

Выбор состава двухкомпонентных катодов вакуумных электродуговых источников плазмы

Иванов И.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из путей расширения технологических возможностей вакуумного электродугового способа нанесения функциональных покрытий является использование, в качестве водоохлаждаемого расходуемого электрода, различных сплавов. Важным вопросом при использовании сплавов (металл₁- металл₂, металл- неметалл) в качестве расходуемого охлаждаемого катода-мишени вакуумных электродуговых источников высоко ионизированной низкотемпературной плазмы является степень соответствия соотношения компонентов в катоде и в осаждаемом покрытии. Кроме этого, как показывает производственный опыт, применение сплавных катодов, даже при их хорошей электропроводности, не всегда возможно. В ряде случаев при эрозионном испарении формируется вермикулярная развитая поверхность электрода (например, сплавы цирконий – церий), что не позволяет обеспечить устойчивое горение вакуумной дуги. Как показывает анализ литературных источников, структура поверхностных слоев материала катода (толщина его может достигать до 1 мм) значительно отличается от структуры исходных сплавов. Это связано с плавлением материала катода в очень небольшом объеме под катодным пятном с последующим очень быстрым охлаждением расплавленного участка. В условиях очень низкой теплопроводности материала катода и значительных различий в величинах коэффициентов линейного термического расширения сплава и формируемого под действием катодного пятна вакуумной дуги поверхностного слоя, последний может отслаиваться, что также препятствует устойчивому «горению» вакуумной дуги.

Цель данной работы – исследование структуры поверхности двухкомпонентного материала (на примере эвтектических сплавов титан- кремний), формирующегося под действием дугового разряда.

Использовался торцевой холловский плазменный источник, в котором функцию анода выполняют стенки вакуумной камеры, при напряжении на разрядном промежутке 24 В и токах разряда от 45 до 75 А. В качестве катода использовали эвтектические сплавы титана с кремнием (с эвтектикой 86 ат% и 13,7 ат% кремния).

Не смотря на различие в структуре доэвтектических и заэвтектических сплавов, после разряда структура поверхностных слоев, подвергшихся воздействию вакуумной дуги, отличается от структуры исходного сплава. За счет того, что скорость движения фронта эрозии меньше скорости фронта тепловой волны, этот поверхностный слой с мелкодисперсной структурой формировался на поверхности всех исследованных сплавов. Таким образом, в случае сплавов системы титан-кремний, дуговой разряд «горит» не на исходном сплаве, а на данном поверхностном слое с мелкодисперсной структурой. Фактографические исследования показывают, что данный поверхностный слой состоит из нескольких подслоев. Наиболее вероятно это связано с повторным проплавлением поверхности под катодным пятном. Каких-либо изменений концентрации компонентов по сечению слоя не наблюдается. Например, элементный состав доэвтектического сплава (80 ат% кремния) до и после воздействия вакуумной дуги не меняется. Это говорит об отсутствии преимущественного испарения какого-либо из элементов в катодном пятне вакуумной дуги. Размер фаз-включений в поверхностном слое меньше радиуса катодного пятна. В этом случае вакуумная дуга «горит» на поверхности с осредненными параметрами. Таким образом, условием равномерной эрозии сплава является возможность образования на эродирующей поверхности катода слоя с мелкозернистой структурой. Например, для указанного сплава размер включений большей части (до 96 %) составляет менее $1,5 \times 10^{-8}$ м.

Таким образом, не смотря на структурные изменения в сплавах под действием катодного пятна вакуумной дуги, преимущественного испарения одной из компонент не наблюдается.