

полнение к тонкому оксидному слою, сплавы алюминия в определенных кислотных электролитах образуют толстые оксидные пленки, имеющие высокопористую структуру.

Можно получать на алюминии слои с различными заранее заданными свойствами: твердые и мягкие защитные слои, безпористые, пористые, эластичные, хрупкие. Различные свойства получают при варьировании составом электролита и режимами электролиза.

При оксидировании алюминия в нейтральных или кислых электролитах (в большинстве растворов) поверхность алюминия почти моментально покрывается толстым слоем оксидов: сначала образуется тонкий слой окислов, а потом кислород, проникает сквозь этот слой, упрочняя и утолщая его.

Большинство существующих технологий используют при оксидировании алюминия и его сплавов постоянный или импульсный ток с длительностью импульса в несколько миллисекунд. Данные процессы позволяют формировать пленки оксида алюминия толщиной в 30 мкм приблизительно за 40 минут.

Таким образом, метод высоковольтного электрохимического оксидирования можно эффективно использовать для формирования оксидных слоев толщиной до 70 мкм. Метод ВВЭО обеспечивает высокие физико-механические свойства оксидных пленок и характеризуется низким энергопотреблением и меньшим временем проведения процесса, что делает его конкурентно способным среди других методов оксидирования алюминия.

Подобная схема дает особые преимущества в случаях, когда требуется использование тока высокой плотности или при обработке сплавов с высоким содержанием меди. Покрытия, полученные с использованием высоковольтного электрохимического оксидирования, обладают повышенной коррозионной стойкостью и сопротивлением истиранию.

УДК 621.762

### **Горячее изостатическое прессование (HIP)**

Студент гр. 104519 Богданчик М.И.

Научный руководитель Щербаков В.Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Горячее изостатическое прессование (HIP) представляет собой процесс уплотнения порошков в печи при высоком давлении (100-200 МПа) и при температуре от 900 до 1250 °С. Давление газа (аргон) действует равномерно во всех направлениях, чтобы обеспечить равномерность свойств и 100% уплотнение. Данный процесс предоставляет множество преимуществ и имеет высокую производительность по сравнению с ковкой и литьем.

Благодаря HIP методу возможно изготовления широкого спектра деталей. С его помощью можно изготовить как массивные детали, например, колеса диаметром до 1 метра, так и для изготовления быстрорежущего инструмента весом менее 100 г.

Основные преимущества технологии HIP:

- Дисперсная и изотропная микроструктура;
- Улучшение износостойкости и коррозионной стойкостью;
- Сокращение числа сварных швов сложных деталей;
- Использование композиционных материалов;
- Простая маршрутная технология производства, что приводит к минимальным задержкам производства;
- Сокращение количества механических операций;

Благодаря выше изложенным преимуществам, HIP технология показывает высокие технологические и экономические показатели.

Основные этапы процесса:

- Производство порошка;
- Разработка и изготовление контейнеров;
- Контейнер заполняется и уплотняется порошком;
- Изостатическое горячее прессование;
- Перемещение контейнера;
- Последующие операции обработки;

В процессе горячего изостатического прессования температура, давление аргона и время выдержки зависит от вида материала.

После заполнения и закрытия контейнера создается вакуум. Затем, пока температура повышается, давление аргона увеличивается в контейнере. В конце время выдержки, температура и давление аргона остается стабильным.

После этого, быстрое охлаждение происходит при понижении давления и температуры.

Температура применяется 0,8T солидуса, чтобы избежать появления жидкой фазы. Современные HIP системы отличаются равномерным и быстрым охлаждением

На рисунке 1 представлен график режима процесса изостатического прессования, на котором:

- т.1-Создание вакуума,
- т.2-Уравновешивание,
- т.3-Увеличение давления,
- т.4-Нагрева,
- т.5-Выдержка,
- т.6.-Охлаждение,
- т.7-Уравновешивание,
- т.8.-Откачка газа.

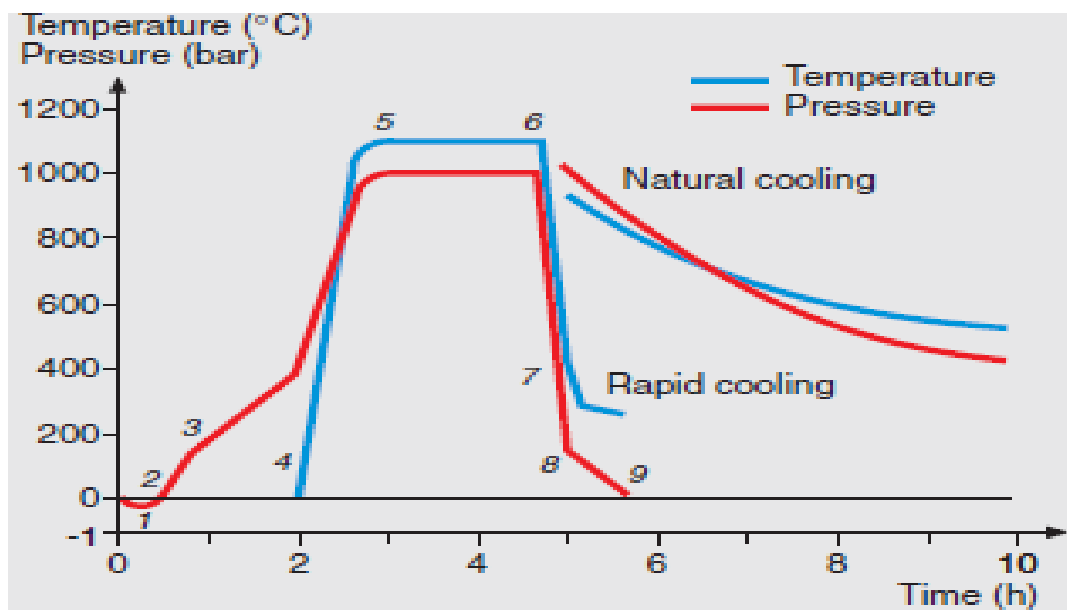


Рисунок 1 – График режима процесса изостатического прессования

Технология HIP уменьшает время цикла, за счет резкого сокращения стадии охлаждения на 80%. Она также обеспечивает объединение термообработки с HIP в одну стадию. Равномерное охлаждение ограничивает рост зерна и тепловой деформации частей. HIP обработка длится от 6 до 8 часов.