

УДК 538.971

DOI: 10.17223/00213411/63/7/125

*Е.С. МАРЧЕНКО, Ю.Ф. ЯСЕНЧУК, Г.А. БАЙГОНАКОВА, С.В. ГЮНТЕР, А.А. ШИШЕЛОВА***ВЯЗКОУПРУГАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И ЦИКЛИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ ***

Представлены результаты экспериментального исследования деформационных зависимостей и испытаний на усталость пористого сплава никелида титана, полученного методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС–TiNi). Деформационные зависимости, полученные в режиме растяжения и трехточечного изгиба пористых пластин показали, что пористые образцы под нагрузкой деформируются вязкоупруго благодаря фазовому превращению аустенит – мартенсит ($A \rightarrow M$). Микроскопическими исследованиями поверхностей разрушения обнаружены участки квазихрупкого разрушения мартенсита и вязкого разрушения аустенита. Установлен хрупкий характер разрушения неметаллических включений и оболочки, покрывающей пористый каркас интерметаллического сплава. Успешные испытания на усталостную прочность показали, что хрупкие фазы и включения не оказывают критического негативного влияния на деформационные и усталостные характеристики пористого никелида титана. Установлено, что 70 % пористых образцов выдерживают 10^6 циклов деформации без разрушения благодаря обратимым фазовым превращениям $A \rightarrow M \rightarrow A$ в фазе TiNi, которая является одной из составляющих многофазного пористого сплава.

Ключевые слова: СВС–TiNi, каркас, поверхность, вязкоупругая деформация, усталостная прочность, проволока, фрактограмма.

Введение

Пористый сплав СВС–TiNi является перспективным материалом для замещения дефектов костных тканей благодаря его способности к согласованной вязкоупругой деформации с биологическими тканями под действием циклической знакопеременной нагрузки [1, 2]. Это возможно благодаря обратимому бездиффузионному фазовому переходу аустенит – мартенсит – аустенит ($A \rightarrow M \rightarrow A$), который предотвращает накопление дефектов внутренней структуры и позволяет им выдерживать обратимую относительную деформацию 4–8 % без разрушения [3].

Для клинического применения пористого сплава СВС–TiNi необходимы исследования их деформационного поведения и выносливости при статических и динамических нагрузках. Исследование деформационной зависимости развиваемого усилия является важнейшей и обязательной задачей при изучении прочностных свойств всех материалов. Многие пластичные или упругие сплавы в какой-то степени проявляют вязкоупругое поведение и имеют участок вязкого течения величиной примерно 1–5 % относительной деформации на деформационной зависимости [4–6]. На этом участке происходит первичное необратимое накопление дефектов внутренней структуры, приводящее к дальнейшей упругой деформации упрочненного сплава.

СВС – один из методов порошковой металлургии, который позволяет получить сплавы СВС–TiNi с защитной оболочкой и пористостью 50–80 %, которые хорошо интегрируются в биологические ткани. Малая толщина оболочки, высокая плотность, входящие в ее состав нанокристаллические карбиды и нитриды интерметаллидов, хорошая диффузионная связь с основой позволяют ей успешно противостоять коррозионной усталости [7]. Но неметаллическая оболочка является весьма хрупкой, что хорошо заметно при ударном разрушении пористого сплава.

Необходимо тщательно исследовать многофазные пористые сплавы СВС–TiNi [7] в условиях квазистатического и усталостного разрушения и изучить вклад упругой и вязкой составляющих в общую вязкоупругую деформацию образцов. Наиболее сложно и важно изучить вязкую деформацию, которая может быть вызвана тремя процессами: необратимой пластической деформацией, необратимым пластическим смятием каркаса, обратимым фазовым превращением $A \rightarrow M \rightarrow A$.

Одним из методов испытания на выносливость является трехточечный изгиб [8]. Таких исследований на пористых сплавах СВС–TiNi не обнаружено. Известны работы, где изучается усталостное разрушение с помощью циклического сжатия [9, 10]. Но деформационные зависимости дают возможность получить только макроскопическую характеристику для массивного образца и

* Результаты были получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки России, проект № 0721-2020-0022.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>