

2. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Б.Н. Арзамасов – М.: Машиностроение, 1979. - 407 с.

УДК 669.295

Азотирование титана и его сплавов

Студенты группы 104210 Шевцов А.Ю. Савич А.Ю.
Научный руководитель – Ткаченко Г.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Титановые сплавы нашли широкое применение в современной авиационной промышленности. Это было достигнуто за счет его уникальных механических свойств. Малый удельный вес и высокая прочность (особенно при повышенных температурах) титана и его сплавов делают их весьма ценными авиационными материалами. В области самолетостроения и производства авиационных двигателей титан все больше вытесняет алюминий и нержавеющей сталь.

Однако помимо многих своих положительных качеств титан и его сплавы имеют и отрицательные стороны: обладают низкой износостойкостью, высокой склонностью к налипанию, большим коэффициентом трения в паре практически со всеми материалами.

Эти недостатки титановых сплавов ограничивают их применение для изготовления деталей, работающих на трение. Так, например, если болт и гайку сделать из какого-либо титанового сплава, то болтовое соединение оказывается неразъемным.

Легированием и термической обработкой не удастся существенно повысить антифрикционные свойства титановых сплавов. В связи с этим были предприняты попытки устранить этот недостаток титановых сплавов химико-термической обработкой. Наибольшие успехи были достигнуты при азотировании и оксидировании.

Для химико-термической обработки титана и его сплавов неприемлемы те среды, которые обычно используют при обработке сталей, особенно водородсодержащие газы и их смеси, из-за значительного наводороживания металла до уровня достаточного для развития водородной хрупкости. Так, в частности азотирование проводят не в аммиаке, а в чистом азоте тщательно очищенном от кислорода и влаги.

В соответствии с диаграммой состояния Ti-N (рисунок 1) в процессе азотирования титана при температурах ниже 882 °С на поверхности образуется тонкий слой нитрида титана, а ниже его обогащенный N слой (рисунок 1) α -твердого раствора. Толщина нитридного слоя составляет 4 – 20 мкм, а микротвердость равна $(12-16) \cdot 10^3$ МПа.

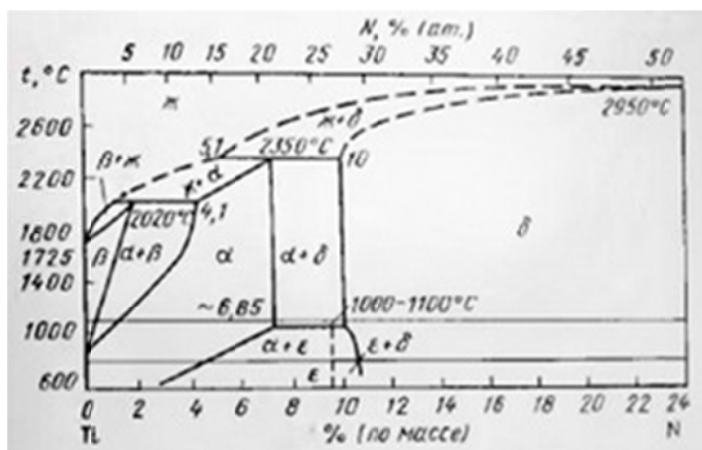


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы Ti – N

За глубину азотирования принимают толщину слоя с повышенной микротвердостью. В ряде случаев между нитридным слоем и металлом наблюдается темная полоса, структура которой представлена фазами $\alpha+\epsilon$ и $\epsilon+\delta$. Эта прослойка образуется при охлаждении титана после азотирования из-за распада α - и δ -растворов предельных составов, соответствующих температуре азотирования.

При азотировании $\alpha+\beta$ -сплавов под нитридным слоем находится альфированный слой, который сменяется структурой, представленной α - и β -фазами (рисунок 2). По мере удаления от альфированного слоя количество α -фазы уменьшается от 100% до значений, типичных для данного сплава. Эти структурные изменения обусловлены α -стабилизующим действием азота.



Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя титана, азотированного при 850 °С в течении 24 ч.

Если азотирование титана проводят при температурах выше 882°С, то образуются три характерных слоя (рисунок 1):

- а) нитридный;
- б) слой, соответствующий α -фазе при температуре азотирования;
- в) слой, соответствующий β -фазе при температуре азотирования.

Образование тонкой нитридной пленки на поверхности титана и его сплавов при азотировании нежелательно, по крайней мере, по двум причинам.

Во-первых, нитридная пленка замедляет диффузию азота в титан, так как коэффициент диффузии азота в нитриде титана во много раз меньше, чем в α и β -фазах.

Во-вторых, нитридный слой обладает высокой хрупкостью. Кроме того, сам слой и примыкающая к ней тонкая зона альфированного слоя имеют недостаточно плотное строение, в связи с чем при доводке поверхности азотированных деталей не удается получить чистоту обработки высокого класса.

Толщину нитридного слоя можно уменьшить азотированием титана и его сплавов в азоте при пониженном давлении или в смеси азота с аргоном. Еще один способ устранения хрупкого нитридного слоя – вакуумный отжиг после азотирования или отжиг в аргоне. Азотирование в десятки раз повышает износостойкость и жаростойкость титановых изделий. Вместе с тем существенно в несколько раз снижаются такие характеристики пластичности как относительное удлинение и особенно поперечное сужение; предел выносливости на базе 10⁷ циклов уменьшается на 10-25 %.

Поскольку толщина газонасыщенных слоев невелика и их твердость резко снижается по мере удаления от поверхности, доводочные операции на окисированных деталях путем механической обработки резанием или шлифованием не допускаются, возможно лишь полирование пастами со съемам слоя толщиной не более 5 мкм.

Несмотря на ряд недостатков, азотирование является наиболее распространенным видом химико-термической обработки, так как позволяет устранить основные минусы механических характеристик титана и его сплавов.

УДК 621.78

Термодиффузионное борирование деталей золотниковой группы гидромоторов

Студентка гр.104510 Баранова Т.Н.
Научный руководитель – Дашкевич В.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Технология термодиффузионного поверхностного легирования бором или комплексами на основе бора применима во многих отраслях промышленности, где речь идет об абразивном износе поверхностей деталей машин. К ним можно отнести сельское хозяйство, добывающая отрасль, машиностроение и др. Традиционно технология заключается в термодиффузионном насыщении деталей в порошковых смесях, содержащих определенные компоненты, при печном нагреве в герметичном контейнере [1, 2]. Подбор состава насыщающей смеси и управление температурно-временными параметрами насыщения позволяют получить высокие физико-механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности.

Управление фазовым составом борированных слоев при насыщении в твердых средах в нашем случае велось путем:

- выбора состава насыщающей смеси;
- выбора материала упрочняемой детали;
- выбора температурно-временных параметров процесса.

Исследованию подвергались 5 пар золотников, т.е. 5 подвижных (золотники блока) и 5 неподвижных (золотники крышки) двух марок сталей 9ХС и У8А. В общей сложности 20 золотников, из которых часть золотников была разрезана на сектора для исследований. Детали прошли окончательную механическую обработку и имели все размеры в поле допуска. Острые кромки были притуплены.

Проводили выбор температурно-временных параметров термодиффузионного борирования из насыщающей среды Besto-bor [3] с целью достижения минимальной хрупкости диффузионного слоя, оптимального соотношения фаз, толщины слоя и его морфологии на торцевых поверхностях золотников аксиально-поршневых гидромашин. Насыщающие среды, используемые в работе, получены на основе металлотермических смесей. Эти смеси – реализация энергоэффективных ресурсосберегающих технологий. По стоимости они в 7-15 раз дешевле традиционных смесей. Получение их обеспечивается процессом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Борирование в металлотермических смесях может проводиться многократно. При повторном использовании для поддержания высокой насыщающей способности целесообразно введение в смесь новой порции активатора и ее перемешивание. После четырех - пятикратного использования смеси требуют освежения путем добавления 20...30 % свежеприготовленной смеси.

По предварительной оценке использование стали 9ХС должно обеспечивать высокий уровень прочностных свойств и твердости. Однако формирование диффузионного слоя на стали с легированной основой может негативно сказаться на хрупкости боридного слоя и его толщине [4]. Сопоставление характеристик разных основ для процесса борирования – одна из важных задач выполняемого исследования.

Зависимости толщины диффузионного слоя от температуры и времени обработки представлены ниже (рисунок 1).