

Термодинамическое моделирование процесса алюминотермической выплавки лигатуры Al-V-Ti-C

© Ларионов¹⁺ Алексей Валерьевич, Чумарев^{1*} Владимир Михайлович,
Удоева¹ Людмила Юрьевна, Таранов¹ Денис Васильевич
и Вохменцев² Сергей Анатольевич

¹ Лаборатория пирометаллургии цветных металлов. Институт металлургии УрО РАН.
ул. Амундсена, 101. г. Екатеринбург, 620016. Свердловская область. Россия.

Тел.: (343) 232-90-18. E-mail: a.v.larionov@ua.ru

² ОАО “Уралредмет”. ул. Петрова, 2. г. Верхняя Пышма, 624092. Свердловская область.
Россия. Тел.: (34368) 9-20-12. E-mail: uralredmet@uralredmet.ru

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: лигатура, ванадий, титан, алюминий, углерод, термодинамический анализ, фазовый состав, карбидизация.

Аннотация

При производстве деформируемых титановых сплавов применяется лигатура Al-V-Ti-C марки АВТУ. Основной компонент лигатуры – ванадий – относится к элементам, стабилизирующим β-фазу титана, а углерод и алюминий – к α-стабилизаторам. Углерод при содержаниях до 0.12-0.14% существенно упрочняет титановые сплавы, повышая их эксплуатационные характеристики до уровня материалов, предназначенных для работы при повышенных температурах и в агрессивных средах. Использование для выплавки лигатуры элементного углерода (графита) имеет ряд недостатков, приводящих к снижению качества продукции: неравномерность распределения в шихте, образование газообразных продуктов, повышающих пористость слитков и другие. В статье предлагается вводить углерод в шихту выплавки лигатуры в виде карбидов алюминия, кальция или титана. Методом термодинамического моделирования на базе программного комплекса HSC Chemistry 6.1 (Outotec) выполнена оценка возможности замены графита эквивалентным количеством Al₄C₃, CaC₂, TiC. На примере состава шихты, регламентированного технологией выплавки лигатуры АВТУ, изучено влияние вида карбидизатора (C, Al₄C₃, CaC₂, TiC) на фазообразование при выплавке лигатуры и распределение углерода по карбидным фазам. В интервале 100-2500 °C получены температурные зависимости равновесных составов продуктов взаимодействия компонентов шихты с Al₄C₃, CaC₂, TiC, рассчитаны тепловой (при условии «нулевых» теплопотерь) и материальный балансы для прогнозирования показателей процесса выплавки лигатуры АВТУ с применением в качестве карбидизаторов элементного углерода (графита) и карбидов алюминия, кальция, титана. Показано, что без ущерба для теплового режима внепечной алюминотермической плавки в шихту вместо графита могут быть введены рассмотренные карбидные соединения. Более того, карбид кальция способен не только полноценно играть роль карбидизатора металлической фазы, но и замещать эквивалентную часть алюминия и повышать термичность шихты выплавки лигатуры АВТУ. В случае применения карбида титана будет оптимальным решением частичное замещение графита. С точки зрения термодинамики, замена элементного углерода карбидами алюминия, кальция или титана не повлияет на распределение углерода по фазовым составляющим лигатуры и степень извлечения металлов в сплав Al-V-Ti-C.