

УДК 621.983.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОРОШКОВ С АЛЮМИНИЕВЫМ РАСПЛАВОМ

Д.А. Боднарчук

Научный руководитель – к.т.н., профессор В.В. Уваров
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

Разработана математическая модель, которая состоит из разделов, описывающих кинетику движения межфазных границ и зависимость тепловыделения при взаимодействии частицы переменного во времени радиуса и расплава. Данные процессы связаны кинетическими уравнениями положения радиуса частицы и теплового баланса.

Известно уравнение движения границ в подобных процессах

$$v = v_{\sigma} \cdot (1 - x) + v_{\lambda} \cdot x - v_{\delta}, \quad (1)$$

где v_{δ} – скорость растворения, v_{σ} – скорость роста слоя интерметаллида, v_{λ} – скорость движения границы интерметаллид – частица вглубь частицы, $x=0$, когда $v_{\sigma} \geq v_{\lambda}$ и $x=1$ при $v_{\sigma} \ll v_{\lambda}$. Общее уравнение роста тепловыделения запишем как

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{\sigma} \cdot (1 - x) + \dot{Q}_{\lambda} \cdot x + \dot{Q}_{\delta} - \dot{Q}_{\alpha}, \quad (2)$$

где \dot{Q}_i – скорости выделения или затраты тепла соответствующего процесса, α – затраты тепла за счет теплопроводности в расплав. Считали, что в процессе растворения все атомы металла усваивались расплавом (для расчета выделенной энергии брали полную энергию смешения $Q_{см}$).

Методика исследования заключается в расчете кинетики всех основных процессов, протекающих при легировании и связанных с балансом тепла. Расчеты велись для легирования алюминиевого расплава частицами переходных металлов при $T = 1023K$. Изначально скорость растворения частиц в экспериментах превышала (на 17% для пары $Cr - Al$) данные модели, основанной на конвективном перемешивании расплава без учета состава фаз. Уравнение скорости перемещения границы записывали, используя свойства заданные для адиабатической температуры T_{ad} . Когда T_{ad} превышала температуру плавления металла частицы, учитывали потери тепла на плавление Q_m . Так как аналитическое решение (1) невозможно, определяли траектории движения фазовой границы расплав-частица, суммируя результаты решения кинетических уравнений для каждого шага по времени, учитывая изменение концентрации на поверхности частицы. Результаты поправочных расчетов показывают хорошую сходимость с данными диаграмм плавов. Далее аппроксимировали уравнение скоростей перемещения границ и применили его для построения теоретической термограммы, учитывая начальные условия.