УДК 621.727.55:620.178.16

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПЛАЗМЕННО-
ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКОЙ**

Емелюшин Алексей Николаевич

д.т.н., профессор

Нефедьев Сергей Павлович

к.т.н., доцент

Казанков Виктор Александрович

аспирант

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

Аннотация: Повышение эксплуатационных свойств инструментальных материалов возможно при использовании традиционных способов поверхностного упрочнения - индукционной закалки, химико-термической обработки, наплавки и др. Плазменно-порошковая наплавка благодаря локальному и сверхскоростному тепловому воздействию дает возможность получить более высокие значения твердости, прочности, вязкости в сравнении с объемной обработкой или традиционными способами поверхностного упрочнения. В статье приведены результаты исследований структуры и свойств покрытий, полученных плазменной наплавкой порошком Р6М5.

Ключевые слова: Плазменная наплавка, твердость, износостойкость, структура, химический состав, режим наплавки.

**IMPROVING THE OPERATIONAL STABILITY OF TOOL MATERIALS
BY PLASMA-POWDER SURFACING**

Emelyushin Alexey Nikolaevich

Nefedev Sergey Pavlovich

Kazankov Viktor Aleksandrovich

Abstract: Improving the performance properties of tool materials is possible when using traditional methods of surface hardening-induction hardening, chemical and heat treatment, surfacing, etc. Plasma-powder surfacing due to local and ultra-

fast thermal action makes it possible to obtain higher values of hardness, strength, and viscosity in comparison with bulk processing or traditional methods of surface hardening. The article presents the results of studies of the structure and properties of coatings obtained by plasma surfacing with p6m5 powder.

Key words: Plasma welding, hardness, wear resistance, structure, chemical composition, mode of deposition rate.

Получение упрочненных модифицированных износостойких покрытий позволяет во многих случаях отказаться от изготовления деталей и инструмента из дорогих легированных сталей. Дело в том, что большинство изделий выходят из строя по причине весьма незначительного износа поверхностного слоя. С экономической точки зрения представляет интерес возможность изготовления корпуса деталей или инструмента из дешевых углеродистых конструкционных сталей с последующим нанесением на рабочие части специальных покрытий с заранее заданными свойствами.

Такая технология изготовления может быть применена, например, для различных видов режущего и штампового инструмента. Это могут быть дисковые и полосовые ножи для резки металла, обрубные штампы и т.д. [1, 2].

Покрытия могут наноситься различными способами. Известные методы упрочнения условно можно разделить на шесть основных классов упрочнения: 1 - с образованием пленки на поверхности; 2 - с изменением состава поверхностного слоя; 3 - с изменением структуры поверхностного слоя; 4 - с изменением энергетического запаса поверхностного слоя; 5 - изменением шероховатости поверхностного слоя; 6 - с изменением структур по всему объему металла.

Для получения необходимых механических свойств и износостойкости часто применяют наплавку легированными сталями, которую осуществляют различными методами: электродуговая наплавка, лазерная наплавка, наплавка неплавящимся электродом, порошковой проволокой и т.д.

Перспективным методом нанесения покрытий, в том числе порошковых, является плазменная наплавка, получившая распространение в различных отраслях техники. Эксплуатационные свойства таких покрытий зависят от физико-механических свойств порошковых материалов, температурных и газодинамических параметров плазмы.

Плазменная наплавка обеспечивает формирование качественных покрытий на углеродистых и легированных сталях [3, 4] и позволяет обеспечить снижение расхода присадочных материалов при наплавке, по сравнению с другими методами, например, электродуговой наплавкой.

Важно, что, во-первых, плазменная наплавка может обеспечивать требуемую твердость, износостойкость и физико-химические свойства покрытия уже в первом наплавленном слое, а, во-вторых, изношенное покрытие можно подвергать восстановительной наплавке не однократно.

В работе исследовали структуру и свойства покрытий, полученных плазменной наплавкой порошка стали Р6М5 на подложку из стали 45.

Качественные наплавленные покрытия получались только при повышенной силе тока наплавки – выше 120 А. При более низких значениях силы тока сцепление покрытия с основой было не достаточным.

Анализ микроструктуры показал, что формирующаяся структура напоминает структуру литой быстрорежущей стали Р6М5. Наиболее схожей со структурой литого металла является средняя часть покрытия, сформированная в условиях замедленного теплоотвода в подложку и наиболее длительного теплового воздействия плазменной струи. Эта структура показана на рисунке. В средней части наплавленного покрытия формируется дендрито-ячеистая структура основного металла. Результаты рентгеноструктурного анализа, а также, металлографические данные позволяют идентифицировать фазовый состав металла основы как аустенито-мартенситную смесь с содержанием аустенита – 35 %, а мартенсита – 65 %. Мартенсит обладает ярко выраженным игольчатым строением.

Рис. 1. Микроструктура средней части покрытия порошком Р6М5 при наплавке на токе 180 А. x1000

В междендритном пространстве находится карбидная фаза – эвтектика сетчатого строения на базе карбидов типа Me_6C и Me_{23}C_6 , а также и вторичного карбида Me_2C . Однозначная идентификация карбидной фазы затруднена ввиду наложения дифракционных линий этих карбидов. Известно [5], что в литом состоянии сплавы типа Р6М5 кристаллизуются с образованием эвтектических карбидов Me_6C , а по границам дендритных кристаллов и в их объёме возможно образование округлых карбидов типа MeC на основе ванадия.

В связи с тем, что при плазменно-порошковой наплавке кристаллизация наплавленного металла происходит в неравновесных условиях, вызванных чрезвычайно сильным переохлаждением, некоторые карбидные фазы не успевают выделиться или кристаллизуются со значительным недостатком углерода [6 - 8].

Объёмная доля эвтектической фазы, определенная металлографически составляет 15 %. Количество карбидов ванадия не превышает 0, 15 % об., а их средний размер составляет 2,22 мкм.

Сравнительные испытания износостойкости покрытия показали, что при абразивном изнашивании, проведенному по ГОСТ 23.208-79, износостойкость плазменного покрытия на основе Р6М5 на 25 % превышает абразивную износостойкость образца из закаленной стали Р6М5. В тоже время ударно-

абразивная износостойкость наплавленного покрытия, определенная по ГОСТ 23.207-79, на 20 % ниже, чем ударно-абразивная износостойкость монолитного образца, что может быть связано с наличием в наплавленном покрытии внутренних напряжений и микродефектов, ускоряющих процесс разрушения покрытия при ударном воздействии.

Выводы:

- Полученные данные показывают, что принципиально возможно применение наплавочного порошка стали Р6М5 для нанесения плазменного покрытия на углеродистые стали для изготовления деталей и инструмента, работающего в условиях абразивного изнашивания.
- Оптимальным режимом плазменно-порошковой наплавки является сила тока в 180 А.
- Ударные нагрузки при абразивном изнашивании значительно снижают эксплуатационную стойкость изделий.

Список литературы

1. Войнов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. М.: Машиностроение, 1980. 120 с.
2. Нефедьев С.П., Дёма Р.Р., Котенко Д.А. Абразивная и ударно-абразивная износостойкость твёрдых наплавленных покрытий Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallургия. 2015. Т. 15. № 1. С. 103-106.
3. Шевченко О.И. Управление структурой, составом и свойствами покрытий при плазменной наплавке. Нижний Тагил: НТИ(ф) УГТУ-УПИ, 2006. 290 с.
4. Емелюшин А.Н., Петроченко Е.В., Нефедьев С.П. Сравнение структуры и свойств литых и наплавленных износостойких материалов // Литейные процессы. 2012. № 11. С. 141-145.
5. Нефедьев С.П., Дёма Р.Р., Тютряков Н.Ш., Морозов А.Н., Харченко М.В., Белоцерковский М.А., Леванцевич М.А. Структура зоны сплавления хромомарганцевого покрытия, полученного плазменно-порошковой наплавкой // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2016. № 1. С. 68-72.

6. Емелюшин А.Н., Петrochenko E.B., Нефедьев С.П. Восстановление штоков гидроцилиндров наплавкой износостойкого хромованадиевого покрытия // Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. № 1. С. 17-20.

7. Емелюшин А.Н., Петrochenko E.B., Нефедьев С.П., Морозов 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.

8. Емелюшин А. Н., Петrochenko E. В., Нефедьев С.П. Исследование структуры и ударно-абразивной износостойкости покрытий системы Fe—C—Cr—Mn—Si, дополнительно легированных азотом // Сварочное производство. 2011. № 10. С. 18-22