**Изучение кинематики процесса и напряженно-деформированного состояния сплава Ti-Ni при РКУП в оболочке**

***Осокин А.А.1, Карелин Р.Д.1,2, Комаров В.С.1,2, Черкасов В.В.1, Ефремов Д.Б.1***

*Студент, 4 курс бакалавриата*

*1НИТУ МИСИС, Москва, Россия*

*2ИМЕТ РАН, Москва, Россия*

*E-mail: art.osokin1201@icloud.com*

Уникальные свойства сплавов с памятью формы (СПФ) на основе никелида титана (TiNi) открывают широкие возможности по их применению в технике и медицине. В промышленности из СПФ Ti-Ni создают прочные неразъёмные соединения труб и стержней, в том числе скрепляют узлы, не поддающиеся этой операции с помощью традиционных технологий. В медицине из таких сплавов изготавливают различные импланты, искусственные мышцы, протезы, сосудистые стенты, стержни для коррекции позвоночника и другие медицинские устройства.

Проведение интенсивной пластической деформации (ИПД) в сочетании с последеформационным отжигом позволяет значительно повысить уровень механических и функциональных характеристик СПФ TiNi за счет эффективного измельчения структурных элементов и формирования ульрамелкозернистой (УМЗ), в. т.ч. нанокристаллической, структуры. Одним из наиболее перспективных способов ИПД, используемых для формирования УМЗ структуры в объемных образцах, является равноканальное угловое прессование (РКУП). В ранее проведенных исследованиях была показана перспективность применения РКУП в специальной оболочке при пониженных температурах деформации для дополнительного измельчения структуры и улучшения механических и функциональных характеристик СПФ Ti-Ni.

В данной работе будут представлены результаты проведения компьютерного моделирования ИПД СПФ Ti-Ni по схеме РКУП в оболочке в программе QForm с целью изучения кинематики процесса и напряженно-деформированного состояния заготовки для поиска рационального режима обработки. Также будут представлены результаты физического эксперимента по применению РКУП в оболочке СПФ TiNi эквиатомного состава и проанализировано влияния температуры и степени накопленной деформации на формирование структуры и комплекса свойств исследуемого сплава.

По результатам компьютерного моделирования установлено, что деформация в материале распространяется неравномерно. При 1 проходе, заготовка остается практически непроработанной, деформация в основном распределяется в объеме стальной оболочки. Максимальная степень истинной накопленной деформации в данном случае составляла *е =* 0,3. По кривым распределения пластической деформации в центре заготовки, было установлено, что с течением времени степень деформации повышается скачкообразно. По изображениям функции полей температур (градиент температурного поля) при деформации, было обнаружено, что в месте очага деформации, температура заготовки повышается в среднем на 20 ºС.

Анализ изображений, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии образцов после РКУП в оболочке показал, что после 3 проходов при 300 ºС формируется полосчатая, высокодефектная структура со средним размером зерна 87 нм. Увеличение температуры РКУП до 400 ºС и количества проходов до 7 также привело к формированию ультрамелкозернистой структуры с средним размером зерна 160 нм.

Сформированная ульрамелкозернистая структура позволила значительно повысить уровень механических и функциональных характеристик исследуемых образцов. В сравнении с контрольной обработкой предел прочности и максимальная полностью обратимая деформация повысились с 945 МПа и 2,4 % до 1166 МПа и 6,8 % после РКУП за 3 прохода при 300 ºС, и до 989 МПа и 5,3 % после РКУП за 7 проходов при 400 ºС.

*Данное научное исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания НИТУ МИСИС, шифр проекта FSME-2023-0006.*