

Материалы с эффектом памяти формы

Студент гр.104218 Дубатовка С.В.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Разработка сплавов с эффектом памяти формы началась в 60-х годах 20 века с открытия группы металлических материалов, которые неупруго деформируются за счет структурного превращения при обратимом фазовом переходе аустенит-мартенсит.

Сплавы с эффектом памяти формы обладают уникальным свойством – термомеханическая память. Различают сплавы с эффектом памяти формы с односторонней памятью формы и с двухсторонней памятью формы. Эффект односторонней памяти формы заключается в следующем: если деформировать сплав с мартенситной структурой, а затем его нагреть в аустенитную область - он примет первоначальную макроскопическую форму. Эффект двухсторонней памяти формы не требует приложения внешней нагрузки, а циклическое изменение геометрических размеров происходит только за счет фазовых превращений при изменении температуры.

Наиболее перспективными сплавами с эффектом памяти формы являются сплавы Ti-Ni эквиатомного состава, называемые никелидом титана или нитинолом. Эти сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью и биосовместимостью. Эти свойства нашли широкое распространение в промышленности и медицине. В промышленности Ti-Ni сплавы применяются в качестве крепежных элементов, силовых преобразователей, элементов для гашения вибрации и акустического шума.

В промышленности также применяются сплавы с эффектом памяти формы на основе меди Cu-Al-Ni и Cu-Al-Zn. Эти сплавы значительно дешевле Ti-Ni сплавов, не так чувствительны к химическому составу, им легче придать необходимую форму. Также, по сравнению с Ti-Ni сплавами, сплавы с эффектом памяти формы на основе меди имеют очень хорошую механическую обрабатываемость и свойства при повышенной и пониженной температурах.

Освоение ближнего и дальнего космоса связано с созданием орбитальных станций и крупным космическим строительством. Необходимо сооружение таких громоздких объектов как солнечные батареи и космические антенны. Антенны состоят из листа и стержня из сплава Ti-Ni, которые свернуты в виде спирали и помещены в углубление в искусственном спутнике. После запуска спутника и выведения его на орбиту антенна с помощью специального нагревателя или солнечного излучения выходит в космическое пространство.

Используемые в массовом производстве способы соединения деталей, такие как сварка, пайка, склеивание, клепка и другие, непригодны в космических условиях. Особые требования предъявляются к обеспечению исключительно высокой техники безопасности.

С учетом этих особенностей создана уникальная технология соединения элементов в открытом космосе с использованием муфты из сплава ТН-1 (Ni = 53,5 – 56,5, Ti – остальное).

Для неподвижного соединения деталей обычно применяются заклепки и болты. Однако, если невозможно осуществлять какие-либо действия на противоположной стороне скрепляемых деталей (например, в герметичной пустотелой конструкции), выполнение операций крепления вызывает трудности. Стопоры из сплава с эффектом памяти формы позволяют в этих случаях осуществить крепление с использованием пространственного восстановления формы.

Материалы с эффектом памяти форм позволяют производить приводные модули типа «искусственные мышцы», не уступающие поперечнополосатым мышцам живых организмов прежде всего по массогабаритным параметрам.

Особый интерес представляет использование сплавов с памятью формы в медицине. Их применение открывает широкие возможности создания новых эффективных методов лечения.

Сплавы, используемые в медицине, должны обладать не только высокими механическими характеристиками. Они не должны подвергаться коррозии в биологической среде, должны обладать биологической совместимостью с тканями человеческого организма, обеспечивать отсутствие токсичности, канцерогенности, оказывать сопротивление образованию тромбов, сохраняя эти свойства в течение длительного времени. Если имплантируемый орган, изготовленный из металла, является активным относительно биологической структуры, то происходит вырождение (мутация) биологических клеток периферийной структуры, воспалительный прилив крови, нарушение кровообращения, затем омертвление биологической структуры. Если имплантируемый орган инертен, то вокруг него возникает волокнистая структура, обусловленная коллагенными волокнами, образующимися из волокнистых зародышевых клеток. Имплантируемый орган покрывается тонким слоем этой волокнистой структуры и может стабильно существовать в биологических организмах.

Специальные эксперименты, проведенные на животных, показали, что сплавы на основе Ti-Ni имеют биологическую совместимость на уровне и даже выше обычно применяемых нержавеющей сталей и кобальтхромовых сплавов и могут быть использованы в качестве функциональных материалов в биологических организмах. Использование сплавов с эффектом памяти формы для лечения показало их хорошую совместимость с тканями и отсутствие реакций отторжения биологических структур человеческого организма.

Сплавы с эффектом памяти формы применяют для коррекции позвоночника. Из него изготавливают пластинки для соединения кости, внутри-костные шпильки, устройства для скелетного вытяжения, проволоку для исправления положения зубов и т.д.

Не смотря на высокую стоимость, сложность производства и ряд недостатков, сплавы с эффектом памяти формы незаменимы при изготовлении уникальных конструкций, инструментов в медицине, а также в космостроении и при ремонтных работах в открытом космосе.