно-порошковой наплавки. В кн. Технология ремонта машин и механизмов. Тезисы докладов. Конференция. Киев "Знание Украины" 1994.

У роботі розглято вплив параметрів режиму плазмово-порошкової обробки на вигорання хімічних елементів у відновленному шарі та основному металі. Досліджені матеріали для відновлення деталей з різним вмістом лігуючих елементів. Проаналізовані результати металографічних досліджень та зроблені висновки відносно структури відновленого шару та зміцнюючих фаз.

The parameters influence of plasma-powder treatment on burn of chemical components in restored layer and in the main part is in this article. Researched different materials for parts restoration with different content of hardened components. Analyzed results of metallographics researches and found structures of restored layer and hardening phases.

Получено 21.09.05