

ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

В. А. Логвин

Белорусско-Российский университет, Могилев

Ж. А. Мрочек, А. С. Чернов

Белорусский Национальный технический университет, Минск

Сформулированы основные требования к ионно-плазменной обработке для изменения свойств поверхностей деталей.

Развитие машиностроения во многом определяется решением проблемы надежности подвижных сопряжений технических систем на основе подбора высокоэффективных материалов, методов обработки и построения технологий, выбора смазочных материалов и т.д. Основная тенденция заключается в повышении реализуемых скоростей, давлений, рабочих температур при одновременном росте надежности. Это невозможно без использования деталей, имеющих высокие физико-механические характеристики поверхностных слоев, которые в большинстве случаев ответственны за коррозионную и радиационную стойкость, износостойкость и другие эксплуатационные характеристики изделий. Поскольку детали технических систем во многих случаях работают при высоких тепловых и механических нагрузках, в химически активных и абразивных средах, то необходимы высококачественные способы поверхностного проектирования изделий, имеющие следующие характеристики:

- экологическая безопасность;
- минимальное изменение геометрических размеров изделия;
- отсутствие коробления поверхностей;
- внедрение строго дозированных количеств имплантанта;
- максимальный диапазон концентраций имплантанта;
- условия процесса, исключаящие нежелательные примеси;
- простота управления процессом;
- высокая воспроизводимость получаемых структур материала;
- экономичность метода.

Для повышения эксплуатационных свойств материалов используются механические, термические, деформационно-термические и химико-термические способы упрочняющей обработки и легирования, что не всегда обеспечивает достаточно хорошую адгезию покрытий, и упрочнение происходит не только на поверхности, но и в объеме. Для защиты деталей от изнашивания и коррозии достаточно изменений физико-механических свойств материала поверхности, при этом основной объем материала испытывает незначитель-

ные разрушающие воздействия нагрузок и химически активных сред и не требует упрочнения или перестройки. Ужесточение требований к структуре и свойствам поверхностных слоев стимулировало развитие способов ионно-плазменной обработки, применение которых более целесообразно и экономически выгодно по сравнению с традиционными технологиями.

На сегодняшний день, одним из перспективных способов ионно-плазменной обработки является ионная имплантация – введение ионов в твердое тело бомбардировкой его поверхности ускоренными частицами, приводящее к проникновению их вглубь мишени. Внедрение становится существенным при энергии более одного кэВ. Движущиеся частицы в результате многократных столкновений постепенно теряют энергию, рассеиваются и в конечном итоге либо отражаются, либо останавливаются, распределяясь в объеме поверхностного слоя по глубине (рис. 1) [1, 2]. Ионная имплантация приобрела в последнее время большое значение не только как способ создания микроэлектронных устройств, но и как мощный универсальный метод упрочняющей обработки. Материалы, попадая в условия облучения высокоэнергетическими ионами, претерпевают значительные структурные превращения, которые обуславливают изменение их свойств.

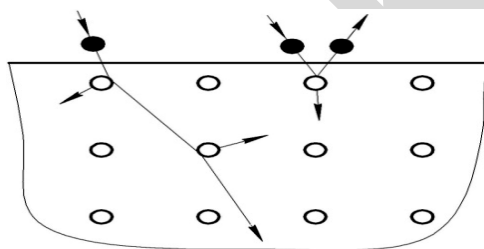


Рис. 1. Схема потерь энергии внедряющимся ускоренным ионом

Использование ионной имплантации позволяет формировать новые структурно-фазовые состояния с высокой плотностью дефектов, которые меняют физико-механические и химические свойства, поверхностного слоя, определяющие служебные характеристики материалов. При имплантации материалов следует учитывать нелинейные эффекты нарушения трансляционной симметрии кристаллических решеток во время бомбардировки поверхности твердых тел заряженными частицами, что и предлагает гипотеза, базирующаяся на идее возбуждения нелинейных колебаний в кристаллических решетках, которые приводят к действию процессов самоорганизации в ионной подсистеме [3]. Изменяя сорт внедряемых ионов, дозу ионного облучения, температуру образца-мишени, скорость набора дозы, удастся получать насыщенные и пересыщенные твердые растворы, метастабильные или аморфные состояния материалов поверхностного слоя.

Часто прибегают к одновременной имплантации ионов различных элементов периодической таблицы. Это связано с повышением адгезии между

слоями материалов, которые в природе плохо взаимодействуют в чистом виде. При этом в подслое ионно-имплантированных металлических образцов формируется дислокационная структура как результат деформационных процессов, протекающих в ходе ионной имплантации и в последующий за ионной имплантацией промежуток времени. Подобные процессы вызываются напряжениями, которые генерируются как в самом приповерхностном слое, так и инжектируются из поверхностного слоя, вследствие релаксации как статических напряжений, связанных с изменением объема поверхностного слоя, так и динамических напряжений, инициируемых при внедрении ионов в образец-мишень.

Рассмотрение динамического воздействия ионного потока на кристаллической мишени в виде беспорядочного «ионного дождя», выполнено с помощью компьютерного моделирования процесса релаксации в трехмерных кристаллических решетках после внешнего низкоэнергетического воздействия излучения тлеющего разряда [3]. Атомы на поверхности образца-мишени получают случайные по величине и направлению импульсы от бомбардирующих поверхность ионов. Переданная атомам образца-мишени энергия оказывается меньше пороговой энергии, которая необходима для образования точечных дефектов, но достаточна для возбуждения нелинейных колебаний в ионной подсистеме решетки. Когда нелинейные колебания прекращаются, атомы стабилизируются в новых позициях. Время стабилизации на несколько порядков выше, чем время обычных атомных релаксаций. В результате формируются новые долгоживущие метастабильные структурные состояния кристаллической решетки. Образуется целый спектр новых коллективных состояний атомов в решетках после затухания нелинейных колебаний. Однако конкретный вид этих новых гетерогенных структур зависит от потенциала, характеризующего связи между атомными осцилляторами, и величины внешнего возбуждения. В частности, для потенциала Морзе с параметрами нелинейности, рассчитанными для α -Fe, показано, что после внешнего низкоэнергетического воздействия излучения тлеющего разряда в нелинейных решетках образуются перемещающиеся солитоны, аналогами которых могут являться дислокации [3].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Комаров, Ф.Ф. Ионная имплантация в металлы / Ф.Ф. Комаров. – М. : Metallurgia, 1990. – 216 с.
- 2 Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов / А.В. Белый, В.А. Кукареко, О.В. Лободаева [и др.]. – Минск : Физико-технический институт, 1998. – 220 с.
- 3 Long-Range Effect and Self-Organization Processes Induced by Low-Energy Ion Irradiation in Solids / I.V. Tereshko, V.I. Khodyrev, V.V. Glushchenko [et al.] // Interaction of Radiation with Solids, Proceed, of Third Inter. Conf.-Minsk, Belarus, 1999. – Part. 1. – P. 37 – 39.