

## КОМПОЗИТ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО НЬ-СПЛАВА С КАРБИДО-СИЛИЦИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Желтякова И. С., Коржов В. П., Прохоров Д. В., Строганова Т. С.

Институт физики твёрдого тела РАН, г. Черноголовка, РФ  
[terekhova@issp.ac.ru](mailto:terekhova@issp.ac.ru)

Жаропрочности сплавов железа и никеля достигли «потолка» рабочих температур 1000–1100°C. Продвижение по температуре связывается с направленными ячеистыми структурами Nb- и Mo-сплавов. Их кристаллизация совершенствуется для получения интерметаллидных и карбидных фаз, чередующихся с элементами твёрдых растворов на основе сплав-образующего металла. Это должно придать сплавам прочность при высокой и удовлетворительную трещиностойкость при комнатной температуре.

В представленной работе подобная структура формировалась искусственно на начальном этапе получения композита диффузионной сваркой (ДС) многослойных пакетов, состоящих из U-образных Nb-элементов с односторонними суспензионными покрытиями порошковой многокомпонентной смеси в органическом растворителе (рис. 1). Состав смеси (он же – состав сплава): 55,2Nb–22,0Ti–8,9Mo–5,6Si–5,4ZrH<sub>2</sub>–1,7Cr–1,2 мас. % Al. Количество Nb-слоев – 30, покрытий – на одно меньше.

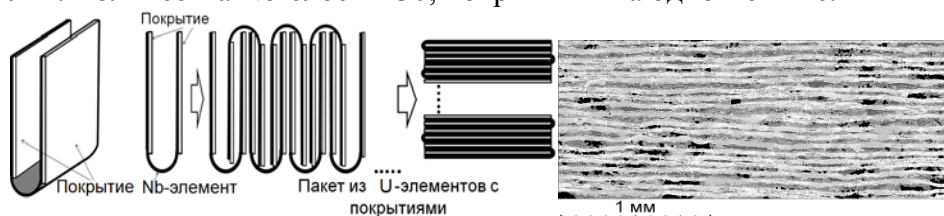


Рис. 1. Схема сборки многослойного пакета U-элементами из Nb-фольги с покрытиями из смеси порошков и макроструктура слоистого композита после ДС

Сварку пакетов проводили при 1400°C по режимам: 5 (рис. 2, а) и 10 ч (рис. 2, б) при давлениях соответственно 8,4 и 15,3 МПа. Углерод проникал в покрытие из атмосферы в камере установки для ДС, имевшей графитовый нагреватель. Толщина пакетов после сварки – 3,3 и 2,7 мм.

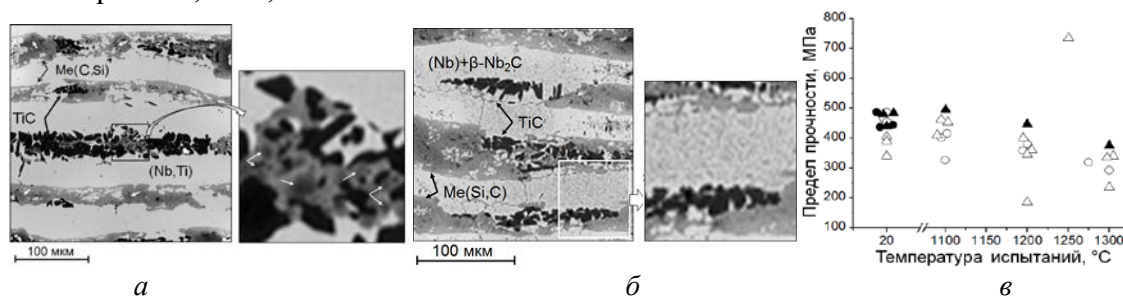


Рис. 2. Микроструктура композитов после ДС (а и б) и зависимости их пределов прочности  $\sigma_B$  от температуры испытания при  $P \perp$  (а) (O и Δ) и  $P \parallel$  (аб) (● и ▲)

Микроструктура композитов (рис. 2, а и б) представлена вязко-пластичными (Nb,Ti)-слоями 66,5Nb–24,3Ti–9,2 ат.% Me, где Me – Mo, Cr, Al и Si, и упрочняющими слоями карбида (Ti,Me)C, где Me – Nb и Zr, и карбида-силицида Me(C,Si) = (Ti, Me)(C,Si). На фрагментах (справа) – это поля тёмного и серого цветов.

Прочность композитов (рис. 2, в) составила 250–370 МПа при комнатной температуре и 350–490 МПа при 1300°C. Трещиностойкость:  $12,8 \pm 1,9$  и  $10,4 \pm 1,7$  МПа·м<sup>1/2</sup> соответственно при приложении нагрузки перпендикулярно и параллельно слоям структуры.