

**Отзыв**  
**на автореферат кандидатской диссертации О.А. Аверичева «СВС-экструзия**  
**длинномерных изделий из материалов на основе МАХ-фазы в системе Ti-Al-C»**

Многообещающим для получения новых электродных материалов является метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с экструзией (СВС-Э) горячих продуктов синтеза, позволяющего в одну технологическую стадию получать готовые длинномерные компактные изделия заданной формы, состава и свойств из труднодеформируемых материалов на основе керамических тугоплавких соединений. Поэтому не вызывает сомнения актуальность диссертационной работы О.А. Аверичева, посвященной разработке технологического процесса и принципам получения на основе МАХ-фазы методом СВС-экструзии новых электродов для электролиза алюминия и для электродуговой наплавки.

При решении этой задачи диссертант получил ряд новых важных научных результатов. Исследованы закономерности фазообразования системы Ti-Al-C в режиме горения в различных средах. Определено влияние соотношения исходных компонент шихты на такие характеристики процесса СВС как скорость и температура горения. Исследованы микро- и макроструктура крупногабаритных экструдированных образцов на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C. Показано, что, изменяя соотношение исходных компонент смеси и технологические параметры СВС-экструзии, возможно получать как технически чистую МАХ-фазу  $Ti_2AlC$  и  $Ti_3AlC_2$ , так и материал с карбидными или интерметаллидными включениями. Большой интерес представляет полученная МАХ-фаза  $Ti_3AlC$  с кубической решеткой, которая на данный момент мало изучена. Проведены испытания полученных образцов в качестве электродов для нанесения защитных покрытий на металлическую поверхность методом электродуговой наплавки. Исследованы особенности микроструктуры наплавленного слоя, в частности, установлено, что наплавленный слой состоит из трех характерных участков. Толщина нижнего (диффузионного) слоя, представляющего собой твердый раствор материала подложки с материалом электрода, составляет 150-200 мкм, благодаря чему обеспечивается превосходная адгезия покрытия с подложкой. На основе материаловедческих исследований и измеренных физико-механических свойств обоснована перспективность и возможность применения полученных методом СВС-экструзии компактных длинномерных изделий на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C в качестве нерасходуемых анодов для электролиза алюминия. Разработан лабораторный технологический процесс получения длинномерных стержней из материалов на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C диаметром до 10 мм, длиной более 100 мм и пористостью 2-16% методом СВС-экструзии. В частности, разработана технологическая оснастка и технологические подходы, которые позволяют экструдировать готовые изделия в одну технологическую стадию без дефектов и видимых пор. Определено оптимальное соотношение исходных компонент, при котором материал обладает максимальной пластичностью при выдавливании и при этом содержит максимальное количество МАХ-фазы в конечном продукте. Проведены всесторонние (физико-химические, механические) испытания готовых изделий, которые

