

СТЕПАНОВСКИЙ А. С.

ИОННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Ионная обработка относительно молодое направление в технологии обеспечения качества поверхностного слоя деталей. В данной статье раскрывается вопрос природы обработки заготовок при помощи элементарных частиц – ионов.

Ключевые слова: обработка, ион, поток, поверхностный слой, машиностроение.

STEPANOVSKY A. S.

ION PROCESSING OF MATERIALS

Abstract. Ion processing is quite a new trend in technology. It is used to ensure the quality of the parts' surface layer. In this connection, the article considers the nature of workpieces processing by elementary particles – ions.

Keywords: processing, ion, flux, surface layer, engineering.

Ионная обработка относительно молодое направление в технологии обеспечения качества поверхностного слоя деталей. Первые статьи по этой тематике датируются началом 60-х годов прошлого века. Но развиваться, как новая ветвь технологии начала только в 80-х годах.

Ионная обработка универсальный метод, который позволяет повысить прочность, износостойкость, долговечность, и другие физико-химические свойства материала. Она обладает рядом преимуществ, таких как: возможность вводить любой элемент таблицы Менделеева, возможность легирования любого металла, возможность работы с любой чистотой материала, возможность работать при любых температурах (от гелиевых температур до температур плавления), и др. Этот метод применяется во многих отраслях промышленности.

Ион – это атом, лишенный части или всех электронов и имеющий положительный электрический заряд. С помощью электромагнитных полей ионы можно разгонять до больших скоростей, фокусировать и изменять направление их полета. Тяжелые ионы, имеющие массу, больше массы ядра гелия и большой заряд, при прохождении через вещество изменяют свойства его кристаллической решетки. Часть атомов выбивается из кристаллической решетки и смещается, а из внедрившихся атомов образуются атомы нового вещества. Обработка потоками заряженных частиц дает возможность целенаправленного изменения состояния поверхностного слоя деталей. Достоинства ионной и электронной обработки:

- широкие технологические возможности (легирование поверхностного слоя любыми легирующими элементами, очистка от загрязнений, распыление тонких слоев основного материала, осаждение покрытий из ионных пучков);

- локальность обработки;
- высокая химическая чистота;
- возможность полной автоматизации.

В зависимости от параметров ионного или электронного потока в поверхностном слое деталей могут происходить различные процессы. При энергии ионов $E \approx 10 \dots 100$ эВ на поверхности детали происходит конденсация ионов. Такая обработка используется для осаждения покрытий. Если $E \approx 10^2 \dots 10^3$ эВ, то реализуется процесс ионного распыления (травления), который применяется для очистки поверхностей деталей, активирования поверхностного слоя, формирования микрорельефа. При $E \geq 10^4$ эВ происходит ионная имплантация, т.е. внедрение ионов имплантируемого вещества в поверхностный слой детали. Таким образом, можно модифицировать поверхностный слой путем его легирования практически любыми элементами.

Имплантация приводит к увеличению концентрации дефектов в облучаемом материале, которые в этом случае называют радиационным. При больших дозах облучения поверхностного слоя детали становятся аморфными из-за высокой концентрации радиационных дефектов. Ионная бомбардировка и облучение электронами приводит к нагреву поверхностного слоя, а в ряде случаев наблюдается образование газовых пузырьков и микропор, которые приводят к уменьшению плотности материала.

Для каждой детали существует предельная температура нагрева, максимальная интенсивность ионного потока, ограничивающая производительность процесса.

В зависимости от способа получения потока ионов обработку можно разделить на ионно-плазменную и ионно-лучевую. Ионно-плазменная обработка осуществляется путем бомбардировки ионами за счет создания плазменного облака вокруг детали и подачи на нее отрицательного потенциала. При ионно-лучевой обработке деталь бомбардируется ионным потоком, формируемым в ускорителе.

Вакуумная плазменная технология высоких энергий базируется на принципе испарения и ионизации осаждаемого материала с помощью вакуумно-дугового разряда, горящего в парах материала покрытия. Образующаяся плазма фокусируется в поток, ускоряется и направляется на покрываемую поверхность. В зависимости от энергии ионов протекает либо процесс ионной очистки, либо осаждение покрытия на термоактивированную и очищенную ионной бомбардировкой поверхность. Метод обеспечивает получение покрытий с субмелкозернистой структурой, с высокой адгезионной прочностью, плотностью

и пластичностью. Ионно-лучевое распыление позволяет эффективно очищать поверхность детали. При высоких дозах облучения происходит «травление» материала, выявляется его макро- и микроструктура, что позволяет заменить экологически вредный процесс химического травления. Ионное распыление является эффективным способом подготовки поверхности детали под осаждение покрытий. Ионно-лучевое распыление способствует формированию на границе покрытия с основным металлом карбидной прослойки, которая является эффективным диффузионным барьером.

Перспективным способом обработки ряда ответственных деталей является ионная имплантация. Глубина проникновения ионов при имплантации зависит от их массы, энергии, состояния поверхностного слоя детали, температуры и других факторов. В первом приближении распределении имплантируемого элемента по глубине поверхностного слоя может быть описано гауссовской кривой с максимумом на глубине 0,01...0,1 мкм. Используя высокоинтенсивные пучки, либо нагрев детали, можно значительно увеличить глубину внедрения ионов (до 5 мкм). Имплантация обычно приводит к увеличению микротвердости поверхностного слоя в результате формирования упрочняющих фаз и дефектов кристаллической решетки. Она повышает сопротивление усталости деталей из жаропрочной высокохромистой стали на 15% (при 600⁰ С). Имплантация азота, бора, а также азота совместно с бором позволяет увеличить долговечность образцов из титановых сплавов при 500⁰ С в 4...8 раз [1].

Перспективным методом ионно-лучевой обработки является облучение импульсными мощными ионными пучками (МИП) с энергией до 300 кэВ, плотностью тока 10...100 А/см² и длительностью импульса 10⁻⁷...10⁻⁸ с. Воздействие МИП приводит к нагреву, плавлению и испарению слоя материала толщиной до 1 мкм. Из-за малой длительности импульса тепло не успевает распространяться вглубь детали. Над поверхностью детали происходит образование плазменного облака и его расширение, формируется ударная волна. После прекращения облучения поверхностный слой быстро остывает и на нем конденсируются пары. Обработка МИП позволяет удалять поверхностные пленки, нагар и упрочнять поверхностный слой путем изменения структурно-фазового состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсеенко А. Н., Серебряков В. И., Гаек М. М. Технологическое обеспечение качества изделий машиностроения. – М.: Янус-К, 2004. – 296 с.