

Эффект памяти формы в сплавах

Студент группы 10401121 Калинина А. В.

Научный руководитель – Пацеко Е. К.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Сплав с памятью формы – это материал, претерпевающий фазовое превращение при механическом воздействии или при изменении температуры. Когда условия снова становятся нормальными, сплав «вспоминает» свою исходную форму и возвращается к ней.

Сплавы с памятью формы имеют две кристаллические модификации: *аустенит* и *мартенсит*. При высоких температурах сплав имеет кристаллическую структуру аустенита, а при низких – мартенсита. Переход от аустенита к мартенситу и обратно является причиной явления «памяти».

Эффект памяти формы. Механическое двойникование – переориентация кристалла, как механизм неупругой деформации в принципе родственно скольжению, хотя и с некоторыми ограничениями.

Причины для самопроизвольного восстановления деформации при удалении силы, вызвавшей сдвиг, может возникнуть, если двойникование происходит внутри среды: в ней из-за стесненности деформации будут генерироваться напряжения, стремящиеся вернуть кристаллу исходную форму. Иногда образовавшиеся двойники самопроизвольно исчезают посредством раздвойнивания, то есть сдвигами в обратном направлении. Раздвойникование сопровождается восстановлением приобретенной деформации, притом уже на этапе разгрузки.

Поскольку деформации нередко достигают гигантских значений – в рекордных случаях около 30%, – то двойнивающиеся кристаллы способны демонстрировать упругость, почти подобную упругости резины.

Деформации кристаллов инициируются тремя факторами: температурным, магнитным и механическим. Известно, что, нагрев ферромагнетика выше некоторой температуры, называемой температурой Кюри, ликвидирует ферромагнитное состояние, а охлаждение вновь восстанавливает его. Переход от низкой к высокой температуре и наоборот кроме деформации теплового расширения или сжатия вблизи температур Кюри или Нееля вызывает дополнительные деформации.

Другой известный пример деформирования кристаллической решетки через возбуждение электронно-атомной подсистемы относится к сегнетоэлектрикам и антисегнетоэлектрикам.

Таким образом, кроме пластической деформации и механического двойникования имеются другие варианты реализации деформаций неупругого характера, связанные прежде всего с изменением кристаллической структуры твердого тела при фазовом превращении. Характерной особенностью такой деформации обычно оказывается ее полная обратимость. Сейчас известны сотни веществ, изменяющих свою кристаллическую структуру при так называемых обратимых мартенситных превращениях (по имени немецкого металловеда А. Мартенса). В процессе мартенситных превращений атомы не мигрируют далеко по кристаллу, а перемещаются на расстояния, не превышающие межатомные. При этом смещения атомов в новые позиции происходят скоординированно в большом ансамбле частиц и сопровождаются деформационными явлениями.

Интересно, что как реализация эффекта пластичности превращения, так и деформирование мартенсита не требуют значительных усилий. Напряжения, вызывающие мартенситную неупругость, могут быть во много раз ниже обычного предела текучести. Как

уже отмечалось, нагрев приводит к обратному превращению мартенсит в аустенит, при котором восстанавливаются кристаллические структуры и соответствующие микродеформации. Воспрепятствовать возврату не удастся даже приложением нагрузок обратного знака, близких к разрушающим. Явление возврата неупругих деформаций называют теперь эффектом памяти формы. [1]

Способность сплавов с памятью формы проявлять эффект памяти формы способствовала широкой популярности этого материала для широкого спектра применений. Один из первых популярных сплавов состоял из никель-титанового сплава, широко известного как нитинол. Нитинол представляет собой сплав никеля и титана в пропорциях 45% титана и 55% никеля. Температура активации нитинола около 40°C.

Применение. Благодаря уникальному поведению сплавов с памятью формы в производстве продукции и компонентов в самых разных отраслях промышленности часто делается выбор именно в их пользу.

В аэрокосмической промышленности сплавы с памятью формы используются для разработки легких, тихих и эффективных конструкций, а это три важнейших фактора в проектировании летательных аппаратов. Из материалов с памятью формы создаются такие компоненты, как вентиляторные сопла с изменяемым сечением, демпферы колебаний и приводы. Эти устройства являются аустенитными при нормальной для них температуре и превращаются в мартенситные (и принимают требуемую форму) при охлаждении благодаря изменению температуры под действием воздушного потока вокруг летательного аппарата или даже смене температуры окружающей среды во время обычного полета.

В некоторых легковых автомобилях имеется клапан из сплава с памятью формы для пневматических камер в сиденьях. При нажатии с определенным усилием элемент поддержки поясницы принимает форму, соответствующую спине водителя или пассажира.

Сплавы с памятью формы используются и для конструирования приводов, с помощью которых становится проще закрывать багажник автомобиля, а также клапанов ограничения шума, вибрации и жесткости для контроля шума и вибрации двигателей.

Стержни из сплавов с памятью формы в бетонных балках обеспечивают предварительное напряжение моста или здания. Изделия меньших размеров из материалов с памятью формы могут использоваться в качестве надежной арматуры трубопроводной сети.

Применение сплавов с памятью формы в области биомедицины может сократить необходимость хирургического вмешательства. Например, в артерии можно имплантировать специальные стенты, что является наименее инвазивным способом улучшить кровоток у пациентов с заболеваниями сердца. Микроприводы и искусственные мышцы в робототехнических протезах также состоят из материалов с памятью формы, что дает пациентам с ампутированными конечностями больше свободы движения.

Список использованных источников

1. Лихачев, В. А. Эффект памяти формы / В. А. Лихачев // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №3. – с.107-114.
2. Технология и промышленность [Электронный ресурс] / Универсальная научно-популярная энциклопедия Кругосвет. – Режим доступа: <https://www.krugosvet.ru>. – Дата доступа: 24.03.2022.