

Влияние рабочей газовой среды на изменение элементного состава формируемого покрытия

*Л.М. Петров, *К.В. Григорович, В.В. Зеленков, *Г.С. Спрыгин, А.Н. Смирнова, В.Д. Семенов,
Я.Я. Химюк, Д.М. Дормидонтов

*ОАО «Национальный институт авиационных технологий», Россия, г. Москва Петровка,
д.24, e-mail: info@niat.ru*

**ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской
академии наук, Россия, 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д.49,
e-mail: grigorovichkv@gmail.com*

Рассмотрено влияние рабочей газовой среды на процесс осаждения металлической плазмы Си. Показано, что интенсивность осаждения элементов покрытия и изменения элементного состава обрабатываемого поверхностного слоя стали 12Х18Н10Т зависит, как от рабочей среды, так и от градиента концентраций осаждаемого покрытия.

The influence of the gaseous medium on the change in elemental composition of the generated coating. L.M. Petrov, K.V. Grigorovich, V.V. Zelenkov, G.S. Sprygin, V.D. Semionov, A.N. Smirnova, Ya.Ya. Khimyuk, D.M. Dormidontov. The influence of the operation gaseous medium on the deposition process of Cu metal plasma is considered. It is demonstrated that both deposition intensity of the coating components and change in 12H18N10T steel surface layer under treatment depend on the operation medium as well as on the density gradient of the deposited coating.

В процессах ВИП обработки формирование покрытий и модифицированных диффузионных слоев связано с технологическим воздействием плазменных потоков на обрабатываемую поверхность. Потоки плазмы, взаимодействуя с поверхностью, формируют этапы технологических процессов и свойственную этим этапам структуру [1,2]. Эффективность осуществления этапов ВИП обработки, а также качество диффузионных процессов, осуществляемых на этих этапах можно оценить по изменению элементного химического состава, формируемого поверхностного слоя композита «металл-покрытие». Этот параметр оценивает эффективность осуществления технологических этапов, качество формируемых покрытий и диффузионных модифицированных поверхностных слоев.

В данной работе, эффективность технологических воздействий плазменных потоков оценивалась по количественному изменению массы осаждаемой из плазменного потока Си, а так же по изменению элементного химического состава самой обрабатываемой поверхности. Количественное сравнение осаждаемой массы Си на подложку из стали 12Х18Н10Т (150 x 33 x 2 мм) и формирование диффузионных зон элементами подложки и покрытия осуществлялось при постоянных технологических параметрах: ток дуги $I_d=70A$, давление аргона в вакуумной камере $p = 1,3 \cdot 10^{-1}$ Па и давление остаточных газов $p = 1,3 \cdot 10^{-3}$ Па. Время осаждения составило 15 мин. Ускоряющее напряжение $U_{оп}$ при этом варьировалось от 0В до -100В.

Начало процесса взаимодействия потока металлической плазмы с обрабатываемой поверхностью связано с её разогревом ($350^{\circ}C$), очисткой и последующим осаждением элемента плазменного потока. Наличие температуры и первичной энергии ионов плазменного потока при осаждении покрытия способствует началу процессов взаимной диффузии элементов покрытия и подложки.

Взаимная диффузия элементов обрабатываемой подложки и элементов плазменного потока зависит от многих факторов, в том числе и от интенсивности осаждения, определяемой количественным изменением массы осаждаемого элемента плазменного потока, рис.1-9. Постоянство параметров тока дуги предполагает создание одинаковых первичных условий для формирования плотности плазменного потока; изменяющиеся параметры ускоряющего напряжения и рабочая среда в вакуумной камере могут влиять на количественный характер изменения элементного состава формируемого поверхностного слоя.

Генерируемый электродуговыми испарителями металлический плазменный поток Си транспортируясь в рабочем объеме вакуумной камеры к подложке осаждается на

обрабатываемую поверхность ($U_{оп} = 0В$), формируя покрытие. Изменяющаяся плотность плазменного потока в объеме вакуумной камеры, влияет на изменение концентрации осаждаемого элемента покрытия (Cu), рис.1.

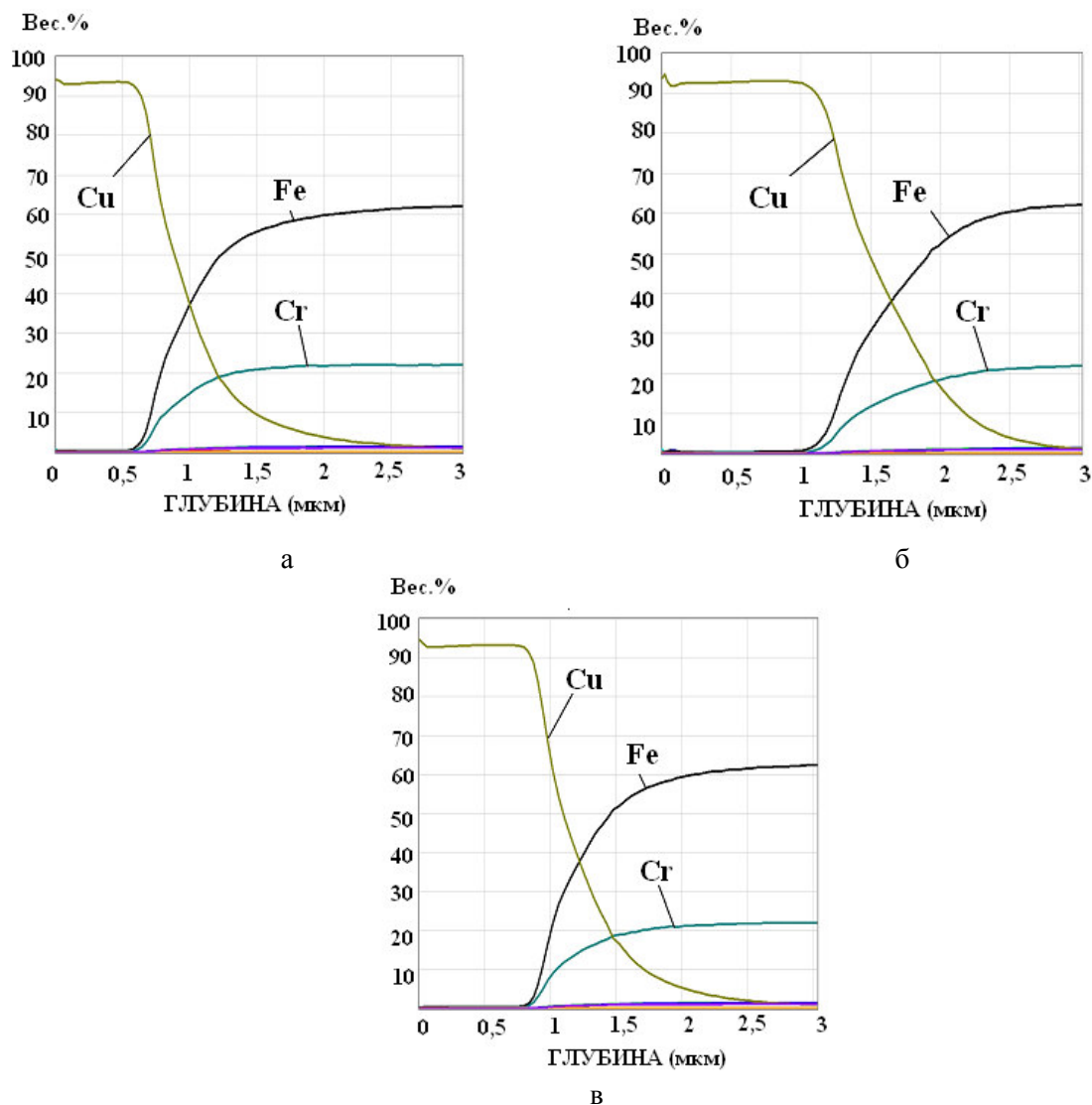


Рис.1. Количественное изменение элементного состава осаждаемого Cu покрытия на подложку из стали 12Х18Н10Т в зависимости от газовой среды (вакуум) и величины ускоряющего напряжения ($U_{оп.} = 0В$) и размещенной: а) на 100 мм выше оси катода; б) по оси катода; в) ниже оси катода на 100 мм.

Причем, по длине исследуемых образцов (150 мм), растет неоднородность по концентрации осаждаемых элементов плазмы, выделяя условно три зоны: верхнюю, среднюю и нижнюю.

Воздействие элементов плазменного потока с первичной энергией при $U_{оп} = 0В$ на обрабатываемую поверхность способствует их взаимодействию с ней и формированию как процессов осаждению покрытия, так и процессов взаимной диффузии осаждаемых элементов и элементов подложки.

Диапазон толщины формируемого покрытия, в этом случае, составил от 1 - 1,7 мкм, а переходная зона взаимной диффузии составила 1,7-2 мкм. Увеличение энергии плазменного потока путем подачи ускоряющего потенциала на подложку ($U_{оп.} = -100В$), при сохранении токовых характеристик испарителя, привело к существенному уменьшению концентрации осаждаемого покрытия на подложке (рис.2).

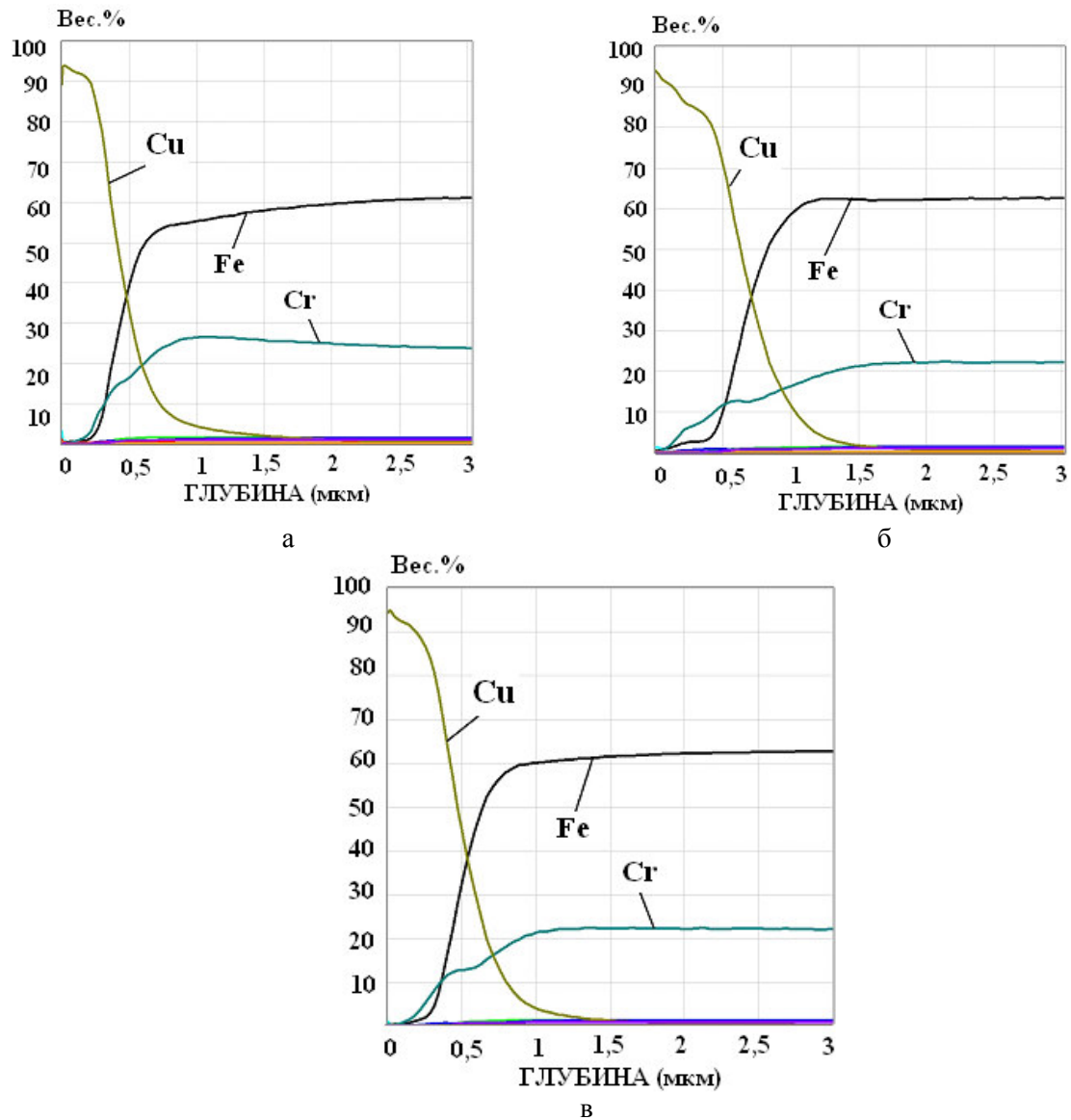


Рис.2. Количественное изменение элементного состава осаждаемого Cu покрытия на подложку из стали 12X18H10Tв зависимости от газовой среды (вакуум) и величины ускоряющего напряжения ($U_{оп.} = -100В$) и размещенной: а) на 100 мм выше оси катода; б) по оси катода; в) на 100 мм ниже оси катода.

Такая концентрационная зависимость процесса осаждения покрытия от величины ускоряющего напряжения связана с тем, что ускоряющее напряжение изменяет первичную энергию плазменного потока и при этом происходит процесс распыления покрытия. Толщина покрытия, в этом случае, составила 0,5-0,7 мкм, размер переходной диффузионной зоны составил 1,2-1,7 мкм.

Изменение вакуумной среды рабочего объема камеры на аргон, при сохранении всех остальных параметров технологического процесса, способствовало большему уменьшению концентрации осаждаемого покрытия на подложке (рис.3). Толщина осаждаемого покрытия составила 0.1 мкм, а переходная зона взаимной диффузии 1 мкм.

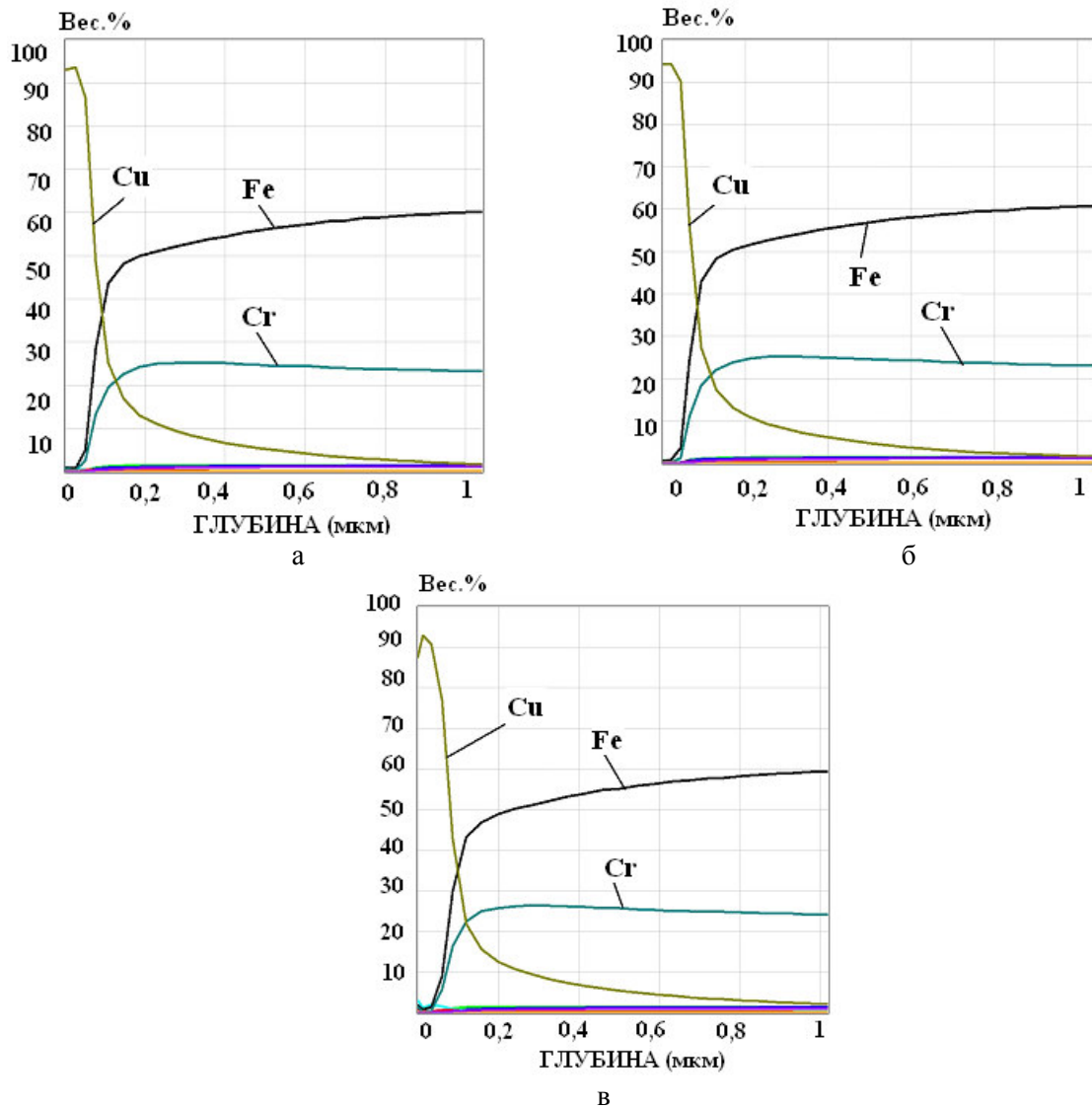


Рис. 3. Количественное изменение элементного состава осаждаемого Cu покрытия на подложку из стали 12Х18Н10Тв зависимости от газовой среды (аргон) и величины ускоряющего напряжения ($U_{оп.} = -100В$) и размещенной: а) на 100 мм выше оси катода; б) по оси катода; в) на 100 мм ниже оси катода.

Таким образом, оценка эффективности технологических воздействий плазменных потоков на обрабатываемую поверхность по изменению концентрации осаждаемых элементов плазменного потока и изменению элементного химического состава обрабатываемой поверхности является объективным критерием обеспечивающим качество формируемых покрытий и диффузионной переходной зоны, что является одним из важнейших факторов, влияющих на получение функциональных и эксплуатационных свойств.

Литература

1. Plikhunov V. V., Petrov L. M. Change of energy state in the surface layer at the stages of vacuum ion-plasma treatment process Volume 729 Number 1 2016 (Electronic journal) 23rd International Conference on Vacuum Technique and Technology 7–9 June 2016, St. Petersburg, Russia.
2. Plikhunov V V, Petrov L M, Grigorovich K V The role of current characteristics of the arc evaporator in formation of the surface metal-coating composite. Journal of Physics: Conference Series, Volume 729, Number 1 (Electronic journal).