ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НА ИНФРАКРАСНУЮ ПОГЛОЩАТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ ТАНТАЛА

Г.П. Анастасиади[1)], А.П. Гагарин[2)], В.С. Макин[2)], П. Конс[3)]
[1)]СПб Институт Машиностроения, г. Санкт-Петербург 195197, Полюстровский пр. 14.
[2)]ФГУП НИИ Комплексных Испытаний Оптико-Электронных Приборов, НИИКИ ОЭП, г. Сосновый Бор Ленинградской обл., 188540, Россия. e-mail vmak@niiki.ru
[3)] "Диоспек", ул. Хоннефер 14, D-53179 Бонн, Германия

Наблюдалось изменение поглощательной способности танталовой фольги в течение более 3 месяцев после лазерного нагрева в атмосфере азота. Эффект объясняется отжигом фольги в течение лазерного нагрева и медленной диффузией азота из тантала.

Известно, что растворение атомов активного газа в решетке металла, не приводящее к образованию химических соединений (т.е. не изменяющее конфигурацию электронных оболочек), может оказывать существенное влияние на физико-химические, в т.ч. оптические и механические свойства металлов-растворителей. Это связано с нарушениями упорядоченности кристаллической решётки, вызываемыми атомами растворенных газов. Известно также, что степень отклонения кристаллической решётки металла от идеальной существенно влияет на его основные металлические свойства: проводимость, ковкость, оптическую поглощательную способность. Технологический процесс прокатки металлов, также как и растворение газов в них, существенно повышает степень деформированности кристаллической решётки, и улучшить металлические свойства после проката можно с помощью отжига.

Нами исследовалось взаимодействие с газообразным азотом прокатанной и неотожжённой фольги из тантала в условиях лазерного нагрева. Нагрев фольги осуществлялся с помощью 100-ваттного CO_2-лазера. Использовалась фольга марки ТВЧ толщиной 50 мкм. При нагреве достигалась температура 1300°К [1].

Лазерный нагрев образцов танталовой фольги в атмосфере азота приводит к конкурирующим процессам, идущим с различной скоростью: с одной стороны, к растворению азота в тантале и связанному с этим увеличению поглощения, а с другой стороны к упорядочению кристаллической решётки в процессе отжига и как следствие к уменьшению оптического поглощения фольги. В ходе опытов наблюдался немонотонный ход поглощательной способности при лазерном нагреве: быстрое увеличение поглощательной способности за время нагрева 5 - 10 минут, а затем уменьшение поглощательной способности танталовой фольги в течение более 3 месяцев. Спад поглощения объясняется отжигом фольги в течение лазерного нагрева и медленной диффузией азота из тантала к новой – меньшей – равновесной концентрации, определяемой большей упорядоченностью кристаллической решетки под действием отжига.

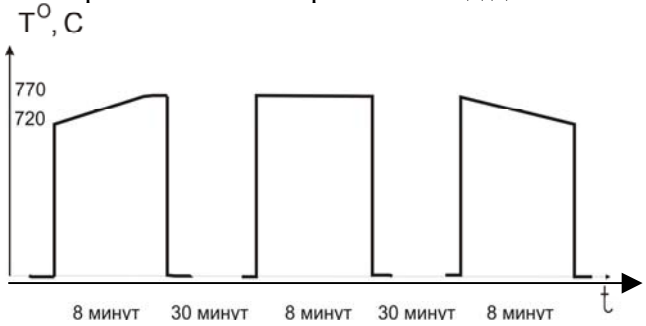

Рис. 1. Кинетика лазерного нагрева танталовой фольги

Кинетика многократного нагрева фольги в атмосфере азота показана на рис.1. Первоначальный нагрев неотожжённого образца постоянным лазерным потоком приводит, после достижения квазистационарного уровня температуры (в нашем случае около 720^0С), к медленному нагреву со скоростью $0,1^0$С/сек, после чего температура стабилизируется на уровне 770^0С. Облучение после получасовой выдержки на воздухе при комнатной температуре сразу же приводит к достижению температуры около 770 – 780^0С, которая и поддерживается всё время облучения – около 10 минут. После следующей получасовой выдержки облучение приводит к нагреву 780 – 790^0С, который начинает спадать примерно с той же скоростью $0,1^0$С/сек до температуры около 720^0С.

В ходе опытов наблюдался интересный эффект. После нагрева в атмосфере азота оптическая поглощательная способность поверхности тантала в области 10,6 мкм, измеренная после охлаждения образца и замены азота на воздух, заметно возрастала (в 1,5 – 2 раза), а потом, по мере выдерживания при комнатной температуре на воздухе, постепенно уменьшалась, причём уменьшение поглощения продолжалось не только до прежнего уровня, но и заметно ниже. Так, через три месяца выдержки образца поглощательная способность оказывалась вдвое меньше исходной (рис. 2).

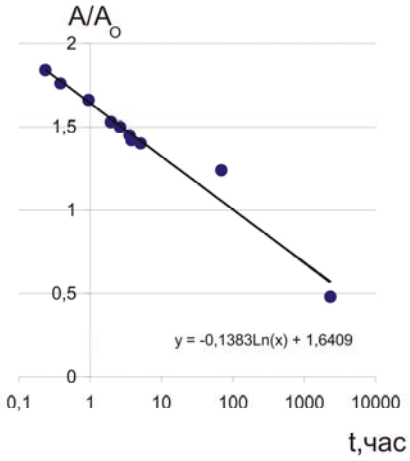

Рис. 2. Зависимость относительной поглощательной способности поверхности тантала от времени выдержки на воздухе после нагрева в атмосфере азота

Мы объясняем этот эффект тем обстоятельством, что нагрев и последующее охлаждение танталовой фольги приводят к ее отжигу и, как следствие, к уменьшению степени деформированности кристаллической решётки тантала. Это должно привести к улучшению металлических свойств тантала, в частности к уменьшению поглощательной способности его поверхности, что нами и наблюдается. Поскольку в нашем случае имеет место отжиг 1-го рода, т.е. без фазовых переходов, то температура начала рекристаллизации при значительном (десятки процентов) количестве атомов примеси должна составлять примерно 0,6 $T_{пл}$ при выдержках 1,5 – 2 часа. Температура плавления тантала около 3300^oK, так что для быстрой рекристаллизации отжиг должен проводиться при температуре около 2000^oK. Мы наблюдали эффект при температуре отжига чуть больше 1300^oK и длительности выдержки при такой температуре около 20 минут. Поэтому не удивительно, что время, необходимое для диффузионного достижения нового равновесного состояния, соответствующего структуре отожжённого тантала, оказалось на три порядка больше.

Наряду с измерением поглощательной способности образцов танталовой фольги после трёхмесячной выдержки на воздухе при комнатной температуре, нами проводились исследования этих же образцов методом ЭСХА на содержание в них азота. Исследования показали, что азот в них отсутствует, что находится в хорошем соответствии с уменьшением поглощательной способности.

Обнаруженный эффект может быть использован для низкотемпературной очистки сверхтугоплавких металлов от примесей.

Литература

1. А.П. Гагарин, В.С. Макин, П. Конс. Обратимое растворение азота и ИК поглощательная способность поверхности тантала. Письма ЖТФ 2006, т. 32, №6, с.83-88.