

Азотирование титана

Студенты группы 10405520 Ткачёва А.А., Лигорская К.С.

Научный руководитель – Астрейко Л.А.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

В настоящее время большое внимание уделяется использованию азота в качестве компонента в покрытиях металлов и сплавов, в частности титана.

Технология ионного азотирования широко применяется в современном машиностроительном производстве.

Этот способ поверхностного насыщения имеет ряд преимуществ перед печным азотированием: возможность управления структурой и составом упрочняемого слоя, возможность насыщения при низких температурах, сокращение времени нагрева и охлаждения деталей, депассивация поверхности при механической обработке. Кроме того, ионное азотирование является более экологически чистым процессом и требует меньших затрат энергии. Используется данный метод для повышения износостойкости деталей машин, работающих в условиях ограниченной смазки и высоких контактных нагрузках.

Интерес исследователей привлекает возможность модификации свойств поверхности титановых сплавов с использованием методов ионноплазменной обработки, осаждение покрытий. На формирование диффузионных слоев оказывает влияние химический состав структуры титанового сплава, а также параметры процесса ионного азотирования (температура, продолжительность процесса, давление, состав газовой смеси, концентрация газов). Влияние химического состава и структуры титановых сплавов на формирование диффузионных слоев при азотировании связано с особенностями взаимодействия азота с α - и β -фазами, с влиянием фазового состава, степени легирования фаз, кинетики фазовых превращений на диффузионную подвижность азота [3, 4]

Химический состав титанового сплава определяет количественное соотношение α - и β -фаз. Так, увеличение количества β -фазы в структуре титановых сплавов до 30 % приводит к увеличению глубины азотированного слоя в 1,4 раза по сравнению с чистым титаном за счет более высокой скорости диффузии азота в β -фаза [5]. Легирование титана α -стабилизаторами (например, алюминием) способствует ускорению диффузии азота в глубь материала. В то же время легирование титана β -стабилизаторами (например, ванадием и молибденом) приводит к замедлению диффузии азота в титане [6].

Различный характер изменения структуры поверхностных слоев титанового сплава с различным размером зерен после ионного азотирования отмечен в [7]. Авторы считают, что измельчение структуры материала приводит к росту протяженности границ и усилению вклада зернограницной диффузии, которая характеризуется более высокими скоростями [6, 8].

Глубина и поверхностная твердость азотированного слоя зависят от температуры продолжительного ионного азотирования, состава титанового сплава. С повышением температуры азотирования быстрее протекает диффузия азота в титановый сплав и увеличивается глубина азотированного слоя [9, 10]. При высокой температуре ионного азотирования (выше температуры полиморфного превращения) в материале сплава происходит укрупнение зерна, что ведет к уменьшению характеристик прочности и пластичности основы. Высокая твердость поверхности сплавов сочетается с уменьшением пластичности азотированных слоев и предела прочности при растяжении.

С увеличением продолжительности азотирования увеличивается глубина азотированного слоя. [9]: для титановых сплавов толщина азотированного слоя возрастала при увеличении времени диффузионного насыщения по параболической зависимости, при увеличении температуры процесса и уменьшении давления в вакуумной камере. В [10] это объяснили увеличением энергии активации процесса диффузионного насыщения.

В [11] авторами было определено, что для интенсификации азотирования сплавов необходимо удалять образующиеся на обрабатываемой поверхности слои оксидов с помощью ионного травления. Образующийся на поверхности слой нитрида титана препятствует проникновению азота в глубь образца. Выявлена [12] общая для всех переходных металлов закономерность, обусловленная максимальной диффузионной подвижностью азота в твердом растворе и замедлением диффузии азота в нитридных фазах. Поэтому можно увеличить эффективность ионного травления обрабатываемых поверхностей при азотировании, путем снижения давления рабочего газа. Снижение давления и переход катодного слоя в бесстолкновительный режим приводят к увеличению энергии бомбардирующей поверхность ионов, что согласно [6] способствует генерации в приповерхностном слое вакансий, ускоряющих диффузию атомов азота.

Другим методом интенсификации процесса азотирования является увеличение концентрации азота в атомарном состоянии, что возможно как путем повышения плотности ионного тока, так и формированием плазмообразующей смеси азота с аргоном [9, 13]. Аргон, имеющий массу иона, которая превосходит массу иона азота, активно распыляет нитридную зону, образующуюся на поверхности изделия в процессе азотирования. 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. Это важно, так как в отличие от газового азотирования при ионном азотировании роль граничной диффузии уменьшается. На начальных стадиях процесса значительная часть азота диффундирует не по границам, а по объему зерен, преимущественно по дислокационным каналам [12].

На поверхности титановых сплавов образуется тонкий сплошной слой нитрида за счет азотирования - выделения нитридов Ti_2N и TiN . Азот диффундирует к металлической подложке, образуя диффузионную зону, состоящую из твердого раствора внедрения азота в титан.

Выводы: варьируя состав газа насыщения, давление, температуру и время выдержки, можно получать слои заданной структуры и фазового состава, обеспечивающие строго заданные свойства титановых сплавов. При этом можно получить как диффузионный слой с развитой нитридной зоной, обеспечивающей высокую сопротивляемость коррозии и прирабатываемость трущихся поверхностей для деталей, работающих на износ, так и диффузионный слой без нитридной зоны для инструментов и деталей, работающих при знакопеременных нагрузках в условиях изнашивания при высоких давлениях [14, 8, 15].