

УДК 669.7.018

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-SC

Александра Михайловна Карпенко

Студентка 4 курса,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Плохих,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»,

Алюминиевые сплавы используются практически во всех отраслях машиностроения. Их применяют в строительных конструкциях, судостроении, железнодорожном и автомобильном транспорте, летательных аппаратах, нефтяном и химическом машиностроении, электротехнике и т. д.

Алюминий кристаллизуется в гранцентрированную решетку с периодом $a = 0,4041$ нм, не имеет полиморфных превращений, обладает малой плотностью ($2,7$ г/см³), низкой температурой плавления (660 °С), высокой электро- и теплопроводностью, низкой прочностью ($\sigma_b = 100$ МПа) и высокой пластичностью, а также высокой коррозионной стойкостью, обусловленной образованием на его поверхности тонкой, но плотной пленки оксида Al_2O_3 , предохраняющей металл от дальнейшего окисления.

Скандий является самым эффективным модификатором для сплавов на алюминиевой основе. Открытие такого модификатора алюминиевых сплавов позволило повысить прочность, термическую стабильность и устойчивость к межзеренному разрушению. Добавление скандия в десятых долях процента позволяет создавать однородную мелкозернистую структуру сплава с величиной интерметаллидных зерен не более $40 \dots 50$ мкм [1].

Малые объемы производства скандия, а также его высокая цена являются значительными препятствиями для широко применения этих сплавов в технике. Применение скандия в качестве легирующего элемента возможно только при достижении высокой степени чистоты в солях ($99,0 \dots 99,99$ %).

Для усиления действия скандия, его вводят в сплав вместе с цирконием. При легировании алюминия скандием совместно с цирконием происходят стабилизирующие и усиливающие процессы. Дисперсные частицы интерметаллида $Al_3(Sc, Zr)$ начинают выделяться из пересыщенного твердого раствора матрицы. Выделившиеся интерметаллиды характеризуются высокой плотностью в матрице, а также размером $10 - 20$ нм. Из-за термической нестабильности дисперсных частиц Al_3Sc , при технологическом нагреве они начинают быстро расти и коагулироваться в объеме матрицы. Количество частиц в объеме алюминиевой матрицы начинает уменьшаться, тем самым вызывая разупрочнение твердого раствора. Добавления в алюминий циркония совместно со скандием позволяет снизить метастабильность дисперсионных частиц. В результате цирконий в процессе кристаллизации слитка входит в пересыщенный твердый раствор, образуя твердый раствор замещения в соединении Al_3Sc . Интерметаллид $Al_3(Sc, Zr)$ более термически стабильный и в меньшей степени склонен к укрупнению зерна, чем Al_3Sc . Дисперсионное упрочнение эффективно тормозит процессы рекристаллизации при горячей обработке давлением и при закалке, препятствуя процессу полигонизации в твердом растворе. Данный процесс в алюминиевых сплавах, легированных скандием и цирконием, наблюдается не только при горячей деформации, но и при значительных степенях обжатия ($70 - 90\%$) при

холодной деформации с последующим нагревом под отжиг или закалку. Использование дислокационного механизма упрочнения в алюминиевых сплавах в совокупности с частицами $Al_3(Sc, Zr)$ приводит к значительному повышению прочности.

Стоит отметить, что значительное упрочнение сплава дисперсионными частицами $Al_3(Sc, Zr)$ достигается при оптимальной степени распада твердого раствора. Проведенные исследования механических свойств при растяжении показало, что после холодной пластической деформации наблюдается существенное повышение характеристик пластичности, с одновременным снижением значений прочности исследованных сплавов вне зависимости от направления проката. При этом было установлено, что дополнительная разупрочняющая термическая обработка не оказывает влияния на исследуемые характеристики сплавов.

Литература

1. *В.А. Елагин, В.В. Захаров, Т.Д. Рогова.* Перспективы легирования алюминиевых сплавов скандием // Цветные металлы. – 1982. - № 12. - с. 234-236.
2. Mineral Commodity Summaries. 1990, p. 148-149.
3. Mineral Yearbook. 1988, p. 10-12.
4. *В.В. Захаров, Т.Д. Ростова.* Упрочнение алюминиевых сплавов при легировании их скандием // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2013. - № 12. - с. 24-29.
5. *А.П. Мухачев, Е.А. Харитонова, Д.Г. Скипочка.* Скандий и его сплавы с алюминием // ВАНТ. - 2016. - № 1. - с. 45-50.
6. *Скачков В.М.* Химическое легирование скандием, цирконием и гафнием сплавов на основе алюминия: автореф. дис. ... канд. Хим. наук (02.00.04). - Екатеринбург, 2013. – 19 с.