

НАНЕСЕНИЕ АМОРФНЫХ ИЗНОСОЖАРОСТОЙКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Мигель А.Н., студент; Кочетов А.Н., к.т.н.

(Донской государственной технической университет, г.Ростов-на-Дону, Россия)

Проблема получения нанокристаллических структур в виде поверхностных пленок и увеличение ресурса работы изделий машиностроения и формообразующего инструмента неотъемлемо связаны между собой. Среди всего многообразия новейших высокоэффективных технологических процессов особое место занимает метод электроакустического напыления (ЭЛАН). Данный метод является инновационным, позволяет формировать нанокристаллические защитные плёнки на любых токопроводящих подложках. В основе этой технологии лежит использование комплексной энергии электрической искры и мощного продольно-крутильного ультразвукового поля.

Целью работы является оптимизация процесса получения нанокристаллических защитных поверхностных пленок на основе массопереноса материала электрода и последующего формирования структур с прогнозируемыми физико-механическими свойствами методом электроакустического напыления. Для достижения выше указанной цели разработана физическая модель процесса нанесения тонких износостойких защитных нанокристаллических пленок методом электроакустического напыления, проведен широкий спектр исследований, которые потребовали использования специально разработанных для этих целей установок. Установка электроакустического напыления тонких нанокристаллических пленок и износостойких защитных покрытий схематически представлена на рис.1.

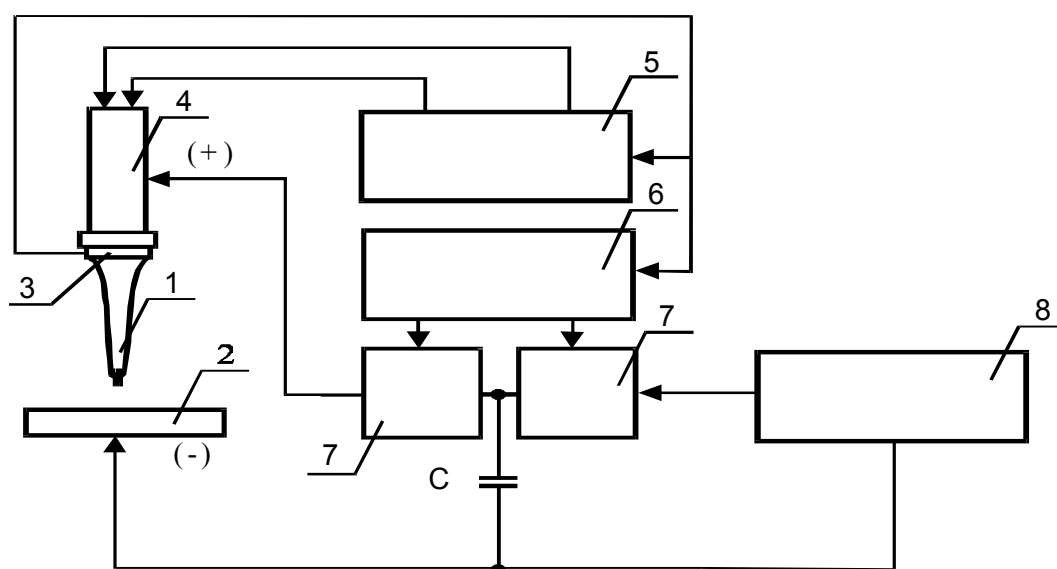


Рисунок 1 - Структурная схема установки электроакустического напыления:

1- волновод с закрепленным на его конце электродом; 2- упрочняемая деталь; 3- датчик обратной связи; 4- акустическая система; 5- ультразвуковой генератор; 6- система управления; 7- электронный ключ; 8- источник питания; С- накопитель энергии.

Физическая модель процесса нанесения тонких пленок и упрочнения изделий машиностроения и формообразующего инструмента изображена на рисунке 2.

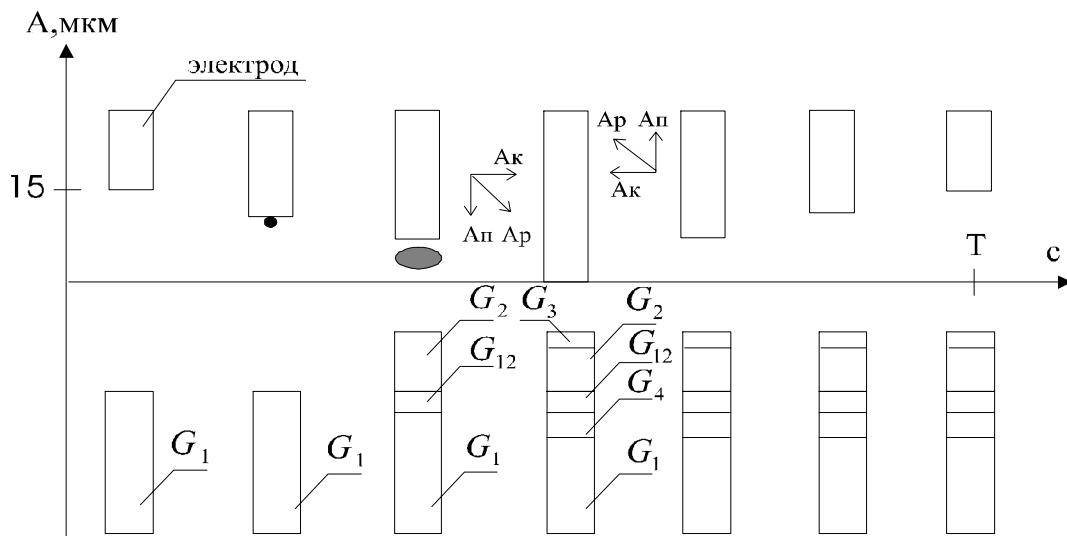


Рисунок 2 – Физическая модель электроакустического напыления:

$G_1, G_{12}, G_2, G_3, G_4$ – соответствующие модули сдвига; \bar{A}_n – вектор амплитуды продольных колебаний; \bar{A}_k – вектор амплитуды крутильных колебаний; \bar{A}_p – результирующий вектор колебаний.

Сначала подается высокочастотный сигнал с ультразвукового генератора на магнитострикционный преобразователь, который совершает колебания с частотой подаваемого сигнала. Волновод, совершающий продольно-крутильные колебания, прикреплен к концентратору колебательной скорости. Система управления опрашивает датчик обратной связи так, чтобы на электрод, совершающий продольно-крутильные колебания, был подан разрядный импульс на определенном расстоянии от поверхности упрочняемого образца. В момент подачи разрядного импульса поверхность электрода разогревается приблизительно до 5000°C , при этом в пространстве между электродом и поверхностью упрочняемой детали образуется мельчайшая «капелька» вещества электрода, находящегося в квазижидкой фазе.

На «капельку» действует электрическое поле, которое заставляет двигаться ее по направлению к катоду. При этом в момент ее отрыва от электрода, активная площадь взаимодействия ее с окружающей средой равна S_0 . В связи с тем, что электрод совершает продольно-крутильные колебания с ультразвуковой частотой, «капелька» расплывается на еще более мелкие, тем самым, увеличивая активную площадь (S_0) взаимодействия материала электрода с окружающей средой. При этом из окружающей среды в реакцию вступают такие элементы как азот, углерод и т.д. Искровой процесс при электроакустическом напылении очень сложен и зависит от многих факторов, таких как: атмосферное давление, температура окружающей среды, запыленность помещения, материалов и площади электродов.

В течение полупериода происходит перенос вещества электрода на подложку, т.е. на поверхность упрочняемой детали. В химическом составе напыленного слоя мы имеем большое количество карбидов, нитридов, карбонитридов и т.д. За счет диспергирующего воздействия ультразвука в поверхностном слое образуются

интерметаллиды, т.е. вещества со сверх свойствами, получение которых в обычных условиях затруднено.

На следующем этапе процесса электроакустического напыления происходит удар электрода о поверхность детали. В связи с тем, что электрод совершает продольно-крутильные колебания наносимый удар можно классифицировать как удар со сдвигом, вызывающий при этом высокочастотную микропластическую деформацию, как поверхности напыленного слоя, так и подложки.

По истечении следующего полупериода происходит отход электрода от поверхности детали. Произведем объединение слоев в соответствии с их физико-механическими свойствами. Исходя из вышеизложенного, мы предполагаем, что процесс упрочнения электроакустическим напылением детали происходит на барьерном уровне. Первый барьер, препятствующий выходу дислокаций на поверхность, будет образован слоями G_4 и G_{12} , второй барьер слоями G_3 и G_2 .

Исследование фазового состава слоев, полученных методом ЭЛАН на различных сталях, показало, что помимо стабильных фаз вследствие действия плазмы искрового разряда, сверхвысоких скоростей нагрева и охлаждения, а также высокочастотного электромагнитного поля и комплексных УЗК в слое наблюдаются метастабильные промежуточные фазы сложного состава. Идентификация рентгеновских дифрактограмм позволила выявить ряд новых фаз, не зарегистрированных в каталогах ведущих стран.

Физическая модель получения тонких нанокристаллических поверхностных пленок методом электроакустического напыления позволяет анализировать физические процессы и явления, а также механизм образования двойного барьера, препятствующего выходу дислокаций.

Наиболее приемлемым объяснением упрочнения кристаллов являются поверхностные пленки, имеющие нанокристаллические структуры, которые предотвращают выход дислокаций на поверхность, т.е. наблюдается эффект подавления скольжения.

Процесс ЭЛАН позволяет получить «двойной барьер», препятствующий выходу дислокаций на поверхность. Первый барьер обусловлен микропластической деформацией приповерхностного слоя упрочняемого изделия, а второй барьер – напыленной пленкой имеющей комбинированный состав нанокристаллических структур и аморфных включений.