

УПРОЧНЯЮЩИЕ ДИСКРЕТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ГЛОБУЛЯРНОГО ТИПА

Ляшенко Б.А.², Подчерняева И.А.¹, Корбут Е.В.³, Юречко Д.В.¹

⁽¹⁾ИПМ им. И.Н.Францевича НАНУ

⁽²⁾ИПП им. Г.С.Писаренко НАНУ, 01014, г.Киев, ул. Тимирязевская, 2, coating@ipp.kiev.ua

⁽³⁾НТУУ Киевский политехнический институт

Применение композиционных электродных материалов для электроискрового легирования (ЭИЛ) открывает новые возможности в технологии покрытий. Многофункциональный легирующий электрод обеспечивает структурообразующую технологию за счет выбора его составляющих. Наиболее активное взаимодействие продуктов электроэрозии электрода с материалом подложки имеет место в микрощелле расплава на обрабатываемой поверхности. Поэтому ведущая роль в формировании ЭИЛ-покрытия принадлежит смачиванию продуктов электроэрозии электрода материалом подложки. В работе реализовано избирательное вовлечение продуктов электроэрозии в микрощелле расплава за счет различия контактных углов смачивания компонентов электрода.

Селективность смачивания продуктов электроэрозии исследована при ЭИЛ-покрытии алюминиевого сплава АЛ9 электродом состава $AlN-ZrB_2-ZrSi_2$ (ЦБСАН). При этом формируется слой с измененным составом и структурой толщины ≤ 10 мкм. На поверхности этого слоя образуются глобулы полусферической формы (в виде «бугров») высотой $h \approx 80 \dots 100$ мкм и диаметром $D = 500 \dots 600$ мкм. Площадь, занимаемая глобулами, составляет $\approx 60 \dots 70\%$.

Микротвердость глобулы составляет ≈ 8 ГПа. Этим обеспечивается повышение до 3 крат износостойкости покрытия. Результаты РФА и МРСА показывают, что глобула обогащена диборидом Zr и боросилицидом Zr. Обогащение кислородом межглобульного пространства указывает на повышенное содержание в нем Al-содержащих фаз системы Al-O-N-B.

Отличие микроструктуры глобулы и межглобульного пространства свидетельствует о том, что глобула формируется в результате жидкофазного спекания продуктов электроэрозии легирующего электрода, тогда как межглобульное пространство – в результате кристаллизации из расплава

алюминиевого сплава, сопровождающийся модифицированием поверхности легирующими компонентами с образованием композиционного материала на основе Al-содержащей матрицы.

Для объяснения высокой износостойкости методом конечных элементов исследовано напряженно-деформированное состояние (НДС) глобул при различных видах нагружения: сосредоточенной контактной нагрузкой, при деформации основы внешними силами, под действием остаточных и термических напряжений. Результаты моделирования показывают, что при контактных нагрузках дискретная глобулярная структура существенно разгружает покрытие. Наиболее важный эффект дискретной структуры заключается во многократном снижении растягивающих напряжений, что в свою очередь позволяет снижать хрупкость сверхтвердых высокомодульных покрытий. Критерий прочности Писаренко-Лебедева как меру хрупкости использует отношение пределов прочности при растяжении и сжатии. Для таких материалов покрытия, как TiB_2 , ZrB_2 , TiC , TiN , Al_2O_3 , это отношение составляет 3...8%.

Расчеты НДС показывают, что снижается более, чем в три раза, величина растягивающих напряжений в опасном сечении вблизи плоскости адгезионного контакта. В этой зоне напряжения изменяют знак и из растягивающих переходят в сжимающие. Особенность глобул при нагружении – однородное НДС без опасных концентраторов напряжений. Глобула может быть отнесена к типу элементов равного сопротивления.

Таким образом разработана композиционных электродных материалов для поверхностного упрочнения методом ЭИЛ может реализовать эффект селективного смачивания в искровом разряде. Этот эффект позволяет получить покрытие дискретной глобулярной структуры повышенной адгезионной и когезионной прочности.