

УДК 621.03

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ .

© В.Е.Архипов, Г.В.Москвитин, А.Н.Поляков
Институт машиноведения РАН, Россия, Москва

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты исследования работоспособности металлической поверхности, с нанесёнными покрытиями на основе Cr, Cr+V, включая проведение натурно – производственных испытаний режущего инструмента.

Ключевые слова: методы термической и химико – термической обработки, метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Для повышения служебных характеристик поверхности изделий могут быть использованы многочисленные методы термической и химико – термической обработки, а так же разнообразные способы нанесения покрытий. К наиболее современным, но и мало изученным способам обработки металлов относится метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)[1], который нашёл применение для решения ряда технологических задач [2,3]. Покрытия формируются на поверхности образцов и деталей за счёт прохождения автоволнового режима типа горения шихты заданного состава с выделением значительного количества тепла. Реагенты в СВС процессах используются в виде тонкодисперсных порошков, тонких плёнок, жидкостей и газов. К настоящему времени наиболее распространены два типа систем: смеси порошков (спрессованные или насыпной плотности) и гибридные системы газ-порошок или спрессованный агломерат. Инициирование реакции горения исходных компонентов шихты возможно путём подвода кратковременного теплового импульса (электрическая спираль, лазерный луч и т.д.) или нагрева в печи.

Из процессов, которые используются в промышленности для нанесения покрытий на поверхность металлических изделий или модификации подложки, метод СВС наиболее близок процессу диффузионного насыщения в «твёрдой упаковке», который проводится в термических печах общего назначения. То есть, в этих технологиях образцы или детали размещаются в шихте, которая служит основой для поставки к поверхности необходимых легирующих элементов. В зависимости от времени и температуры процесса можно получить покрытия требуемого состава с полной или частичной диффузией легирующих элементов в подложку. Однако, в методе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, за счёт подбора соответствующего состава шихты; инициирования реакции горения с выделением большого количества тепла удаётся значительно сократить время процесса, которое, как правило, не превышает одного часа с формированием поверхности достаточно высокого качества.

В настоящей работе представлены результаты исследования работоспособности металлической поверхности, с нанесёнными покрытиями на основе Cr, Cr+V, включая проведение натурно – производственных испытаний режущего инструмента.

Вышеуказанные покрытия формировались на поверхности образцов и деталей методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) за счёт прохождения автоволнового режима типа горения шихты заданного состава с выделением значительного количества тепла [2]. Метод СВС используется для разнообразных технологических целей, в том числе и для нанесения покрытий разнообразного типа [3]. Из процессов, которые

используются в промышленности для нанесения покрытий на поверхность металлических изделий или модификации подложки, метод СВС наиболее близок к диффузионному насыщению в «твёрдой упаковке», которое проводится в термических печах общего назначения [4]. То есть, при использовании этих технологий образцы или детали размещаются в шихте, которая служит основой для поставки к поверхности необходимых легирующих элементов. В зависимости от времени и температуры процесса можно получить или покрытия требуемого состава с частичной диффузией легирующих элементов в подложку, или полностью модифицированный поверхностный слой.

Целью данного исследования было изучение влияния структуры модифицированного поверхностного слоя, полученного методом СВС, а так же последующей термической обработки на износостойкость поверхности опытных образцов и сопряжённой пары в целом.

Образцы для проведения обработки – нанесения покрытий методом СВС и последующего испытания изготавливались из среднеуглеродистой стали Ст.45. Процесс СВС осуществлялся в печи в режиме воспламенения шихты при температуре - 1100-1150 °С и последующей выдержке в печи обрабатываемых образцов и изделий при температуре 950 С в течении 1 часа. В качестве основных компонентов шихты использовались порошок алюминия, оксид хрома и бор. На образцах за счёт изменения состава шихты предполагалось получить покрытия – слои из хрома и сочетания хром - бор. Образцы после обработки методом СВС охлаждались на воздухе и часть из них после нанесения покрытия прошла стандартную термическую обработку для стали Ст.45.

Структурное состояние поверхностных слоёв стали, после обработки методом СВС и СВС + закалка, определялось с помощью неразрушающего метода контроля поверхности – метода скользящего пучка рентгеновских лучей [5]. Рентгеносъёмки проводили в Со-К излучении при углах наклона образца к направлению рентгеновского луча в камере 6 и 20 град., что позволяло получить информацию о структуре поверхности на разной глубине.

Испытания образцов проводились на машине трения МТ-5 по стандартной методике при нагрузке 10 МПа в течении 7 часов со смазкой солидолом поверхности трения. Для базы сравнения использовались образцы из стали Ст.45 с термической обработкой до 50-54 HRC, а в качестве контртел использовалась сталь ШХ15 с термической обработкой до 60-62 HRC.

Усреднённые результаты испытания на износостойкость пар трения приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№ ПП	Материал и тип обработки	Интенсивность изнашивания, x10	
		Образец	Контртело
1	Сталь 45 + СВС (Cr)	0,443	5,967
2	Сталь 45 + СВС (Cr) + Т.О.	0,267	0,133
4	Сталь 45 + СВС (Cr + В)	0,591	5,730
5	Сталь 45 + СВС (Cr+В) + Т.О.	6,247	91,258
6	Сталь 45 + Т.О.	23,337	1,802

Рентгеноструктурный анализ показывает наличие в поверхностном слое линий Fe и карбидов хрома Cr₂₃C₆ и Cr₇C₃. При этом, по размытости интерференционных линий можно судить о том, что карбидная фаза Cr₂₃C₃ меньше по размеру, чем соединение Cr₇C₃. По видимому, наличие в поверхностном слое – покрытия карбидов хрома способствует повышению износостойкости образцов из стали Ст.45.

Последующая термическая обработка образцов с нанесёнными покрытиями из хрома не только ещё в большей степени снижает износ по сравнению с базовыми образцами из стали Ст45, но и повышает работоспособность пары в целом за счёт снижения износа контртел из стали ШХ15 (табл.1).

В качестве дополнительного сравнительного анализа возможностей инструмента, подвергнутого обработке методом СВС, при испытаниях промышленной партии деталей были так же использованы зенкера из быстрорежущей стали Р6М5.

Натурные – производственные испытания проводились при обработке промышленной партии деталей из алюминиевых сплавов в производственных условиях. Контроль за поставкой зенкеров и количеством обработанных деталей до первой перезаточки инструмента осуществлялся специалистами предприятия. Основные результаты работы и испытания инструмента приведены в таблице 2. Дополнительная механическая обработка кромок режущего инструмента после обработки методом СВС и последующей термической обработки не проводилась.

Таблица 2.

№ п/п	Материал и вид обработки	Количество деталей, шт.
1	У8 + Т.О.*	2000
2	У8 + СВС (Cr)	350
3	У8 + СВС (Cr) + Т.О.	5000
4	У8 + СВС (Cr+V)	400
5	У8 + СВС (Cr + V) + Т.О.	15500
6	У8 = СВС (Cr + V) + Т.О.*	380
7	Р6М5 (стандартная Т.О.)	8000

Примечание:
1. знак * - означает проведение для инструмента с покрытием системы (Cr + V) стандартной термической обработки для сталей У8;
2. отсутствие знака * - означает проведение для инструмента с покрытием системы (Cr и Cr + V) термической обработки по другим режимам

Как видно из результатов производственных испытаний режущего инструмента, обработанного методом СВС, зенкера с покрытием на основе хрома показали увеличение работоспособности инструментов более, чем в два раза по отношению к стандартным.

Инструменты с покрытием на основе системы (Cr + V) и последующей термической обработкой с сокращённым временем выдержки в печи показали повышение работоспособности более, чем в 6 раз по сравнению с зенкерами из стали У8, обработанной по стандартной схеме – закалка + отпуск. Получение такого результата возможно связано с наличием боридов хрома в поверхностном слое и отсутствием значительного термического воздействия на нанесённые покрытия за счёт сокращения времени выдержки в печи под закалку. Следует отметить, что зенкера, с покрытием на той же основе – (Cr + V), но подвергнутые стандартной для стали У8 термической обработке, показали самые худшие результаты – 380 деталей до первой перезаточки.

Обработка инструмента из стали У8 методом СВС (Cr + V), позволила довести их стойкость до уровня почти в два раза превышающую стойкость инструмента из высоколегированной стали Р6М5.

Выводы:

1. Обработка стали Ст.45 методом СВС за счёт изменения состава шихты позволяет получить поверхностный слой составов:

а) мелкодисперсные фазы – Fe и карбида состава $Cr_{23}C_6$ и крупнозернистого карбида состава Cr_7C_6 ,

б) мелкодисперсные фазы - Fe и боридов состава FeB и крупнозернистую фазу состава Cr_2B .

2. Последующая термическая обработка – стандартная для стали Ст. 45 образцов, с нанесёнными покрытиями, не оказывает значительное влияние на фазовый состав нанесённого покрытия.

3. Нанесение покрытий методом СВС на сталь Ст.45 на основе хрома значительно повышает износостойкость поверхности и сопряжённой пары в целом.

4. Разработка технологий повышения стойкости инструмента из стали У8 и других инструментальных сталей методом СВС может оказаться достаточно перспективным направлением, так как позволяет повысить работоспособность инструмента до первой перезаточки в 6-8 раз.

5. Для повышения долговечности инструмента из стали У8, они после обработки методом СВС с нанесением покрытия на основе Cr + В должны проходить закалку не по стандартным режимам для этой стали, а с существенным сокращением времени выдержки в печи под закалку.

Литература.

1. Архипов В.Е., Куксенова Л.И., Москвитин Г.В., Поляков А.Н. Покрытия на основе хрома и бора, полученные методом СВС, Упрочняющие технологии и покрытия. 2008, № 4, стр.28-32.
2. Левашов Е.А., Рогачёв А.С., Юхвин В.И. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. М.: Бинум, 1999, 176 с.
3. Евтушенко А.Т., Пазарэ С., Торбунов С.С. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез инструментальной стали. МиТОМ; 2007, №4, с.43-46
4. Г.В. Земсков, Р. Л. Коган. Многокомпонентное диффузионное насыщение металлов и сплавов. М. Металлургия, 1978, 305 стр.
5. Рыбакова Л. М., Куксёнова Л.И., Босов С.В. Рентгенографический метод исследования структурных изменений в тонком поверхностном слое металла при трении, Заводская лаборатория. 1973, №3, стр. 293-296.

Поступила: 24.05.10.