

**Повышение механических свойств алюминия и его сплавов
методами термической и химико-термической обработки**

Студент гр.10401118 Гладинов А.Д.
mr.gladinov@mail.ru

Научный руководитель Пацеко Е.К.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

С каждым годом производство алюминия и его сплавов возрастает. Увеличение объемов производства связано с расширением сфер применения, ввиду обладания хорошими технологическими и эксплуатационными свойствами, но на данный момент алюминий все же уступает сталям. Нахождение алюминия на втором месте связано с энергозатратностью процесса его получения и уступающими сталям механическими свойствами. Основным недостатком алюминия и его сплавов является низкая твердость. Повышение механических свойств возможно путем термической и химико-термической обработки.

Для упрочнения сплавов алюминия методами термической обработки применяют закалку и старение.

Закалка заключается в нагреве сплавов до температуры, при которой избыточные интерметаллидные фазы полностью или большей частью растворяются в алюминии, выдержке при данной температуре и быстром охлаждении до нормальной температуры для получения пересыщенного твердого раствора. Скорость охлаждения должна быть выше критической для предотвращения распада пересыщенного твердого раствора.

После закалки производится старение. Старение – это операция выдержки, в течение которой происходит распад пересыщенного твердого раствора. Старение бывает естественное и искусственное. Естественное старение протекает при нормальной температуре в течение нескольких суток. Искусственное протекает при повышенной температуре (150-200 °С) в течение 10-24 часов [1].

Для упрочнения поверхностных слоев алюминия и его сплавов методами химико-термической обработки применяют различного рода диффузионное насыщение металлами.

Диффузионное насыщение алюминия связано с необходимостью решения ряда проблем, основными из которых являются низкая температура насыщения и наличие оксидной пленки Al_2O_3 . Температура проведения химико-термической обработки ограничена температурой плавления алюминия (660 °С), из-за чего процесс насыщения осуществляют в интервале температур (450...550 °С). При этих температурах легирующие элементы очень медленно диффундируют из среды к насыщаемому металлу, ввиду низкой их подвижности. Наличие оксидной пленки на поверхности деталей также замедляет диффузию, а для ряда элементов является непреодолимым диффузионным барьером, поэтому возникает необходимость ее разрушения.

Разрушение оксидной пленки проводят химическими или электрохимическими методами. К химическим можно отнести введение в насыщающую среду активирующих веществ, например, галогенидов. Введение в смесь веществ, имеющих большее или равное с алюминием сродство к кислороду (Al, Mg, Ca и их сплавов) также ускоряет депассивацию, а как следствие и диффузионное насыщение. Так, в работе [2] указывается на увеличение скорости формирования диффузионного слоя на 20-50 % вследствие введения алюминия, а также до 2-2,5 раз при введении цинка в насыщающую смесь в количестве до 10 %. К электрохимическим методам можно отнести гальваническое осаждение. Так, при осаждении данным способом меди из водного раствора медного купороса ($CuSO_4$) и серной кислоты (H_2SO_4) слой меди формируется на депассивированной поверхности чистого алюминия.

Одним из перспективных методов повышения механических свойств алюминия является ионная химико-термическая обработка.

Ионная химико-термическая обработка отвечает современным требованиям высокотехнологичных процессов. Причиной ускорения процесса диффузионного насыщения при ионной ХТО является высокое содержание насыщающего элемента по всей поверхности металла и формирование высокого градиента его концентрации.

Процесс ионного азотирования проходит в две стадии:

- очистка поверхности катодным распылением;
- насыщение поверхностного слоя азотом.

На первой стадии происходит распыление оксидных пленок и активация (депассивация) поверхности металла. На второй стадии происходит нагрев металла до температуры насыщения, активация газовой среды и поддержание высокой концентрации азота на поверхности металла. Катодное распыление проводят при напряжении 1000–1400 В и давлении 1–3 Па, температура очищаемой поверхности составляет 200–250 °С.

Насыщение азотом проводят при напряжении 400–1000 В при давлении 100 – 1300 Па. Присутствие кислорода в плазме и в поверхностном слое должно быть на уровне его содержания в исходном металле. Катодное распыление, идущее на протяжении всего процесса насыщения, но с меньшей скоростью, чем на стадии очистки, снижает тормозящий эффект образующихся химических соединений (нитридов). При этом образуются более глубокие диффузионные зоны азота [3].

Присутствующие в плазме атомы аргона снижают скорость образования барьерных оксидных и нитридных слоев на поверхности металла. Кроме того они препятствуют рекомбинации ионов азота в атомы и способствуют их активации. Скорость насыщения металла азотом возрастает при этом в 2–4 раза, соответственно сокращается длительность процесса азотирования.

Так, получение нитридов алюминия (AlN) позволит существенно повысить твердость и износостойкость поверхностных слоев. По данным работы [4] при азотировании технически чистого алюминия установлено увеличение твердости в 4,3 раза, а также увеличение износостойкости в 40 раз по сравнению с исходным образцом. Протекание диффузионного насыщения также связано с проблемой разрушения оксидной пленки на поверхности. Обычно при ионном азотировании сталей вакуум составляет порядка 150–200 Па, что неприемлемо для обработки алюминия, ввиду его пассивации. Для ионной обработки при данных давлениях необходимо проведение предварительной депассивации, с нанесением защитного промежуточного слоя. Защитный слой должен препятствовать дальнейшему образованию пленки Al₂O₃ на поверхности, но не должен препятствовать диффузии упрочняющих элементов при проведении последующей химико-термической обработки.

Заключение

Ввиду роста сфер применения алюминия и его сплавов возрастает и актуальность повышения их физико-механических свойств путем термической и химико-термической обработки. На данный момент перспективным направлением является ионная химико-термическая обработка, как высокотехнологичный и экологически чистый метод.

Список использованных источников

1. Лахтин, Ю. М., Леонтьева В. П. *Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений.* — М.: Машиностроение, 1990. — 528 с.
2. Ворошнин, Л.Г. Диффузионные покрытия на алюминии и его сплавах / Л.Г. Ворошнин [и др.] // *Металлургия.* – 1981. – № 15. – С. 81–83.
3. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов и др. М.: Изд. МГТУ им. Баумана. – 1999. – 400 с.
4. Крысина, О.В. Азотирование поверхности технически чистого алюминия в плазме несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом / О.В. Крысина [и др.] / *Материалы 12-й Междунар. конф., Минск, 19–22 сент. 2017 г. / редкол.: В.В. Углов (отв.ред.) [и др.].* — Минск: Изд. центр БГУ, 2017. — С. 250–252.