

1973. 3. Щербединский Г.В., Исаков М.Г., Трубчиков В.В. Одновременное насыщение или выгорание двух элементов в трехкомпонентном сплаве при конечной скорости массопереноса на поверхности. - В сб.: Защитные покрытия на металлах, вып. 7. Киев, 1973. 4. Самсонов Г.В., Жунковский Г.Л. Некоторые закономерности начальной стадии реакционной диффузии. - В сб.: Защитные покрытия на металлах, вып. 7. Киев, 1973. 5. Ляхович Л.С., Ворошнин Л.Г., Хусид Б.М. Исследование процессов диффузионного массопереноса в многокомпонентных растворах. - "Изв. АН БССР, сер. физ. -энерг. наук", 1976, № 4.

УДК 621.785.51.062.5

Б.С.Кухарев, канд.техн.наук,  
Л.Г.Ворошнин, докт.техн.наук,  
Ф.И.Пантелеенко, канд.техн.наук

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАРБИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭФФЕКТА ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ

Практический и теоретический интерес представляет изучение особенностей формирования защитных покрытий с использованием эффекта жидкометаллической фазы (ж.м.ф.), когда последняя образуется в зоне термодиффузионного покрытия и выполняет только интенсифицирующее действие (компоненты ж.м.ф. в состав покрытия не входят). В этом случае возможно получение защитного покрытия строго заданной структуры, фазового состава требуемых свойств.

Данный вариант химико-термической обработки с реализацией указанного эффекта ж.м.ф. может быть осуществлен при проведении диффузионного упрочнения в две стадии. Первая стадия заключается в создании на обрабатываемой поверхности многофазной диффузионной подложки, характеризующейся различной температурой плавления ее структурных составляющих. Вторая стадия - получение требуемого защитного покрытия. При этом необходимо выполнить следующие основные указания.

1. Зарождение ж.м.ф. должно происходить во всей толщине металлической подложки, но без образования сплошного слоя.

2. Температура второй стадии диффузионного упрочнения должна быть выше температуры плавления металлической подложки.

3. При температурах второй стадии ж.м.ф. должна удаляться из зоны формирующегося защитного покрытия, активируя упрочняемую поверхность.

Принимая во внимание широкую область применения защитных покрытий карбидного типа, и в частности на основе хрома нами исследовались некоторые особенности их формирования на предварительно металлизированных Fe-C сплавах.

В качестве металлической подложки был выбран диффузионный цинковый слой. Хромирование осуществлялось в порошковой смеси состава: 38%  $Al_2O_3$  + 18% Al + 42%  $Cr_2O_3$  + 2%  $H_4Si$  при температурах 850–1050°C в течение 1–8 ч.

Нагрев предварительно металлизированных образцов до температур хромирования приводит в начальный момент к образованию в поверхностной зоне ж.м.ф. на основе цинка в результате протекания в подложке реакций перитектического типа. Однако необходимо иметь в виду, что температурная область стабильного существования ж.м.ф. находится в интервале 500–700°C. Превышение температуры верхнего предела (700°C) приводит к возрастанию скорости испарения цинка, и, естественно, быстрому исчезновению ж.м.ф. Чем выше температура, тем более интенсивно протекает этот процесс.

В конечном итоге степень проявления эффекта ж.м.ф. будет определяться скоростью протекания процессов фазовых превращений в металлической подложке, определяющей характер распределения, количество, состав и длительность существования ж.м.ф. В свою очередь характер структуроизменения в цинковой подложке связан как с ее исходной структурой, так и со скоростью трансформации металлической подложки при нагреве предварительно металлизированного изделия до температур второй стадии упрочнения (850–1050°C).

Установлено, что при нагреве в температурном интервале со скоростью, превышающей 90 – 120 град/мин, на упрочняемой поверхности образуется сплошной слой ж.м.ф. Это обусловлено практически одновременным оплавлением структурных составляющих Zn-слоя. В этом случае интенсифицирующее действие ж.м.ф. незначительно.

С целью исключения оплавления цинковой подложки в процессе диффузионного хромирования дополнительно вводилась операция изотермической выдержки, осуществляемая в активной хромирующей среде при температурах 500–700°C, т.е. температурах протекания перитектических реакций в цинковой подложке, в течение 1–3 ч.

Проведенные исследования позволили выявить два процесса, протекающих на этом этапе химико-термической обработки:

1. Образование ж.м.ф. и обогащение поверхностных зон изделия хромом.

2. Активация упрочняемой поверхности, обеспечиваемая частичным испарением ж.м.ф. и, как следствие, формированием системы микрокапилляров в предварительно нанесенной металлической подложке.

Изучение кинетики формирования диффузионных карбидных слоев показало, что толщина защитного покрытия увеличивается в 2–11 раз по сравнению со слоями на контрольных (неоцинкованных) образцах и, главным образом, определяется толщиной и структурным состоянием металлической подложки при температурах хромирования.

Варьирование температурно-временными параметрами изотермической выдержки так же, как и параметрами процесса получения защитного покрытия (хромирования), приводит к ощутимым изменениям в соотношении структурных составляющих карбидного слоя и в меньшей степени влияет на его толщину. Структура получаемого покрытия при этом может состоять преимущественно из карбидов хрома (98%) и  $\alpha$ -твердого раствора (2%), либо из  $\alpha$ -твердого раствора и включений карбидов (20%).

Количество карбидной составляющей в хромированном слое максимально в его середине и плавно уменьшается к поверхности и сердцевине стали. Такое строение слоя обеспечивает меньшую его хрупкость, лучшую прирабатываемость, чем в случае полученного традиционным путем хромированного слоя.

Увеличение температуры и продолжительности высокотемпературной стадии процесса хромирования способствует получению диффузионного слоя с повышенным содержанием карбидной составляющей.

Характер распределения  $Zn$  в карбидном слое независимо от структуры подложки практически остается неизменным: минимальное его содержание (0,2% – 2%) в поверхностных участках и максимальное (6–8%) – на границе слой-сердцевина.

При повышении содержания углерода в стали содержание цинка в  $\alpha$ -твердом растворе возрастает. Это объясняется влиянием диффундирующего углерода из матрицы и формирующегося карбидного слоя на термодинамическую активность цинка.

Возможность изменения соотношения структурных составляющих описанных карбидных слоев и их большая толщина (80 –

100 мкм) позволяют повышать износостойкость защитного покрытия до двух раз по сравнению с износостойкостью аналогичного карбидного слоя, но полученного по традиционной технологии химико-термической обработки. Преимущества хромовых карбидных слоев, формирующихся на предварительно металлизированных изделиях, наиболее сильно проявляются по мере ужесточения условий износных испытаний. При этом показатели жаро- и коррозионной стойкости данных защитных слоев не ниже тех же показателей стойкости хромовых карбидных покрытий, но полученных на неметаллизированных образцах.

УДК 621.785.52

М.С. Краснер, Э.П. Пучков, канд. техн. наук

### ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НИТРОЦЕМЕНТОВАННЫХ СТАЛЕЙ 5Х3В3МФС И 4Х5МФС

В работе исследовали влияние температуры нагрева под закалку и режима отпуска на свойства нитроцементированного слоя сталей 5Х3В3МФС и 4Х5МФС. Нитроцементацию сталей проводили в атмосфере, содержащей 18-19% аммиака и 81 - 82% природного газа. Температура насыщения 980-1000<sup>o</sup>С.

При нитроцементации стали 5Х3В3МФС по режиму, обеспечивающему поверхностную концентрацию углерода  $1,0 \pm 0,25\%$ , максимальная твердость поверхности (Н РС 67-68) достигается при закалке с температур 880-950<sup>o</sup>С. При повышении температуры нагрева снижение твердости вызвано увеличением количества остаточного аустенита в структуре закаленного слоя, а при понижении температуры нагрева - уменьшением концентрации углерода в мартенсите.

При нитроцементации стали 5Х3В3МФС по режиму, обеспечивающему более высокую концентрацию углерода в диффузионном слое ( $1,7 \pm 0,25\%$ ), зависимость поверхностной твердости от температуры нагрева под закалку имеет иной вид. В этом случае уменьшение температуры нагрева под закалку даже до 820<sup>o</sup>С не приводит к понижению поверхностной твердости. Объясняется это тем, что высокое содержание углерода в диффузионном слое обеспечивает необходимую его концентрацию в твердом растворе при пониженных температурах нагрева под закалку. Кроме того, наличие в поверхностном слое большого количества карбидов также повышает его твер-