

УДК 621.77.016:62178.061

**ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ В ПЛАЗМЕ
ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА**

В. А. Логвин

Белорусско-Российский университет, Могилев

Основной тенденцией развития машиностроения является повышение надежности производимых технических систем на основе подбора высокоэффективных материалов, методов обработки, эффективного использования ресурсов инструментов, построения технологий, выбора смазочных материалов, адекватно соответствующих условиям эксплуатации, простота утилизации в конце жизненного цикла систем и т.д. Повышение реализуемых скоростей, давлений, рабочих температур должно осуществляться не в ущерб надежности. Создание деталей, имеющих высокие физико-механические характеристики поверхностных слоев, гарантирующих коррозионную и радиационную стойкость, износостойкость, геометрическую и размерную стабильность, а также другие эксплуатационные характеристики изделий, не может осуществляться без использования технологий, основанных на новых явлениях и процессах. Поскольку элементы технических систем во многих случаях работают при высоких и неравномерных объемных тепловых и механических нагрузках, в химически активных и абразивных средах, то необходимы высококачественные способы инженерии поверхности, отвечающие следующим параметрам: экологическая безопасность, минимальное изменение геометрических размеров и формы деталей, отсутствие коробления поверхностных слоев и изменения их объемов, внедрение строго дозированных количеств энергии и вещества, максимальный диапазон концентраций примеси внедрения, условия процесса, исключая нежелательные примеси, простота управления процессом, высокая воспроизводимость получаемых структур в поверхностных слоях, экономичность.

Для повышения эксплуатационных свойств различных материалов используются механические, термические, деформационно-термические и химико-термические способы упрочняющих обработок и легирования, что не всегда обеспечивает достаточно хорошую адгезию покрытий, и упрочнение происходит не только на поверхности, но и в объеме. Для защиты деталей различных технических систем от изнашивания и коррозии достаточно изменить физико-механические свойства поверхности, при этом основной объем материала не испытывает значительных разрушающих воздействий 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 обработка плазмой тлеющего разряда. Обработка осуществляется при энергиях не более 1 кэВ. Налетающие частицы в результате многократных столкновений теряют энергию, рассеиваются и в итоге либо отражаются, либо останавливаются, распределяясь в объеме поверхностного слоя по глубине. Материалы, попадая в условия облучения низкоэнергетическими ионами, претерпевают значительные структурные превращения, которые обуславливают изменение их физико-механических и химических свойств, поверхностного слоя определяющие служебные характеристики материалов [1].

При обработке материалов низкоэнергетическими ионами 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 [1]. Изменяя сорт образующихся ионов, дозу ионного облучения, температуру образца, скорость набора дозы, удается получать насыщенные и пересыщенные твердые растворы, метастабильные или аморфные состояния материалов поверхностного слоя [2].

Часто прибегают к одновременной обработке ионами различных элементов периодической таблицы. Это связано с повышением адгезии между слоями материалов, которые в природе плохо взаимодействуют в чистом виде. При этом в подслое металлических образцов формируется дислокационная структура как результат деформационных процессов, протекающих в ходе обработки и в последующий за ней промежуток времени. Подобные процессы вызываются напряжениями, которые генерируются как в самом приповерхностном слое, так и инжектироваться из поверхностного слоя вследствие релаксации как статических напряжений, связанных с изменением объема поверхностного слоя, так и динамических напряжений, инициируемых при внедрении ионов в образец. Рассмотрение динамического воздействия ионного потока на кристаллическую мишень в виде беспорядочного «ионного дождя», выполнено с помощью компьютерного моделирования процесса релаксации в трехмерных кристаллических решетках после внешнего низкоэнергетического воздействия плазмы тлеющего разряда [1]. Атомы на поверхности образца получают случайные по величине и направлению импульсы от бомбардирующих поверхность ионов. Переданная атомам образца 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 плазмы тлеющего разряда в нелинейных решетках образуются перемещающиеся солитоны, аналогами которых могут являться дислокации [1]. Следовательно, в рамках нелинейной теории находит объяснение экспериментально выявленный факт повышения плотности дислокаций на достаточно больших расстояниях от поверхности облучения. В цепочке возбуждаются нелинейные колебания, в результате которых все атомы стабилизируются в новых положениях, которые можно интерпретировать как образование новых долгоживущих метастабильных групп нанокластеров [3].

Смещение атомов в конечном состоянии есть результат нелинейных коллективных колебаний всех атомов решетки после низкоэнергетического воздействия. Таким образом, путем слабого внешнего воздействия можно вызвать внутренние процессы усложнения систем с образованием новых долгоживущих структурных состояний. При этом в течение достаточно длительного времени решетка представляет собой активную зону.

Литература

1 Tereshko, I.V. 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.

2 Белый, А.В. Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов / А.В. Белый [и др.]. – Минск: Физ.-техн. ин-т, 1998. – 220 с.

3 Терешко, И.В. Эффект дальнего действия и формирование нанокластеров в металлах при воздействии плазмы тлеющего разряда / И.В. Терешко, В.А. Логвин, В.П. Редько // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 1. – С. 59 – 70.