

Сведения о выполненных работах
в период с 01.07.2020 г. по 30.06.2021 г.

по проекту **«Реакционный синтез интерметаллических покрытий $Ti_xNi_y(N,C)$ на подложке $TiNi$ с применением магнетронного трехслойного напыления $Ti-Ni-Ti$ »,**
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 19-72-10105

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Марченко Екатерина Сергеевна

Из трехслойного наноламината $Ti-Ni-Ti$ с суммарной толщиной слоев 150 нм, осажденного магнетронным распылением на $TiNi$ подложку, были синтезированы в среде азота покрытия в режимах СВС и теплового взрыва. Для инициирования реакционного синтеза экспериментально подобраны температурные режимы синтеза в азоте для СВС и теплового взрыва. Нагрев ниже 800 °C оказался недостаточным для инициирования синтеза покрытия в режиме СВС, так как при этой температуре не началась экзотермическая реакция синтеза. Этой температуры оказалось недостаточно и для формирования нитридов титана, так как для этого необходима термическая диссоциация молекулярного азота до атомарного состояния, хемосорбция которого аморфным титаном приводит к формированию нитридов. При температуре 900°C из трехслойного наноламината $Ti-Ni-Ti$ было синтезировано градиентное покрытие в среде азота в режиме СВС. Быстрый индукционный нагрев до 1100 °C привел к появлению эвтектического расплава на межфазных границах $Ti-Ni$, который растворил напыленные аморфные слои Ti , Ni и вызвал быстропотекающую жидкофазную экзотермическую реакцию синтеза интерметаллида $TiNi$ в виде теплового взрыва. Различный режим протекания реакции синтеза инициировал разные самопроизвольные реакционные процессы между слоями наноламината $Ti-Ni-Ti$ и подложкой $TiNi$. В результате СВС сформировалось плотное градиентное покрытие толщиной около 250 нм из трех кристаллических слоев и диффузионная зона, которая связала подложку $TiNi$ с покрытием. В режиме теплового взрыва произошла полная взаимодиффузия между слоями аморфных реагентов, и структура покрытия представляет собой один интерметаллический слой без диффузионной связи с твердой подложкой $TiNi$. Как известно, присутствие диффузионной зоны между покрытием и подложкой, является одним из условий состоятельности функциональных покрытий. Исследования синтезированного покрытия в среде азота в режиме СВС показали, что большая часть покрытия приходится на внешний слой толщиной около 150 нм, которая представляет собой смесь оксидов и нитридов титана. Более плотные нижележащие слои из фаз оксинитрида $Ti_4Ni_2N(O)$, интерметаллида Ti_3Ni_4 и нитрида TiN имеют примерно равную толщину около 50 нм и наноразмерные зерна. В диффузионной зоне толщиной около 230 нм выделяются две составляющие зоны из фаз $TiNiO_3$ и $TiNi_3$. Во всем покрытии не обнаружено трещин, которые могли бы возникнуть из-за разницы напряжений между покрытием и матрицей. Обнаружены отличия в поверхностных свойствах образца без покрытия и с синтезированным покрытием.

Поверхность подложки TiNi является гладкой с одиночными неровностями, а поверхность синтезированного покрытия – зернистая. В отличие от положительно заряженной поверхности подложки, синтезированное покрытие имеет области отрицательного и положительного поверхностного заряда и умеренную гидрофильную поверхность, которая обеспечивает клеточная адгезию и пролиферацию. На поверхности синтезированного покрытия клеточная масса практически покрывает монослоем всю поверхность образца с характерными очаговыми уплотнениями, что говорит о наилучшей цитосовместимости.