

## РЕФЕРАТ

Отчет 40 с, 11 рис., 3 табл., 105 источн.

ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ, НИТРИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ, КОРРОЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИМПЕДАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ, ТОК КОРРОЗИИ, ПОЛЯРИЗАЦИОННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, БИОСОВМЕСТИМОСТЬ

Цель работы – сравнение таких свойств, как биосовместимость и коррозионная стойкость образцов из титанового сплава Ti-6Al-4V с нитридными покрытиями, имеющими адгезионный подслои на основе чистого металла.

Сравнение проводилось между покрытием Zr-ZrN, показавшим свою высокую эффективность, и покрытиями на его основе с введением ниобия (Zr-(Zr,Nb)N) и гафния (Zr-(Zr,Hf)N).

Установлено, что наибольшей коррозионной стойкостью в 3,5 мас. % растворе NaCl при 40 °C обладают образцы сплава Ti-6Al-4V с покрытиями ZrN и (Ti,Zr,Hf)N с плотностью тока коррозии 7,9 и 8,7 нА/см<sup>2</sup> соответственно. Это обусловлено образованием плотной пленки нестехиометрического оксихлорида и оксида циркония и/или гафния с поляризационным сопротивлением 2,986–3,299 МОм. Введение ниобия в систему (Ti,Zr)N существенно снижает коррозионную стойкость самого сплава Ti-6Al-4V в 3,5 мас. % растворе NaCl при 40 °C, увеличивая токи коррозии с 62,1 нА/см<sup>2</sup> (Ti,Zr)N до 248,9 нА/см<sup>2</sup>, что также значительно больше тока коррозии Ti-6Al-4V, равного 63,6 нА/см<sup>2</sup>. Это явление, вероятно, обусловлено окислением ниобия до растворимых оксоионов, которые способствуют дальнейшей коррозии.

Адгезия (биоадгезия) бактерий к поверхности Zr-ZrN, (Zr-(Zr,Nb)N), (Zr-(Zr,Hf)N) покрытий изучалась путем инкубации с грамположительными штаммами *Staphylococcus aureus*. Образцы выдерживались при температуре 25 °C в течение 30 дней в 3 % растворе NaCl. На основании результатов исследований установлено, что нанесение покрытия может не только замедлить, но и интенсифицировать окислительные процессы. В частности, содержание кислорода на поверхности покрытий TiN и (Zr,Nb)N выше, чем у непокрытого образца титана. В то же время образцы с покрытиями ZrN и, особенно, (Zr,Hf)N, очевидно, лучше противостоят окислению. По биоактивности в отношении *Staphylococcus aureus* наибольшая плотность биологических форм наблюдается на поверхности покрытий TiN и (Zr,Hf)N, а наименьшая – на поверхности непокрытых образцов, с покрытием ZrN и с покрытием (Zr,Nb)N.

Таким образом, присутствие биоструктур на поверхности покрытых образцов может как активировать, так и замедлять окислительные процессы в зависимости от состава покрытия.

## ВВЕДЕНИЕ

Титановые сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности. Сочетание высокой прочности, сравнительно малого удельного веса и хорошей коррозионной стойкости делают этот материал весьма перспективным в таких отраслях, как медицина, авиакосмическая промышленность, энергетика и других [1–3]. Дальнейшее расширение сферы применения титановых сплавов может быть достигнуто путем модификации свойств поверхности, в частности, повышения износостойкости и коррозионной стойкости. В ряде случаев (например, в запорной арматуре трубопроводов специального назначения) могут использоваться трибопары «керамика – титановый сплав», работающие в различных агрессивных средах [4–8]. Очевидно, что в такой паре наблюдается доминирующий износ детали из титанового сплава. При этом замена титановой детали на вторую керамическую не всегда возможна или технологически целесообразна. Таким образом, возникает необходимость повышения износостойкости титановой детали. Еще одной проблемой при эксплуатации такой пары является возможность разрушения защитной оксидной пленки на титановой детали при трибоконтакте, что может привести к ее интенсивному окислению [9, 10].

Таким образом, целью данной работы было сравнение таких свойств, как биосовместимость и коррозионная стойкость образцов из титанового сплава Ti-6Al-4V с нитридными покрытиями, имеющими адгезионный подслои на основе чистого металла. Сравнение проводилось между покрытием Zr-ZrN, показавшим свою высокую эффективность, и покрытиями на его основе с введением ниобия (Zr-(Zr,Nb)N) и гафния (Zr-(Zr,Hf)N).