

УДК 004

DOI: 10.47813/10.47813/ MIP:  
Engineering-IV-2022.4. 14-17

EDN: [VYYDUE](#)



## Материалы с памятью формы

**Д.А. Бутьянов\*, С.А. Арефьева**

Кубанский государственный технологический университет,  
ул. Московская, 2, Краснодар, Россия

\*E-mail: [dima\\_dima2\\_13\\_dima@mail.ru](mailto:dima_dima2_13_dima@mail.ru)

**Аннотация.** В работе рассмотрена характеристика материалов с эффектом памяти формы, суть явления и сферы их применения. Данная работа является актуальной, так как исследования в данной области проводятся до сих пор во многих странах.

**Ключевые слова:** материалы, память формы, сплавы, кристаллическая решетка и т.д.

## Shape memory materials

**D.A. Butyanov\*, S.A. Arefieva**

Kuban State Technological University, st. Moscow, 2, Krasnodar, Russia

\*E-mail: [dima\\_dima2\\_13\\_dima@mail.ru](mailto:dima_dima2_13_dima@mail.ru)

**Abstract.** The paper considers the characteristics of materials with the shape memory effect, the essence of the phenomenon and the scope of their application. This work is relevant, because. research in this area is still being carried out in many countries.

**Keywords:** materials, shape memory, alloys, crystal lattice, etc.

## 1. Введение

На нашей планете есть множество материалов и каждый из них обладает своими уникальными свойствами. Некоторыми из таких свойств являются твердость, прочность и долговечность. Их можно долго перечислять, но я хочу обратить внимание на очень интересное свойство, о котором многие даже не подозревают. Это свойство называется памятью формы.

Исследования этого свойства до сих пор ведутся во многих странах и поэтому актуальность данной темы достаточно высока. В пример можно взять обычную пружину, для нас возвращение пружины из растянутого состояния в изначальное кажется совсем привычным и естественным, однако если превысить предел деформации пружины, то она уже не сможет вернуться в изначальное состояние из-за пластической деформации.

Однако, совсем недавно учёные обнаружили материалы (сплавы), которые могут вернуться в изначальное состояние при деформации формы. Это означает, что некоторые сплавы при их предварительной деформации могут вернуться в исходное состояние после нагрева. То есть некоторые материалы, не являясь живыми существами, способны проявлять такую своеобразную память.

## 2. Материалы с эффектом памяти формы и сферы их применения

Материалы с памятью формы (МПФ) характеризуются способностью восстанавливать свою первоначальную форму после значительной и кажущейся пластической деформации при приложении определенного стимула. Это известно как эффект памяти формы (ЭПФ). Сверхэластичность (в сплавах) или вязкоупругость (в полимерах) также обычно наблюдается, если материалы с памятью формы деформируются в момент воздействия раздражителя. Эффект памяти формы можно использовать во многих областях, от аэрокосмической техники (например, в разворачиваемых конструкциях и трансформируемых крыльях) до медицинских устройств.

С помощью таких материалов были разработаны перчатки помогающие человеку в процессе его реабилитации, зажимы для защемления малых вен, проволока для исправления зубного ряда, фильтры для введения в сосуды кровеносной системы и еще огромное множество полезных и жизненно необходимы медицинских изобретений.

Несмотря на то, что ЭПФ был обнаружен в сплаве AuCd еще в 1932 г., это явление, по-видимому, не было столь привлекательным до 1971 г., когда в Военно-морских артиллерийских лабораториях США была обнаружена значительная восстанавливаемая деформация в сплаве NiTi<sub>2</sub>. На сегодняшний день разработан ряд сплавов с памятью формы (СПФ). Среди них только три системы сплавов, а именно на основе NiTi, на основе Cu (CuAlNi и CuZnAl) и на основе Fe, в настоящее время имеют большее коммерческое значение.

Было проведено систематическое сравнение сплавов с памятью формы NiTi, CuAlNi и CuZnAl с точки зрения различных показателей эффективности, представляющих интерес для инженерных приложений. В то время как NiTi должен быть первым выбором из-за его высокой производительности и хорошей биосовместимости, что имеет решающее значение в биомедицинских применениях, например, в стендах и проводниках в минимально инвазивной хирургии, СПФ на основе Cu имеют преимущества низкой стоимости материала и хорошей обрабатываемости. ЭПФ в СПФ на основе Fe относительно намного слабее, и они, скорее всего, используются только как застежка/зажим для одноразового срабатывания в основном из-за чрезвычайно низкой стоимости. Все эти СПФ являются термочувствительными, то есть стимулом, необходимым для запуска восстановления формы, является тепло.

В последние годы был достигнут хороший прогресс в разработке ферромагнитных СПФ, которые являются магниточувствительными. Но с точки зрения реального инженерного применения термочувствительный СПФ является более зрелым, и к настоящему времени реализовано множество коммерческих приложений.

### **3. Феномен и суть явления**

Чтобы понять суть данного феномена нужно лишь один раз увидеть, как он действует. Для это можно взять проволоку, изогнуть её и нагреть. В ходе действия этого эксперимента мы увидим, как проволока медленно начнет принимать свою изначальную форму.

Если разбирать его более детально, то можно сказать, что при деформации внешние слои вытягиваются, а внутренние сжимаются. Такие вытянутые структуры называют мартенситными пластинами, которые являются совершенно естественными для металлических сплавов. Необычность этого эксперимента проявляется в другом:

мартенсит является термоупругим в сплавах с памятью формы. Поэтому материал при нагреве восстанавливает свою исходную форму, можно сказать, что мартенсит проводит автодеформацию в обратном направлении.

Есть такое понятие как кристаллическая решетка, если говорить простым языком, то это периодическое расположение атомов вещества в пространстве. И у каждого металла есть строение кристаллической решетки, заложенное в его структуру изначально. Но можно совершить изменения в строении кристаллической решетки с помощью таких факторов как температура и давление. В таком случае говорят о полиморфном превращении, то есть происходит перестроение структуры кристаллической решётки. Полиморфное превращение можно совершить при помощи нескольких способов: воздействие на сплав высокой температуры и мартенситного превращения. Однако, если при применении первого способа температура будет недостаточно высокой, то нужно применить бездиффузный способ.

При изучении одного из древнейших способов термообработки – закалки стали, был обнаружен так называемый бездиффузный способ. В результате закалки образовывалась фаза с новой кристаллической решёткой, которая называется мартенсит. Поэтому полиморфное превращение решили заменить на мартенситное превращение. Данный способ характерен для цветных сплавов, чистых металлов, сталей и полимеров в случае перестройки кристаллической решётки при отсутствии диффузии.

#### **4. Выводы**

Исследования по изучению свойств памяти формы ведется и по сей день во многих странах мира. На данный момент её изучение внесёт очень большой вклад в развитие будущего.

Благодаря этим изучениям появилось очень много прогрессирующих механизмов, помогающих человечеству во многих сферах жизнедеятельности.

#### **Список литературы**

1. Мусллов, С. А. Сверхэластичные сплавы с эффектом памяти формы в науке, технике и медицине. Справочно-библиографическое издание / С.А Мусллов, В.А. Андреев, А.Б. Бондарев, П.Ю. Сухочев. – М., Издательский дом «Фолиум», 2010.
2. Хачин, В. Н. Память формы / В. Н. Хачин. – М.: Знание, 1984.