

резцедержавки, $M_{\text{тр}}$ – момент сил трения, $M_{\text{упр}}$ – момент сил упругости, M_x – момент силы резания P_x , M_v – момент возмущающей силы.

С учетом допущения, что колебательные движения происходят в воздушной среде, момент сил трения определяется по формуле

$$M_{\text{тр}} = \alpha \dot{\varphi} r_{\text{тр}},$$

где α – коэффициент пропорциональности, $r_{\text{тр}}$ – плечо приложения сил трения.

Момент сил упругости определим из равенства

$$M_{\text{упр}} = j \varphi r_N^2,$$

где j – коэффициент упругости пружины, r_N – плечо приложения сил упругости.

С учетом вышеизложенного дифференциальное уравнение колебательного движения инструмента примет вид:

$$J_y \ddot{\varphi} + \alpha \dot{\varphi} r_{\text{тр}} + j \varphi r_N^2 = M_v - M_x.$$

В результате решения данного уравнения получили математическую модель колебательного движения инструмента, которая позволяет для определенных размеров резцедержателя и силы резания P_x определить характер изменения возмущающей силы и жесткость пружин, обеспечивающие необходимую траекторию и минимальную амплитуду колебательных движений инструмента с заданным коэффициентом асимметрии цикла, которые должны быть учтены при проектировании рабочего профиля кулачка, генерирующего эти колебания.

УДК 621.7

Разработка численной модели массопереноса ионов двухкомпонентного плазменного потока

Мисник И.В.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных задач при конструировании и эксплуатации машин является защита деталей механизмов от различного рода разрушений. Большинство машин (85-90%) выходит из строя по причине износа деталей. Способность деталей противостоять различным внешним силовым воздействиям определяется физико-механическими параметрами материала. К основным параметрам относятся микротвердость, пластичность, прочностные свойства материала.

Широко распространенным методом повышения прочностных характеристик изделий являются методы объемного и поверхностного упрочнения и изменения химического состава материала изделия, путем

введения легирующих элементов. Однако, данные методы имеют, в некоторых случаях, свои существенные недостатки. Объемное и поверхностное упрочнение сопряжено с нагревом всей детали в целом, либо ее поверхностного слоя на большую глубину, что может привести к изменению линейных размеров и формы поверхностей, а также требует дополнительных операций окончательной обработки для получения необходимых параметров качества поверхностного слоя изделия.

Наиболее рациональным технологическим способом повышения прочностных характеристик поверхностного слоя изделия является нанесение на рабочие поверхности упрочняющих покрытий с соответствующими свойствами. Анализ существующих способов формирования вакуумных покрытий показывает, что перспективным для упрочнения металлических поверхностей является вакуумно-плазменный электродуговой способ. Для достижения требуемых свойств поверхностного слоя изделий широко применяется нанесение электродуговых покрытий в вакууме, состоящих из нескольких компонентов. Анализ параметров плазменного потока, достигшего поверхности нанесения, позволил бы более оптимально подобрать режимы нанесения покрытия и состав катода-мишени.

Цель статьи – разработать численную модель массопереноса двухкомпонентного плазменного потока из элементов, образующих непрерывные растворы в твердом состоянии.

В качестве основы для построения численного алгоритма использовался предложенный ранее алгоритм массопереноса плазменного потока с учетом парных соударений ионов потока с молекулами технологического газа.

В качестве исходных данных для моделирования используются размеры вакуумной камеры, катода-мишени и поверхности напыления, давление технологического газа, процентное соотношение элементов в катоде. Процесс моделирования начинается с определения начальной координаты иона на поверхности катода.

Особенность моделирования процесса нанесения двухкомпонентного плазменного потока заключается в начальной функции, выполняемой алгоритмом до определения начальной координаты, которая случайным образом выбирает для иона какого из элементов будет произведена текущая итерация.

В результате численного моделирования для титан-кремниевый катода (содержание титана в катоде 80%, кремния – 20%) в среде азота для 80000 ионов при давлении технологического газа порядка $8,28 \times 10^{-4}$ Па получены следующие результаты. Соотношение ионов, достигших поверхности нанесения: кремний – 15986 (19,98%), титан – 64014 (80,02%), что

свидетельствует о равномерности функции, отвечающей за случайность выбора запускаемого иона.

В результате проведения численного моделирования для заданных исходных данных, были получены следующие результаты. Функция выбора запускаемого иона имеет равномерное распределение. В процессе прохождения ионами объема вакуумной камеры 0,077% ионов титана и 0,056% ионов кремния достигли поверхности нанесения с энергией меньшей нуля, по сравнению с начальной, что свидетельствует о фактах рекомбинации ионов вследствие упругих соударений с молекулами технологического газа. Около 99% ионов проходят объем вакуумной камеры, не теряя своей первоначальной энергии. В целом, результаты численного моделирования для двухкомпонентного плазменного потока коррелируют с аналогичными расчетами для однокомпонентной плазмы.

УДК 621.793

Образование кластеров из трехатомных молекул

Гречихин Л.И., Комаровская В.М., Латушкина С.Д.
Белорусский национальный технический университет

При взаимодействии трехатомных молекул в конденсированном состоянии дипольные моменты в двухатомных молекулах самопроизвольно располагаются так, чтобы обеспечить максимальную энергию связи между молекулами при формировании кластерных структур. Такое необычное свойство трехатомных молекул позволяет формироваться кластерным структурам с максимальной энергией бинарной связи так, как показано на

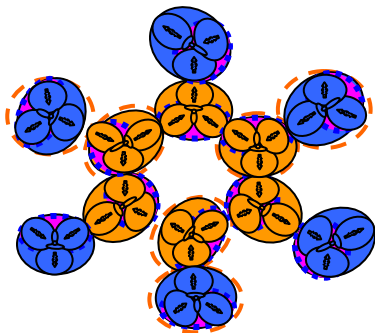


Рисунок 1 – Кластер

рисунке 1. На рисунке 1 молекулы с последовательным направлением дипольных электрических моментов в двухатомной молекуле выделены пунктирной окружностью. Энергия бинарной связи в таком кластере в непосредственном контакте определяется ковалентной, ионной и диполь-дипольной связью между атомами.

При взаимодействии трехатомных молекул друг с другом расстояние между молекулами должно быть меньше, чем двойной ковалентный радиус. Кластеры в конденсированном состоянии распадаются при температуре кипения. Для кремния температура