**Исследование аномалии теплового расширения/сжатия кристаллических решёток мартенсита в упорядоченных и неупорядоченных титановых сплавах с памятью формы**

***Страхов О.В.1,2, Дубинский С.М.1,2, Щетинин И.В.3, Коротицкий А.В.4, Баранова А.П.4, Прокошкин С.Д.1***

*Аспирант, 1 год обучения*

*1Университет МИСИС, кафедра «Обработки металлов давлением», Москва, Россия*

*2Университет МИСИС, лаборатория «Сплавы с памятью формы», Москва, Россия*

*3Университет МИСИС, лаборатория «Многофункциональные магнитные наноматериалы», Москва, Россия*

*4Университет МИСИС, лаборатория «Ультрамелкозернистые металлические материалы», Москва, Россия*

*E-mail: strakhovo2018@gmail.com*

Сплавы с памятью формы систем Ti-Ni и Ti-Zr-Nb являются перспективными материалами для применения в различных отраслях техники и медицины. Ключевыми особенностями данных сплавов являются эффект памяти формы и сверхупругость, которые реализуются за счёт термоупругого мартенситного превращения (ТУМП) кристаллической решётки исходной высокотемпературной фазы «аустенит» в кристаллическую решётку низкотемпературной фазы «мартенсит». Величина деформации, которую материал может накопить и вернуть в результате ТУМП называется кристаллографическим ресурсом обратимой деформации и определяется разницей параметров кристаллических решёток аустенита и мартенсита, поэтому их исследованию уделяется большое внимание, в частности изучается их поведение при нагреве. Так, аустениты B2 в Ti-Ni и β в Ti-Zr-Nb имеют кубические решётки и расширяются в ходе нагрева, что является классическим поведением для металлов. Но мартенситы B19’ (моноклинная решётка) в Ti-Ni и α’’ (орторомбическая решётка) в Ti‑Zr-Nb изменяются так, что их параметры стремятся к генетически связанным параметрам решётки аустенитов, что включает уменьшение одного из параметров решетки при нагреве. Кроме того, на сегодняшний день отсутствуют исследования, показывающие сохранение симметрий кристаллических решеток мартенситов при таком анизотропном изменении их параметров. А также нет однозначных выводов о наличии скоростной или временной зависимости параметров решёток мартенситов.

Исследование было проведено на упорядоченном сплаве с памятью формы Ti‑50,26Ni (ат. %) и неупорядоченном сплаве с памятью формы Ti-18Zr-12Nb (ат. %). Фазовый состав обоих сплавов представлен мартенситом при комнатной температуре. С целью оценки изменений параметров решётки мартенситов B19’ и α’’ проведено рентгенографическое *in situ* и *ex situ* исследование в температурном диапазоне от ≤-180 °C до 70 °C (Ti-Ni) и от ≤-180 °C до 150 °C (Ti-Zr-Nb) со скоростями нагрева/охлаждения в диапазоне от 0,03 °C/сек до ≥50 °C/сек, включая выдержку в течение 12 часов при температуре выше Aн и 30 дней при комнатной температуре. Параметры решёток мартенситов рассчитаны с учётом критерия Фишера методом наименьших квадратов, разработанного к.ф.-м.н. А.В. Коротицким.

Таким образом, показано, что параметры кристаллических решёток B19’ и α’’ мартенситов при нагреве изменяются анизотропно и стремятся к «генетически» связанным параметрам решётки аустенитов B2 и β. Данные параметры обратимы и сохраняют свои значения даже при температурах выше Ан и не зависят от скорости охлаждения – нагрева в диапазоне температур от –180 ºC до интервала мартенситного превращения. Ширина рентгеновских линий мартенситов B19’ и α’’, а также форма их пиков и критерий Фишера, значение которого не превышает критического, остаются постоянными. Кроме того, при протекании обратных превращений B19’→B2 и α’’→β не наблюдается явлений, подобных предмартенистным.