

# Конструкционные материалы с памятью формы

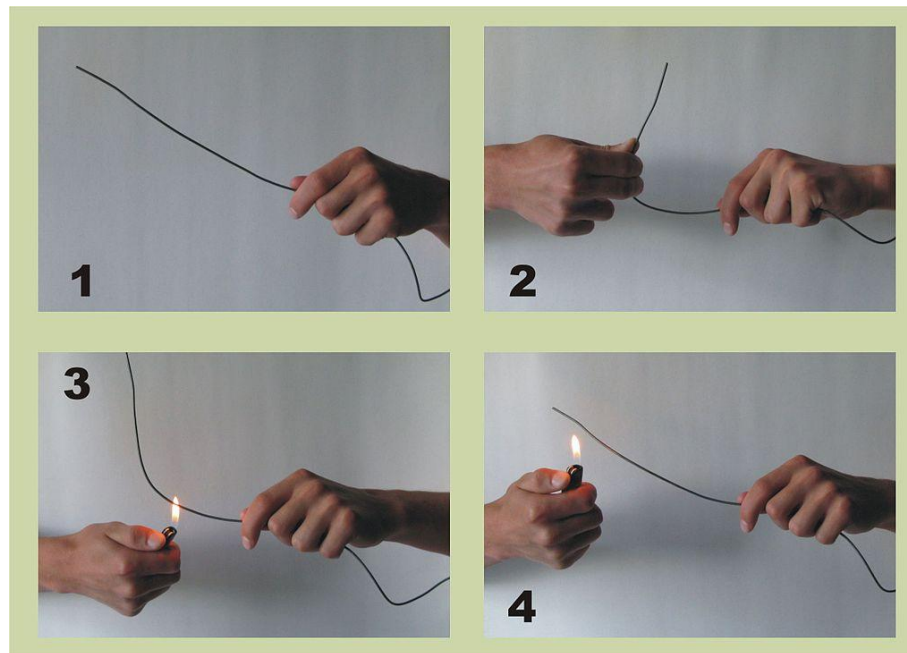
Выполнил студент:  
группы МОН 17-1м  
Абашев А.Р.

# Эффект памяти формы

- Эффект памяти формы — явление возврата к первоначальной форме при нагреве, которое наблюдается у некоторых материалов после предварительной деформации.
- Материалы с памятью формы (МПФ) были открыты в конце 60-х годов этого века. Уже через 10 лет (конец 70-х - начало 80-х) появляется множество сообщений в научных журналах, описывающих различные возможности их применения. В настоящее время для МПФ определены функциональные свойства: одно - и двухсторонний эффект памяти, псевдо- или суперэластичность, высокая заглушающая способность

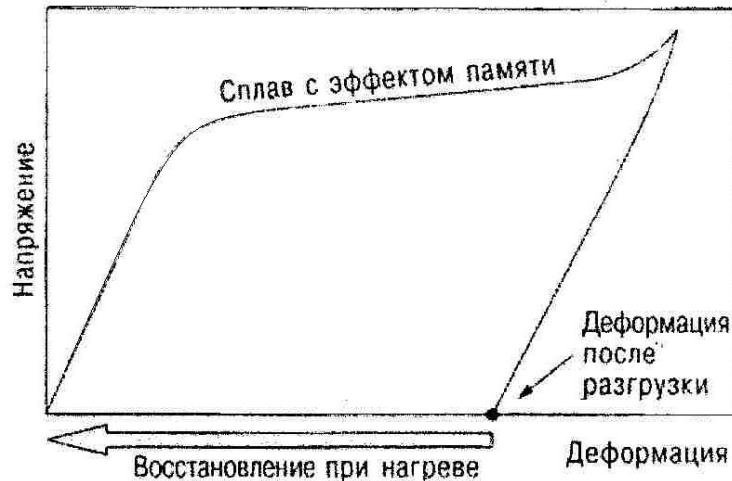
# Феномен

- Чтобы понять эффект памяти формы, достаточно один раз увидеть его проявление. Что происходит?
- Есть металлическая проволока.
- Эту проволоку изгибают.
- Начинаем нагревать проволоку.
- При нагреве проволока распрямляется, восстанавливая свою исходную форму.

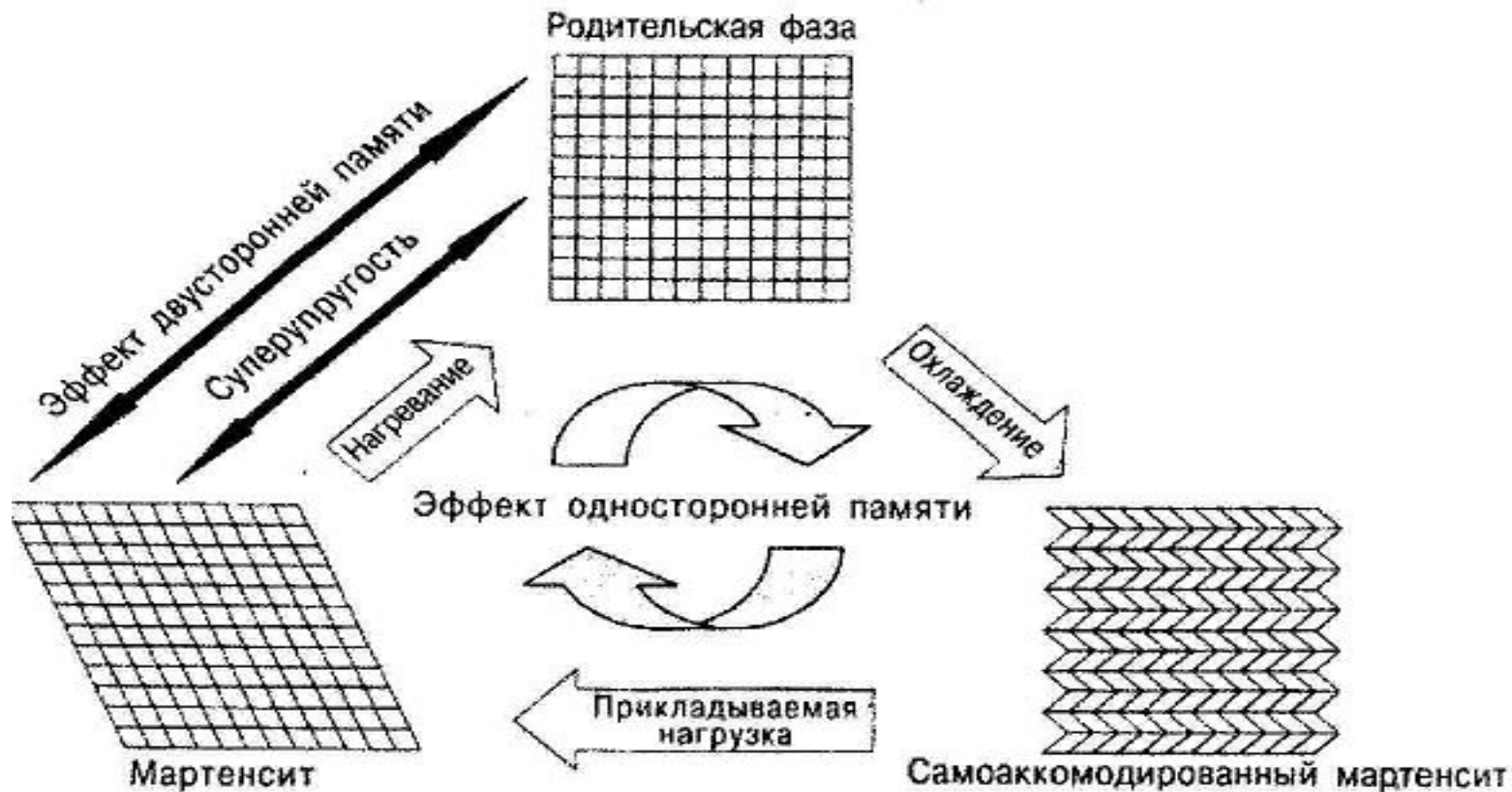


# Односторонняя память формы.

- макроскопическое поведение металлов с односторонней памятью формы. Это называют односторонним эффектом памяти. Пока деформация не слишком высока и еще не началось макроскопическое пластическое течение, возврат формы может происходить также под действием растяжения, сжатия, изгиба или их комбинации.
- На рисунке схематически изображена диаграмма деформирования, демонстрирующая макроскопическое поведение металлов с односторонней памятью формы. Если такой сплав деформируют в мартенситном состоянии, после разгрузки остается значительная пластическая деформация. Это является следствием переориентации мартенситной микроструктуры, которая сохраняется после снятия внешнего напряжения. Если сплав будет нагрет до температуры, превышающей температуру мартенситного перехода, то остаточная деформация полностью восстановится и образец вернет свою первоначальную макроскопическую



# Микроструктурные изменения при эффекте тепловой памяти и суперупругости.



# Эффект двусторонней памяти.

- Сплавы, для которых характерен эффект односторонней памяти, запоминают только одну так называемую горячую форму родительской фазы. Однако металлы с эффектом памяти можно обработать так, чтобы они восстанавливали форму и в горячем, и в холодном состоянии. Это явление называют эффектом двусторонней памяти, и деталь может циклически изменять свою форму без приложения внешней нагрузки.

# Эффект суперупругости

- Другим явлением, тесно связанным с эффектом памяти формы, является сверхупругость — свойство материала, подвергнутого нагружению до напряжения, значительно превышающего предел текучести, полностью восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки. Сверхупругость наблюдается в области температур между началом прямого мартенситного превращения и концом обратного.

# Мартенсит

- Мартенсит - структура кристаллических твердых тел, возникающая в результате сдвигового бездиффузионного полиморфного превращения при охлаждении. В результате деформации решетки при этом превращении на поверхности металла появляется рельеф; в объеме же возникают внутренние напряжения, и происходит пластическая деформация, которая и ограничивает рост кристалла. Противодействие внутренних напряжений смещает зарождение кристаллов много ниже точки термодинамического равновесия фаз и может остановить превращения при постоянной температуре; в связи с этим количество возникшего мартенсита обычно растет с увеличением переохлаждения. Поскольку упругая энергия должна быть минимальной, кристаллы мартенсита принимают форму пластин.



# Мартенситное превращение

- Мартенситное превращение – полиморфное превращение, при котором изменение взаимного расположения составляющих кристалл атомов происходит путем их упорядоченного перемещения, причем относительные смещения соседних атомов малы по сравнению с междоатомным расстоянием. Перестройка кристаллической решетки в микрообластях обычно сводится к деформации ее ячейки, и конечная фаза мартенситного превращения – однородно деформированная исходная фаза

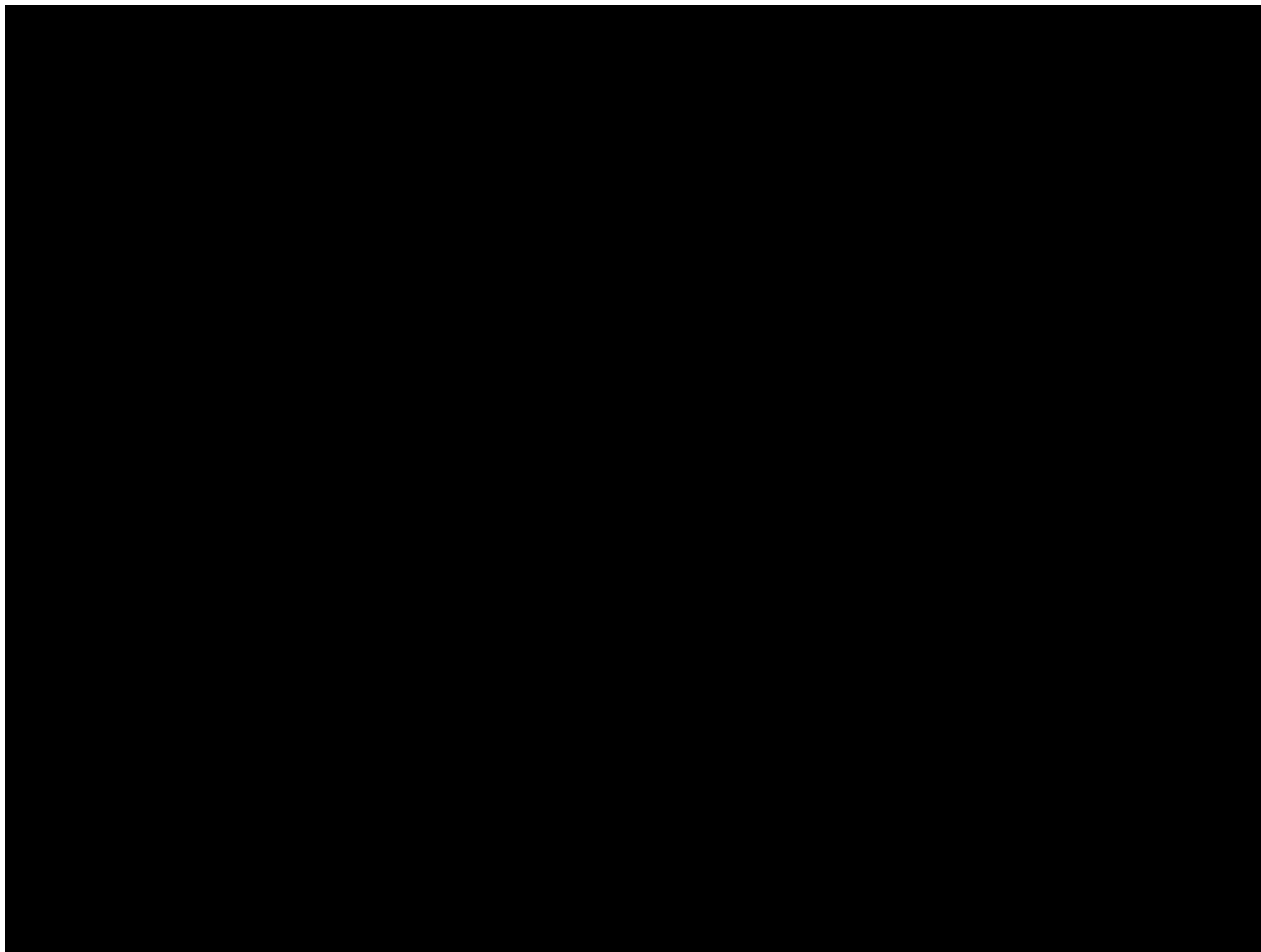
# Сплавы с ЭПФ

- Ni-Ti( Никелид Титана)
- Cu—Zn—Al
- Fe—Mn—Si
- Cu—Al—Ni
- Au—Cd
- Fe—Ni;
- Cu—Al;
- Cu—Mn;
- Co—Ni;
- Ni—Al.

# Никелид титана(Нитинол)

- Лидером среди материалов с памятью формы по применению и по изученности является никелид титана (нитинол) — интерметаллид эквиатомного состава с 55 % Ni (по массе). Исходная структура никелида титана стабильная объемно-центрированная кубическая решетка типа CsCl при деформации претерпевает термоупругое мартенситное превращение с образованием фазы низкой симметрии.

# Способ производства



# Химический состав

Таблица 10.2 - Химический состав сплавов никелида титана, % (мас.)

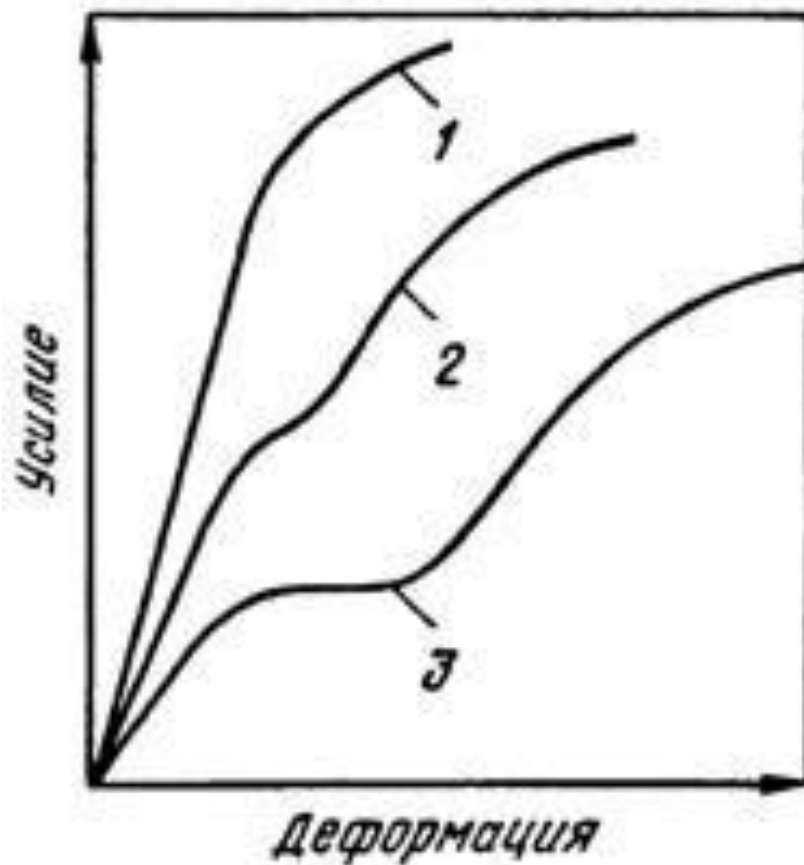
Марка сплава	Основные элементы		Примеси, не более							
	Ni	Ti	Fe	Si	C	N	O	H	Co	Остальные
ТН-1	53,5–56,5	Остальное	0,3	0,15	0,10	0,05	0,2	0,013	–	0,30
ТН-1К	50,0–53,5	То же	2,5–4,5	0,15	0,10	0,05	0,2	0,030	0,2	0,30

# Основные свойства сплавов никелида титана

	ТН-1	ТН-1К
Плотность, г/см <sup>3</sup>	6,45–6,50	
Температура плавления, °С	1250–1310	
Коэффициент термического расширения, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	6,0*–10,4	12,0–14,0
Удельное электросопротивление, 10 <sup>-8</sup> Ом · м	55*–60	70–80
Коэффициент Пуассона	0,48*	0,33
Временное сопротивление при растяжении, МПа	600–800	800–1000
Предел текучести, МПа	400–600	500–700
Фазовый предел текучести, МПа	150–200	Не проявляется при 20 °С
Относительное удлинение, %	20–40	20–40
Эффект памяти формы:		
Предельная деформация, при которой происходит полное восстановление формы, %	6–8	–
Реактивное напряжение, МПа	300–500	–

\* Данные относятся к мартенситному состоянию сплава

# Диаграмма растяжения для сплавов никелида титана



# Преимущества нитинола

- - очень высокой коррозионной стойкостью;
  - высокой прочностью;
  - хорошими характеристиками формозапоминания; высокий коэффициент восстановления формы и высокая восстанавливающая сила; деформация до 8 % может полностью восстанавливаться; напряжение восстановления при этом может достигать 800 МПа;
  - хорошей биологической совместимостью;
  - высокой демпфирующей способностью.



# Сферы применения (медицина)

- Производство стентов, широко используемых в рентгенэндоваскулярной хирургии.
- Перчатки, применяемые в процессе реабилитации и предназначенные для реактивации групп активных мышц с функциональной недостаточностью. Могут быть использованы в межзапястных, локтевых, плечевых, голеностопных и коленных суставах.
- Противозачаточные спиральки, которые после введения приобретают функциональную форму под воздействием температуры тела.
- Фильтры для введения в сосуды кровеносной системы. Вводятся в виде прямой проволоки с помощью катетера, после чего они приобретают форму фильтров, имеющих заданную локацию.
- Зажимы для защемления слабых вен.
- Искусственные мышцы, которые приводятся в действие электрическим током.
- Крепежные штифты, предназначенные для фиксации протезов на костях.
- Искусственное удлинительное приспособление для так называемых растущих протезов у детей.
- Замещение хрящей головки бедренной кости. Заменяющий материал становится самозажимным под действием сферической формы (головки бедренной кости).
- Стержни для коррекции позвоночника при сколиозе.
- Временные зажимные фиксирующие элементы при имплантации искусственного хрусталика.
- Оправа для очков. В нижней части, где стекла крепятся проволокой. Пластиковые линзы не выскальзывают при охлаждении. Оправа не растягивается при протирке линз и длительном использовании. Используется эффект сверхупругости.
- Ортопедические импланты.
- Проволока (ортодонтическая дуга) для исправления зубного ряда.
- Имплантаты дентальные (самофиксация расходящихся элементов в кости)

# Сферы применения (сигнализация)

- Пожарная сигнализация.
- Противопожарные заслонки.
- Сигнальные устройства для ванн.
- Сетевой предохранитель (защита электрических цепей).
- Устройство автоматического открывания-закрывания окон в теплицах.
- Бойлерные баки тепловой регенерации.
- Пепельница с автоматическим стряхиванием пепла.
- Электронный контактор.
- Система предотвращения выхлопа газов, содержащих пары топлива (в автомобилях).
- Устройство для удаления тепла из радиатора.
- Устройство для включения противотуманных фар.
- Регулятор температуры в инкубаторе.
- Ёмкость для мытья теплой водой.
- Регулирующие клапаны охлаждающих и нагревательных устройств, тепловых машин.

# Сферы применения

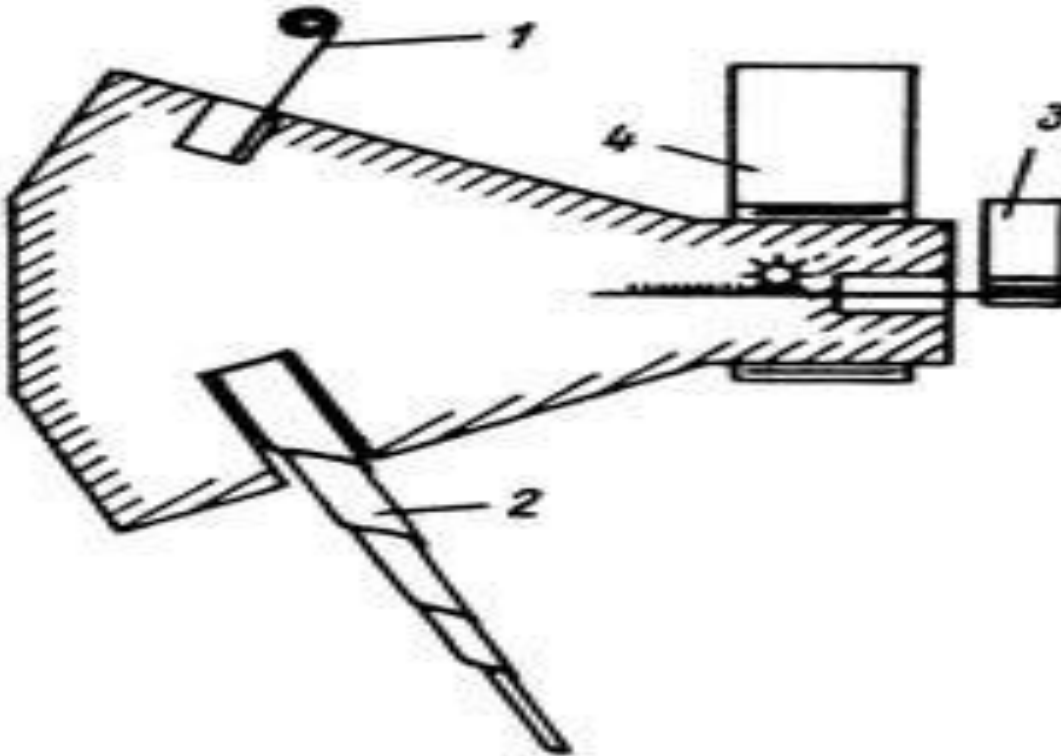
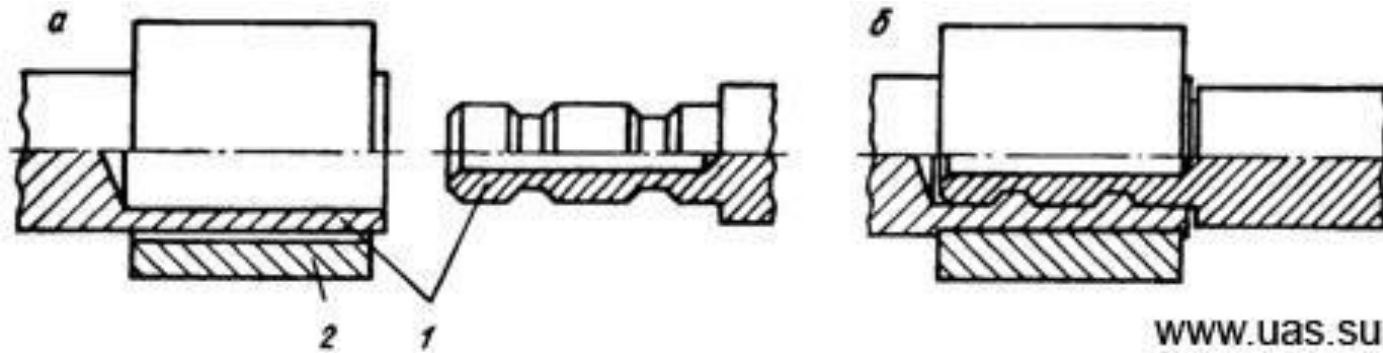


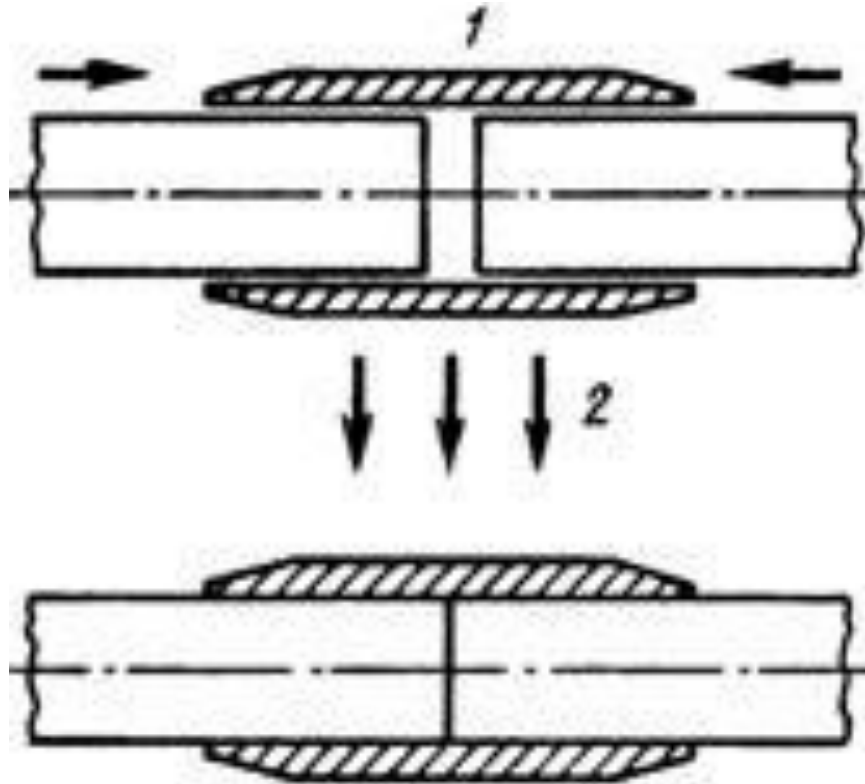
Схема космического аппарата с самотрансформирующимися элементами: 1 – антенна; 2 – механический стабилизатор; 3 – излучатель энергии; 4 – солнечная батарея

# Сферы применения



Соединение трубчатых деталей (1) с помощью муфты (2) из металла с памятью формы: а – до сборки; б – после нагрева

# Сферы применения



Соединение труб с использованием эффекта памяти формы: 1 – введение труб после расширения муфты; 2 – нагрев

# Сферы применения

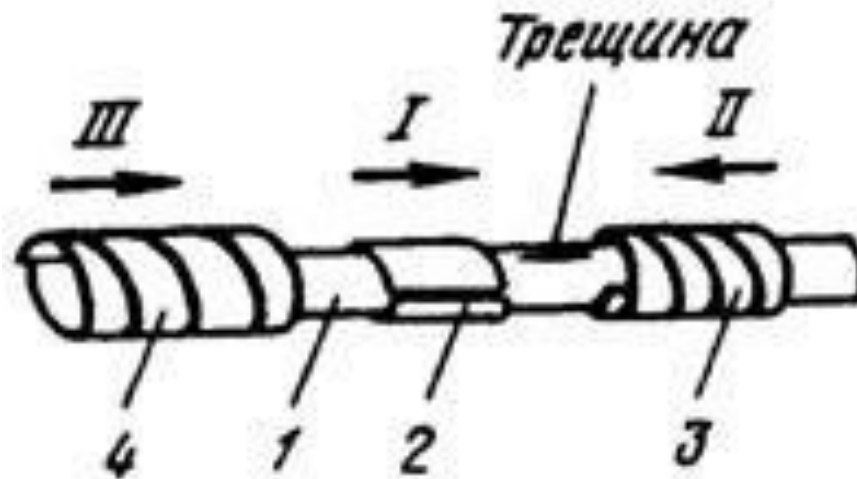
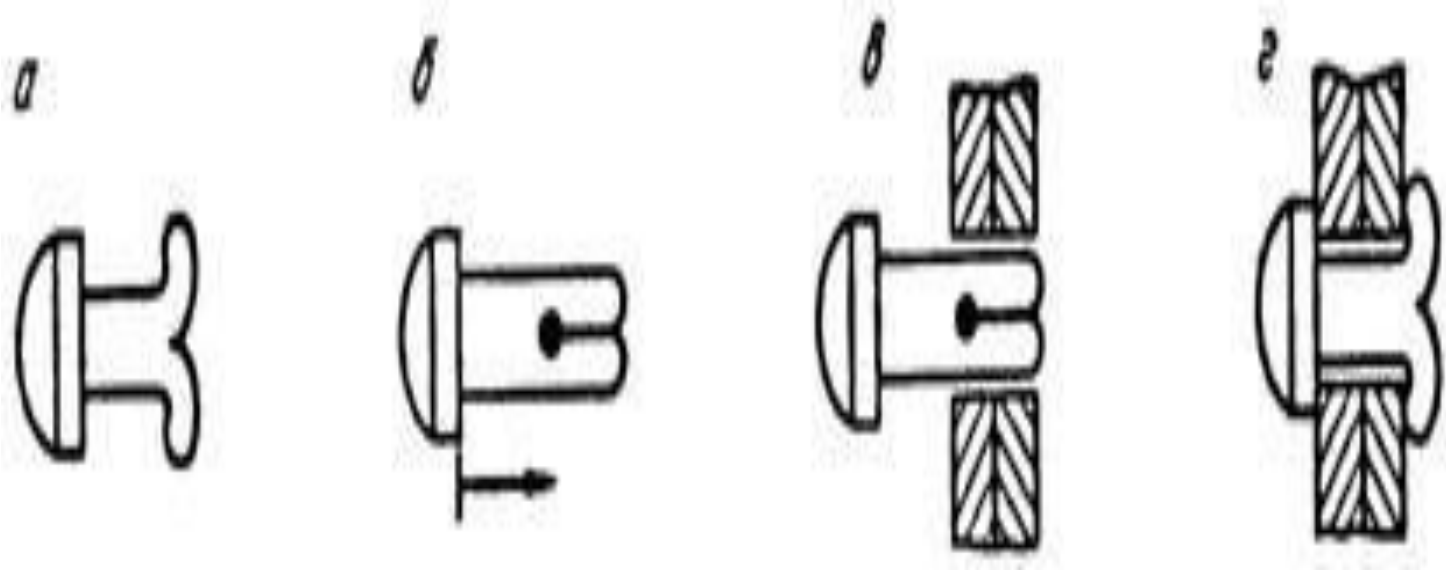
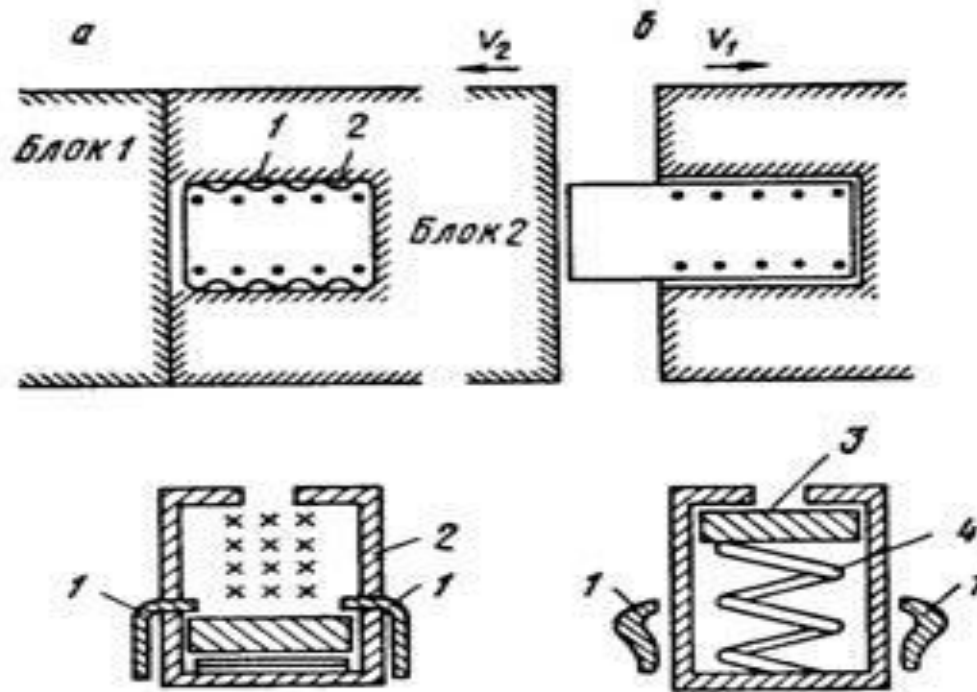


Схема устройства для ремонта трубы с трещиной: 1 – труба; 2 – разъемная вставка; 3, 4 – элементы из материала с ЭПФ (I, II, III – последовательность сборки)

# Сфера применения



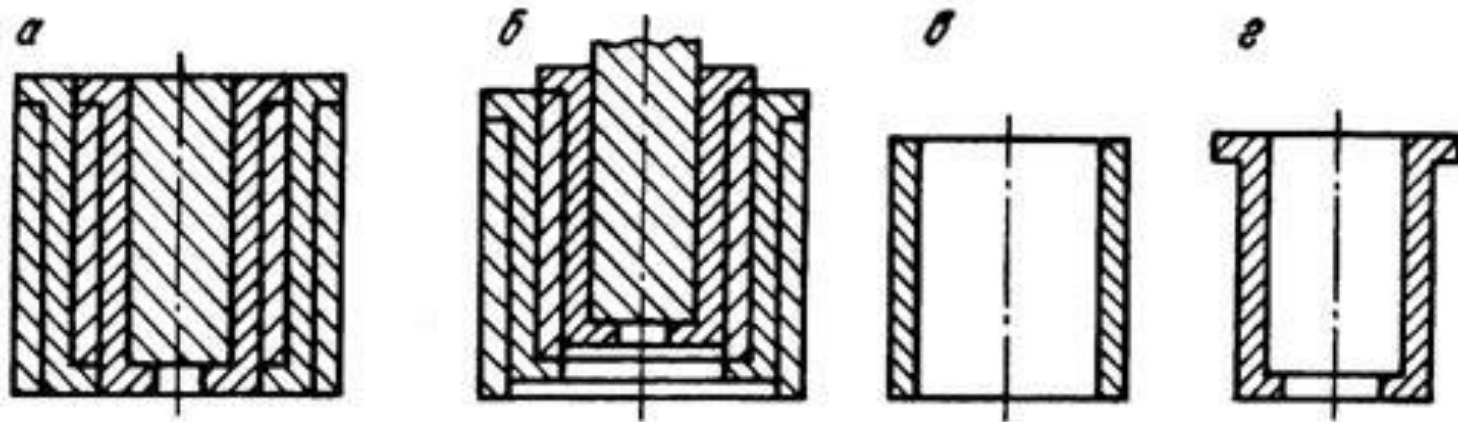
# Сфера применения



Приводы однократного срабатывания для расстыковки блоков космических кораблей (сверху) и разблокировки запирающего (замкового) устройства (внизу): а – исходное положение; б – положение после нагрева элемента с ЭПФ; 1 – стопор; 2 – контейнер; 3 – запорная шайба; 4 – пружина с ЭПФ



# Сфера применения



Телескопический малогабаритный домкрат, состоящий из простых (в) и фигурных (г) цилиндров: а – компактный вид (исходное состояние); б – после восстановления формы; в – элементы, восстанавливающие деформацию сжатия; г – элементы, восстанавливающие деформацию растяжения

# Сфера применения

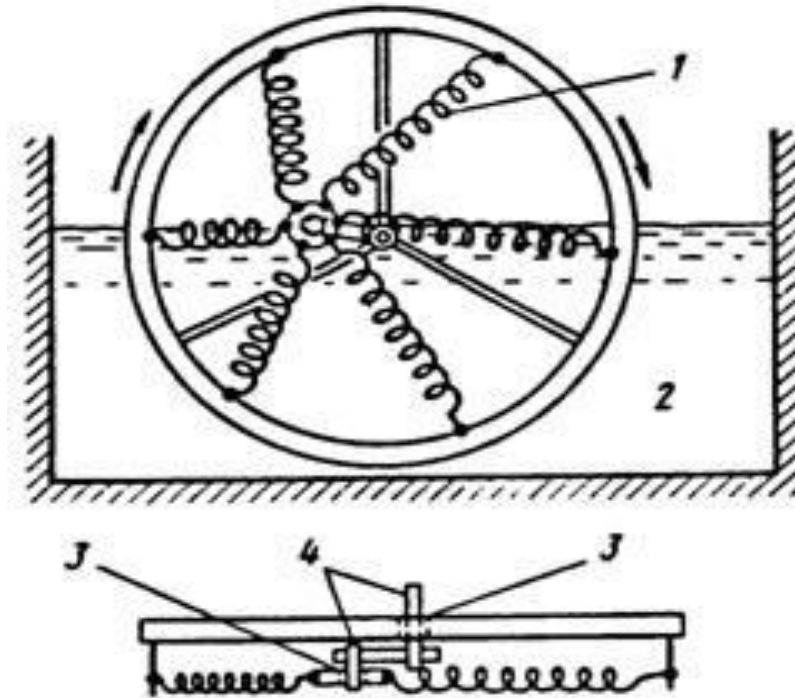
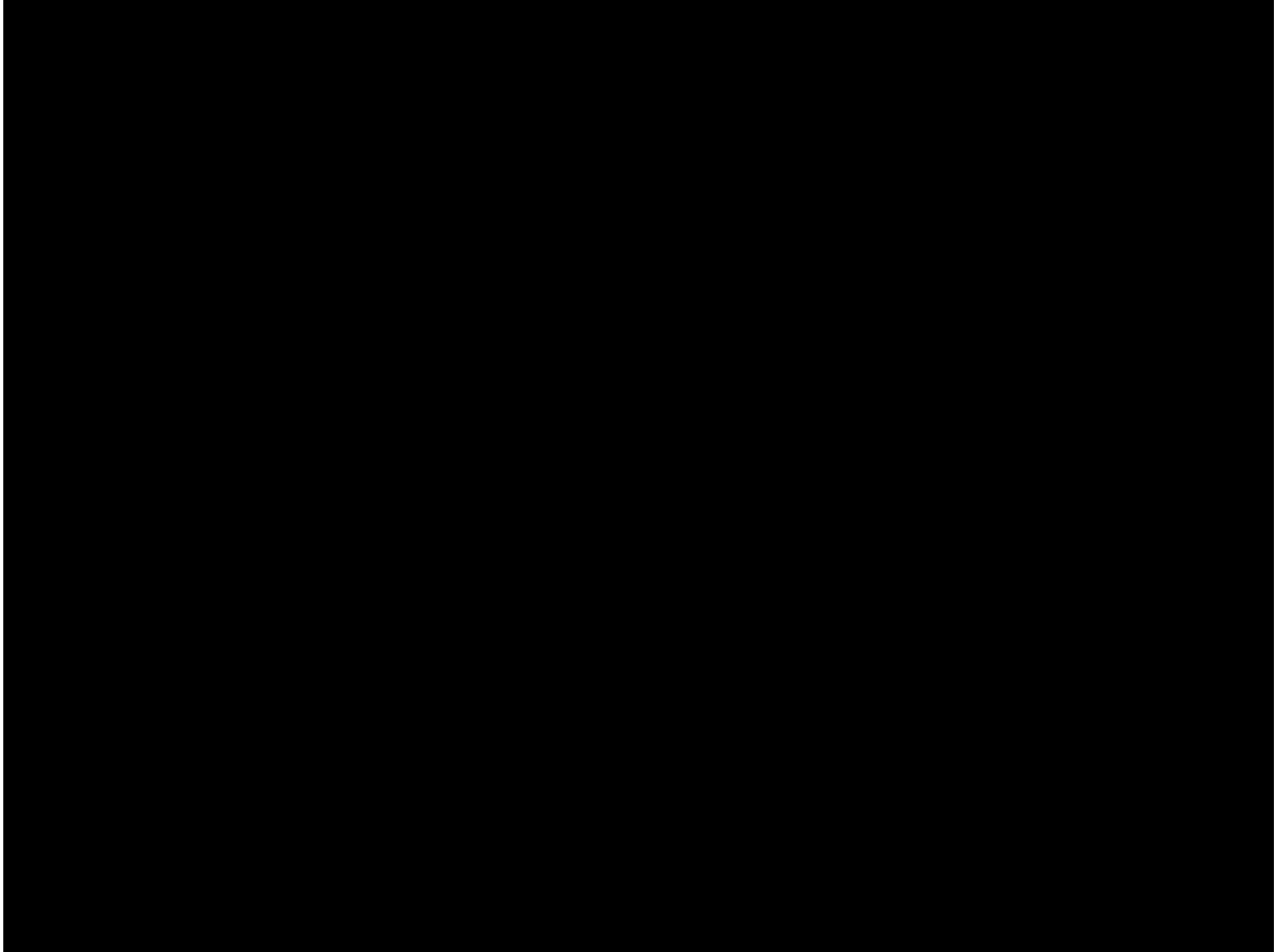


Схема двигателя Гинеля с кривошипно-шатунным механизмом; 1 – Спираль из сплава Ti – Ni; 2 – горячая вода; 3 – подшипник; 4 – фиксированные оси

# «Живой бетон»



# Список литературы

- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект\\_памяти\\_формы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_памяти_формы)
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Предел\\_текучести](https://ru.wikipedia.org/wiki/Предел_текучести)
- Лихачев В. А., Кузьмин С. Л., Каменцева З. П. Эффект памяти формы. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1987  
(<http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/288.html>)
- Изюмов Ю.А., Сыромятников В.Н. Фазовые переходы симметрия кристаллов — М.: Наука, 1984. — 245 с. (siromyatnikovfazoviererehodi1984.djvu)
- <http://msd.com.ua/teoriya-svarochnyx-processov/polimo..>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Термодинамическое\\_равно..](https://ru.wikipedia.org/wiki/Термодинамическое_равно..)
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Мартенситное\\_превращение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мартенситное_превращение)
- <http://mirznanii.com/a/320249/materialy-s-pamyatyu-fo>
- <htt://uas.su/books/newmaterial/102/razdel102.php>
- <http://skachate.ru/fizika/123615/index.html?page=3>
- Фильм «Большой скачок. Самовосстанавливающиеся материалы»