

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ СО-СР-МО

Курач Д. И., Лущик П. Е., Рафальский И. В., Долгий Л. П.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

dianakmtbnt@gmail.com

Annotation. The paper discusses methods for manufacturing medical Co-Cr-Mo-based alloys products. The features of foundry technologies for endoprotheses production, as well as the influence of methods of processing casting on their structure and properties are discussed.

Биомедицинские материалы на основе системы Со-Сг являются универсальными и находят широкое применение в медицине, например, для протезирования локтей, пальцев, изготовления костных пластин, винтов, стержней, зубных имплантатов, ортопедических имплантатов коленных суставов и искусственных тазобедренных суставов. Такие сплавы характеризуются высокой коррозионной стойкостью, которая превосходит нержавеющую сталь 316L, устойчивостью к аллергическим реакциям при контакте с тканями человека (биосовместимостью), хорошими физико-механическими свойствами, соответствующими деятельности человека, высокой усталостной прочностью.

Для медицинских целей широкое применение получили сплавы различных составов на основе системы Со-Сг с добавлением Мо, как правило, от 2 до 11 % (мас.), свойства которых соответствуют индивидуальным особенностям человека. Помимо молибдена эти сплавы легируют никелем (0,1–2,5 %), титаном (0,1–6 %), вольфрамом (0,2–0,4 %) и др. Легирующие элементы образуют однородный твердый раствор и способствуют коррозионной стойкости и тканевой совместимости применяемых кобальт-хромовых сплавов.

Следует отметить, что сплавы данного типа обычно содержат два вида кристаллических структур: γ -ГЦК фазу (стабильную при высоких температурах, обычно превышающих 900 °С) и ε -ГПУ фазу (стабильную при комнатной температуре), а также относительные доли γ и ε фаз. Размер зерен существенно влияет на механические свойства этих сплавов.

Существующие способы изготовления литых изделий для машиностроения в целом применимы и к процессам получения изделий медицинского назначения. Наиболее часто применяют такие способы изготовления, как литье, аддитивные технологии, обработка материалов давлением (ковка, деформация). К аддитивным технологиям относится SLM-технология, которая представляет собой метод селективного лазерного плавления. Данную технологию, как правило, используют для получения изделий, имеющих сложную геометрию, или в случае, когда необходим индивидуальный подход к конструкции изделия. Наибольшую популярность данный метод приобрел в области стоматологии.

Получение изделий ковкой (деформацией) из Со-Сг-Мо сплавов, как правило, сопровождается их комплексной обработкой: получение литой заготовки с последующим обработкой давлением и получением готовых эндопротезов.

Технологии литья относятся к наиболее низкокзатратным и эффективным методам изготовления изделий из металлов и сплавов. Однако применение классических технологий изготовления изделий методом литья является нецелесообразным, т. к. такие детали будут иметь не только низкое качество поверхности, но и различного вида дефекты (пористость, усадочные раковины и др.). К поверхности эндопротезов предъявляются высокие требования, а сами изделия должны соответствовать заданным требованиям и свойствам. В связи с этим, для производства эндопротезов из сплавов на основе системы Co-Cr-Mo применяются специальные виды литья. К ним относятся, например, литье по выплавляемым моделям, вакуумное литье, литье в среде защитных газов (аргона), литье под давлением и др. Использование указанных технологий позволяет получить изделия из Co-Cr-Mo сплавов с геометрией, наиболее приближенной к форме и размерам готовых изделий, без припусков на механическую обработку, тем самым сокращая затраты на финишную поверхностную обработку.

Следует отметить, что в процессе литья при затвердевании могут образовываться крупнозернистые кристаллические структуры, которые снижают предел текучести сплава, повышают вероятность возникновения дефектов (микropоры, включения), повышающих внутреннее напряжение, что, в свою очередь, понижает прочностные характеристики изделия. Тем не менее, применение литейных технологий для производства заготовок эндопротезов остается актуальным и целесообразным направлением.

Для обеспечения заданной структуры литых заготовок из Co-Cr-Mo сплавов, как правило, широко применяются методы термической обработки, направленные на повышение прочностных характеристик литых эндопротезов, повышение износостойкости и др. Как правило, для литых изделий из Co-Cr-Mo сплавов применяется высокотемпературная обработка, достигающая в отдельных случаях 1200–1230 °С, с последующей закалкой и изотермическим старением при 850 °С.

После термообработки в структуре сплавов могут выявляться различные дисперсные твердые фазы, например, типа $M_{23}C_6$, M_7C_3 , интерметаллические фазы σ -типа. Формирование таких фаз приводит к изменению прочностных характеристик термообработанных изделий. Кроме того, некоторыми исследователями упоминается тенденция разложения карбидов $M_{23}C_6$ на более мелкие M_6C , скапливающиеся по границам зерен. После такой обработки наблюдается высокая твердость изделий (около 512 ± 580 Нv) и износостойкость.