

Влияние параметров ионно-плазменного азотирования на глубину диффузионных слоев на титановых сплавах

Магистранты гр. 50401123 Матюков И.М., Шматова А.А.

Научный руководитель - Константинов В.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Ряд механических и эксплуатационных свойств таких, как высокая коррозионная стойкость, коррозионно-механическая прочность, эрозионно-кавитационная стойкость, высокая удельная и абсолютная прочность и прочность при пониженных и повышенных температурах позволяет рассматривать титановые сплавы как универсальный материал.

Вышеприведенные свойства обуславливают широкое применение в авиационно-космической, медицинской, энергетической, химической и судостроительной промышленности титановых сплавов.

Высокая биосовместимость делает титановые сплавы незаменимыми материалами в восстановительной хирургии. Он идет на изготовление пластин, шайб, винтов, стержней, спиц, применяемых для восстановления костных и суставных тканей человеческого организма.

Однако, некоторые характеристики титановых сплавов такие, как прочность, износостойкость, микро- и макротвердость все еще имеют потенциал для их повышения. Высокими перспективами повышения эксплуатационных характеристик титановых сплавов является термодиффузионная обработка.

Одним из наиболее широко используемых методов термодиффузионного упрочнения титановых сплавов является метод упрочнения в плазме тлеющего разряда или же ионно-плазменное азотирование (ИПА).

При ионно-плазменной обработке в разряженной газовой среде между катодом и анодом возбуждается тлеющий разряд, который ионизирует газ. Процесс ионно-плазменной ХТО проводится при аномальном (нестабильном) и сильноточном тлеющем разряде [1].

Сущность метода заключается в следующем: ионы газа, ускоренные в области катодного падения потенциала, бомбардируют поверхность насыщаемой детали и выбивают из него электроны. Ионная имплантация насыщающего элемента осуществляется посредством «бомбардировки» поверхности детали положительно заряженными ионами насыщающего газа [1].

Во время процесса ионы газа ускоряются до энергий до 10^6 эВ. Они проникают в насыщаемую деталь и тормозятся в ней за счет многократных соударений с атомами насыщаемой детали. Характер распределения насыщающего элемента в приповерхностных микрообъемах зависит от энергии внедряемых ионов, физико-химических свойств насыщающего элемента и насыщаемой детали [1].

Процесс ионно-плазменной обработки включает две стадии:

–Катодное распыление (происходит в течении 5-60 мин при напряжении 1100-1400 В и давлении азотсодержащей атмосферы 13-26 Па);

–Ионная имплантация (осуществляется при температуре 470-580°C и давлении азотсодержащей атмосферы 130-1300 Па в течении 1-24 ч при напряжении 400-1100В) [1].

Как показывает практика [1] при ионно-плазменной обработке используют давление 50-300 Па при напряжении зажигания разряда 300-1400 В.

Анализ литературных источников [2, 3, 4] показывает, что на формирование диффузионных слоев на титановых сплавах при ИПА существенное влияние оказывают следующие параметры: химический состав и структура титановых сплавов, а также температура, длительность, давление и состав газовой смеси.

Влияние химического состава и структуры титановых сплавов на формирование диффузионных слоев при азотировании связано с особенностями взаимодействия азота с α - и β -фазами, а также степени их легированности. В исследовании [2] показано, что увеличение количества β -фазы в структуре титановых сплавов приводит к увеличению глубины азотированного слоя до 1,5 раза по сравнению с чистым титаном за счет более высокой скорости диффузии азота в β -фазе.

Легирование титана алюминием способствует ускорению диффузии азота. Но легирование титана ванадием и молибденом (β -стабилизаторы) приводит к замедлению диффузии азота в титане. Уменьшение структурных составляющих титана приводит к росту протяженности границ и усилению вклада зернограничной диффузии, которая характеризуется более высокими скоростями [2].

В исследовании [3] показано, что с увеличением температуры азотирования быстрее протекает диффузия азота в титан и увеличивается глубина азотированного слоя.

Толщина азотированного слоя на титановых сплавах возрастает при увеличении времени диффузионного насыщения по параболической зависимости, при увеличении температуры процесса и уменьшении давления в вакуумной камере [4].

При ИПА образующийся на поверхности слой нитрида титана препятствует проникновению азота вглубь образца.

Как показано в источнике [4] увеличить эффективность катодного распыления можно путем снижения давления газовой смеси. Снижение давления приводит к увеличению энергии бомбардирующих поверхность ионов, что способствует генерации в приповерхностном слое вакансий, ускоряющих диффузию атомов азота.

Для интенсификации процесса азотирования можно увеличить количество атомарного азота, что возможно путем формирования смеси с повышенным содержанием азота с постепенным (ступенчатым) уменьшением концентрации азота [4].

Аргон активно распыляет нитридную зону. Одновременно с этим при упругом соударении ионов азота с атомами кристаллической решетки в тонком поверхностном слое металла возрастает плотность дефектов – дислокаций. Повышение плотности дислокаций увеличивает проводящую способность диффузионной зоны, приводя к росту доли объемной диффузии [4].

Список использованных источников

1.Л.Г. Ворошнин Теория и технология химико-термической обработки: учеб. пособие / Л.Г. Ворошнин, О.Л. Менделеева, В.А. Сметкин. – Минск: Новое знание, 2010. – 304 с.

2.Исследование микроструктуры и состава слоев, сформированных в процессах ионно-плазменной обработки поверхности сплава титана / В. В. Поплавский [и др.] // Информационные технологии : материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января - 12 февраля 2022 г. - Минск : БГТУ, 2022. – С. 216-220.

3.Исследование формирования упрочненных слоев на титановых сплавах методом ионно-плазменного азотирования / И. Л. Поболь [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. физ.-тэхн. Навук. – 2019. – Т.64, №1. – С. 25-34.

4.Верещак Н.А. Исследование процесса азотирования сплавов медицинского назначения: дис. магистр: 17.01.2021. – БНТУ, Минск – 90 с.