

УДК 616.314-77

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫХОДА АТОМОВ МЕТАЛЛОВ ИЗ БИМЕДИЦИНСКОГО СПЛАВА ЧЕРЕЗ ЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ

Скуридина Наталья Степановна⁽¹⁾

Бакалавр 4 курса⁽¹⁾,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: М.Ю. Семенов,

доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»

Исследование и производство биомедицинских сплавов является наиболее интенсивно развивающейся областью в разработке медицинских изделий. Несмотря на интенсивный рост использования в имплантируемых изделиях полимеров и керамических материалов, металлические материалы сохраняют свою ведущую роль. В последние десятилетия в стоматологии широкое распространение получили несъемные зубные протезы из Ni-Cr сплавов. Низкая стоимость в сочетании с приемлемыми эксплуатационными свойствами способствовали их широкому применению, особенно для цельнолитых металлокерамических протезов [1].

Главной проблемой зубных протезов из Ni-Cr сплавов, является их разрушение в полости рта, вследствие поглощения слюной компонентов сплава при энзимолитизе. Их реакции приводят к коррозии и выделению никеля в организм. Более высокие концентрации высвобождения Ni могут привести к вредным реакциям. Высвобождение Ni вызывает аллергенные, токсические и канцерогенные реакции.

Основной целью данной работы является анализ кинетики массопереноса ионов Ni по толщине диффузионного слоя после нанесения на Ni-Cr сплав стоматологической коронки алмазоподобного Diamond-like carbon (DLC) покрытия. Данное покрытие предотвращает процесс возникновения коррозии и растворения ионов Ni в полости рта, которые могут возникнуть в результате колебаний кислотности среды (уровня pH) и температуры тела человека [2,3].

В работе представлен обзор компьютерного моделирования процесса выделения ионов никеля из Ni-Cr сплава через алмазоподобное покрытие в течение 720 суток. Показано место расчетных моделей, основанных на численных методах решения уравнений диффузии Фика, а также моделей, разработанных на основе литературных данных.

Второй закон Фика описывает нестационарную ситуацию, когда диффузионный поток и концентрация меняются во времени. Наибольшее влияние на коэффициент диффузии, определяющий скорость протекания процесса, оказывает температура и размер зерна. Зависимость коэффициента диффузии от температуры подчиняется закону Аррениуса. Экспериментально доказано, что в поликристаллическом материале с мелким зерном линейная зависимость $\ln(D)$ от $1/T$ нарушается при $T < 0,6 T_{пл}$ (рис. 1). Это отклонение от закона Аррениуса связано со вкладом пограничной диффузии в общий диффузионный поток, что отражает один из графиков смоделированного процесса (рис. 2). Сначала выход ионов Ni идет с повышенной скоростью, затем процесс замедляется и начинает подчиняться графику логарифмической функции.

Математическая модель помогла спрогнозировать выход ионов Ni в течение 720 суток. Дальнейшая задача заключается в проверке достоверности результатов и адекватности модели.

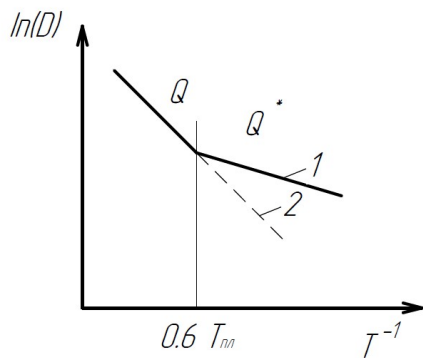


Рис. 1. Зависимость коэффициента диффузии от температуры и размера зерна:
1 – мелкое зерно; 2 – крупное зерно

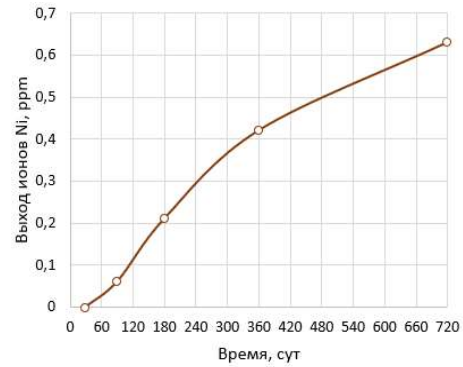


Рис. 2. Высвобождение ионов Ni из коронки в зависимости от времени

Литература

1. Ц.Д. Дикова, Н.А. Долгов, Т.Г. Васильев, И.П. Катрева. Адгезионная прочность керамических покрытий стоматологического Ni–Cr-сплава, полученного литьем с применением 3D-печати // Деформация и разрушение материалов. 2018. № 9. С. 33–39.
2. А.И. Головки, О.С. Фролова. Коррозионное поведение конструкционных стоматологических сплавов и дентальных имплантатов // Актуальные вопросы стоматологии. 2021. С. 561–566.
3. Wolfgang Ensinger. Formirovaniyealmazopodobnykhuglerodnykh plenokmetodom plazmennoy ionnoy implantatsii i ikh kharakteristika [Formation of diamond-like carbon films by plasma-based ion implantation and their Characterization] // Novyyealmaznyye i peredovyyeuglerodnyye tekhnologii [New diamond and frontier carbon technology], 2006, Vol. 16, No. 1.