

такими элементами как рений и рутений. Направленные эвтектики на никелевой основе, например, эвтектики ВКЛС-20 и ВКЛС-20Р имеют примерно такие же температуры плавления как никелевые жаропрочные сплавы, но обладают повышенной жаропрочностью благодаря комбинированному упрочнению композиционными нитевидными кристаллами монокарбида ниобия NbC и дисперсионному упрочнению матрицы. Направленная кристаллизация таких эвтектик с микроскопическим плоским фронтом роста, который обеспечивает образование ориентированных нитевидных кристаллов вдоль оси изделия, требует чрезвычайно низких скоростей роста (0,3 мм/мин.). Для промышленного производства требуется несколько весьма дорогостоящих установок, выращивающих по одной лопатке. По этой причине, а также из-за низкой температуры плавления (~1400⁰С), никелевые эвтектические сплавы с направленной структурой не рассматриваются как конструкционные сплавы будущего. Однако в ходе всестороннего исследования и использования никелевых эвтектических композитов стало ясно, что замену им стоит искать среди эвтектических сплавов на основе тугоплавких металлов с композиционным упрочнением интерметаллидами. В качестве матрицы могут использоваться элементы: Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W и в качестве упрочнителей – силициды этих элементов.

УДК 669.018.2

Сплавы с эффектом памяти форм

Студент гр.104217 Копытко А.В.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме разработки, применения и внедрения сплавов с эффектом памяти форм. Разработка сплавов с ЭПФ началась в 60-х годах XX в. с открытия группы металлических материалов, которые неупруго деформируются за счет структурного превращения при обратимом фазовом переходе аустенит-мартенсит.

Сплавы с ЭПФ обладают уникальным свойством - термомеханическая память. Различают сплавы с ЭПФ 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 ЭПФ 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. Однако Ti-Ni сплавы дорогостоящие материалы, поэтому во многих сферах промышленности вместо них используют более дешевые, обладающие достаточным комплексом механических свойств для данного изделия или конструкции, сплавы. В медицине эти сплавы, благодаря их биосовместимости с тканями человеческого организма, нашли широкое применение. На поверхности Ti-Ni сплава образуется плотная оксидная

пленка Ti_2O , которая препятствует попаданию токсичного Ni в ткани. Из этих сплавов производят медицинские хирургические инструменты, а также конструкции для коррекции позвоночника, соединения костей, скелетного вытяжения и многое другое. Эти сплавы создают сильные усилия при мартенситно-аустенитном превращении и позволяют добиться более точного и прочного скрепления костей.

В промышленности также применяются сплавы с ЭПФ 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 ЭПФ на основе меди имеют очень хорошую механическую обрабатываемость и свойства при повышенной и пониженной температурах. Сплавы с ЭПФ на основе меди имеют диапазон структурного превращения от -200 до $+200^{\circ}C$, что позволяет использовать их при температурах выше $100^{\circ}C$ (у Ti-Ni сплавов диапазон структурного превращения от -200 до $+100^{\circ}C$). Однако не смотря на перечисленные выше преимущества, сплавы с ЭПФ на основе меди не так перспективны для применения в промышленности, как Ti-Ni сплавы, из-за ряда существенных недостатков: низкая коррозионная стойкость; восстанавливаемая деформация не превышает 3- 4% (у Ti-Ni сплавов 7%); низкая прочность; производимая работа при деформации 1 Дж/г (у Ti-Ni сплавов 4 Дж/г), а следовательно невысокая прочность и надежность соединения. Сплавы с ЭПФ на основе меди нельзя применять в медицине, так как они имеют низкую износостойкость и обладают плохой биосовместимостью с тканями организма. При введении их в организм они изнашиваются и происходит разрушение тканей вследствие отравления тяжелыми металлами.

Технология производства сплавов с ЭПФ трудоемкая и дорогостоящая. Например, никелид титана требует комбинированного способа плавки: вначале плавка производится в вакуумной гарнисажной печи, после чего полученный электрод вторично переплавляют в электродуговой вакуумной печи. Обработка давлением производится при температуре не выше $700-900^{\circ}C$ во избежание газонасыщения. Для "запоминания" формы необходимо заневоливание (жесткое фиксирование по всем степеням свободы) с последующим нагревом в вакууме до $650-700^{\circ}C$.

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

УДК 531:539.311:621.891

Анализ топографии проявления сдвигового механизма разрушения в поверхностном слое покрытия

Студент гр.430661 Солдатова Ю.С.
Научный руководитель – Нечаев Л.М.
Тульский государственный университет
г.Тула

Целью работы явилось изучение разрушения, которое часто наблюдалось в объемах диффузионных зон, где присутствует высокая плотность нитридных и карбонитридных частиц. Последние способствуют локализации микродеформаций и зарождению очагов микроразрушений на ранних стадиях циклического воздействия. Механизмы зарождения микротрещин вблизи включений зависят от уровня пограничных микродеформаций, которые определяются размерами частиц и действующими напряжениями.

При повышении температуры в процессе циклического нагружения концентрационные полосы растут медленнее, так как в этом случае они "окружаются"