

**Роль карбидов в медицинских сплавах системы Co-Cr-Mo**

Студент группы 10405520 Стасенко А.С.

Научный руководитель – Корнеева Е.К.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Сплавы на основе кобальта обязаны своей износостойкостью твердым макроскопическим карбидам, присутствующим в микроструктуре. Карбиды тверже, чем окружающий сплав, и поэтому более устойчивы к двух- и трехкомпонентному абразивному износу, который может наблюдаться в имплантах «металл-на-металле» [1]. Скорость износа зависит от объемной доли карбидов, а также от их размера и распределения, на которые, как известно, влияет термическая обработка сплава. Распределение карбидов по их размерам относится к различным морфологиям, таким как блочные, агломерированные в виде частиц или пластинчатые эвтектоидные карбиды, в зависимости от подвергнутой термической обработке [2]. Например, карбиды литого сплава CoCrMo обладают крупной, неправильной блочной морфологией внутри и на границах зерен, тогда как те сплавы, которые подверглись более интенсивной термообработке, демонстрируют агломерацию твердых частиц карбидов, которые тонко диспергированы на границах зерен [2, 3]. Те, которые не подвергались обработке после литья, имеют более высокую объемную долю карбида, а также большую стойкость к абразивному износу по сравнению со сплавами, прошедшими «одинарную» или «двойную термообработку» [2]. Это происходит потому, что в процессе литья углерод концентрируется с молибденом и хромом, образуя эти карбиды. Термообработка варьируется в зависимости от производственного процесса, но очевидно, что комбинация обработки на твердый раствор и горячего изостатического прессования приводит к уменьшению размера карбидов и уменьшению количества видимых карбидов в матрице [3]. Размер и распределение карбидов уменьшается после термообработки образцов [1].

Карбиды сами по себе очень хорошо противостоят коррозии. В процессе затвердевания сплава карбиды поглощают хром из матрицы, что лишает его элемента с высокой коррозионной стойкостью. Такое преимущественное выщелачивание хрома приводит к образованию зоны, обедненной хромом, рядом с карбидом, что известно как сенсбилизация. Эти окружающие области карбида затем становятся открытыми для локального воздействия [4]. В матрице могут образовываться ямки и щели, что может ускорить скорость коррозии. Поскольку матрица начинает корродировать быстрее, чем карбиды, на поверхности из-за неравномерного разрушения образуются участки с небольшими неровностями. Такие неровности (коррозионностойкие карбиды) выступают наружу и могут вызвать появление глубоких канавок на более мягкой матрице противоположной поверхности, что называется двухкорпусным абразивным износом. Большая неровность может привести к выходу меньшей неровности за пределы шарнирной поверхности. Более твердый карбид может оставаться в середине двух поверхностей или внедряться в более мягкую матрицу противоположной поверхности, нарушает подповерхностные слои, а также защитную оксидную пленку, позволяя раствору вступить в контакт с оголенным металлом и ускорить процесс коррозии. После того, как сплавы CoCrMo прошли термическую обработку, карбиды остаются богатыми хромом и молибденом, что лишает более мягкую матрицу этих важных коррозионностойких элементов [2, 3].

**Список использованных источников**

1. Kauser, F., Corrosion of CoCrMo alloys for biomedical applications, in Department of Metallurgy and Materials, School of Engineering. 2007, Univeristy of Birmingham: Birmingham. p. 4-285.
2. NHS, Hip Replacements: Getting it right first time, C.a.A. General, Editor. 2000, National Audit Office: London. p. 11-31.

3. McMinn, D. and J. Daniel, History and modern concepts in surface replacement. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part H-Journal of Engineering in Medicine, 2006. 220(H2): p. 239-251.
4. Placko, H.E., S.A. Brown, and J.H. Payer, Effects of microstructure on the corrosion behavior of CoCr porous coatings on orthopedic implants. Journal of Biomedical Materials Research, 1998. 39(2): p. 292-299.