

# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ И ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ТРОЙНОЙ СИСТЕМЫ Ni-Sn-Ti

**Фартушная Ю.В., Буланова М.В., Судацова В.С., Шевченко М.А.<sup>(1)</sup>, Кудин В.Г.<sup>(1)</sup>**

Институт проблем материаловедения им. Францевича, ул. Кржижановского, 3, 03680, Киев, Украина; sud@ipms.kiev.ua

<sup>(1)</sup> Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, ул. Владимирская, 64, 01033, Киев, Украина

Сплавы системы Ni-Ti характеризуются уникальными температурно-механическими свойствами, которые напрямую связаны с фазовыми равновесиями и могут изменяться в присутствии других металлов. Одним из таких металлов может быть олово, являющееся весьма доступным и сильно взаимодействующее как с никелем, так и с титаном, в связи с чем характер его влияния особенно интересен.

Построенная диаграмма состояния системы Ni-Sn-Ti с составами, в которых исследовались сплавы, температурами некоторых фазовых равновесий, областями гомогенности интерметаллидов и пограничными кривыми (линиями моновариантных равновесий) приведена на рис. 1.

Термодинамические свойства расплавов граничных двойных систем смоделированы нами с использованием теории идеальных ассоциированных растворов (ИАР). Они могут быть аппроксимированы в достаточно широком диапазоне температур такими уравнениями:

$$\Delta H_{Ni-Sn} = x_{Ni}x_{Sn}(-79,4 - 108,6x_{Sn} + 309,2x_{Sn}^2 - 167,3x_{Sn}^3),$$

$$\Delta S_{Ni-Sn}^{ex} = x_{Ni}x_{Sn}(-30,2 - 55,0x_{Sn} + 151,7x_{Sn}^2 - 82,8x_{Sn}^3),$$

$$\Delta H_{Ni-Ti} = x_{Ni}x_{Ti}(-187,6 - 51,8x_{Ti} + 156,3x_{Ti}^2 - 55,4x_{Ti}^3),$$

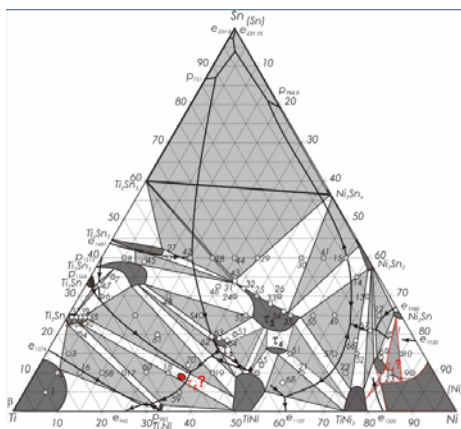


Рис. 1. Экспериментально определённая диаграмма состояния тройной системы Ni-Sn-Ti.

$$\Delta S_{Ni-Ti}^{ex} = x_{Ni}x_{Ti}(-57,3 - 23,7x_{Ti} + 62,8x_{Ti}^2 - 23,2x_{Ti}^3),$$

$$\Delta H_{Sn-Ti} = x_{Sn}x_{Ti}(-56,6 + 83,6x_{Ti} - 476,8x_{Ti}^2 + 336,9x_{Ti}^3),$$

$$\Delta S_{Sn-Ti}^{ex} = x_{Sn}x_{Ti}(-5,8 + 24,2x_{Ti} - 112,0x_{Ti}^2 + 84,8x_{Ti}^3).$$

Используя уравнения Редлиха-Кистера, Колера, Бонье-Кабо или Тупа, по этому набору данных можно спрогнозировать аналогичные свойства расплавов тройной системы Ni-Sn-Ti. Рассчитанный минимум интегральной энтальпии смешения (-46 кДж/моль) приходится на состав Ni<sub>0,5</sub>Sn<sub>0,07</sub>Ti<sub>0,43</sub>.

Энтальпии образования тройных интерметаллидов близки к энтальпиям смешения расплавов соответствующего состава. Температуры плавления тройных интерметаллидов взяты из данных дифференциального термического анализа. Такой набор термодинамических функций позволяет рассчитать поверхность ликвидуса тройной системы Ni-Sn-Ti (рис.2). Видно, что характер пограничных кривых близок к полученному экспериментально, а в некоторых областях они практически совпадают. Кроме того, температуры ликвидуса для большинства исследованных составов согласуются с экспериментально определёнными в пределах погрешности эксперимента.

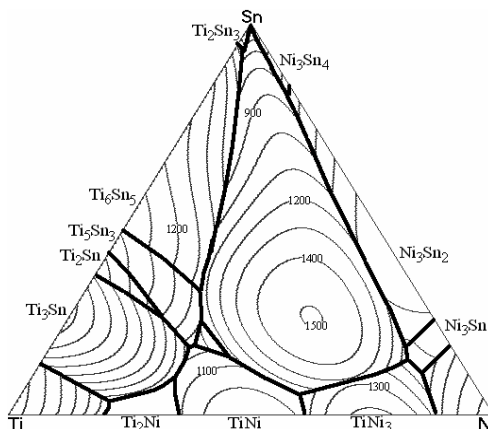


Рис.2. Прогнозируемая поверхность ликвидуса тройной системы Ni-Sn-Ti (температуры проведены с интервалом 100°C).