

УДК 621.791.66

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
ДИФФУЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ М1
ЧЕРЕЗ ПРОСЛОЙКУ НИКЕЛЬ-ФОСФОР**

Фоменко О. Ю.

Научные руководители – д.т.н., профессор, Михеев А. А., к.т.н., доцент Зеер Г. М.

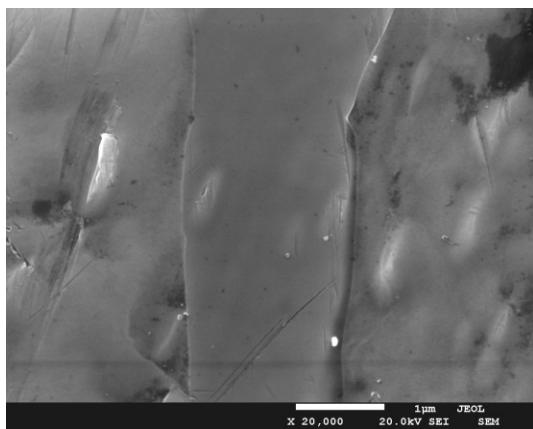
Сибирский федеральный университет

При диффузионной сварке (ДС) металлов и сплавов часто используют никелевые или никель-фосфорные промежуточные прослойки, что обусловлено физико-химическими свойствами никеля и хорошей металлургической совместимостью его с другими металлами. Покрытие никель-фосфор, наносимое методом химического осаждения, имеет кристаллическую структуру при содержании фосфора менее 4-5 % масс. и аморфную – при более 8-9 % масс. Применение такого покрытия позволяет снизить температуру ДС. Характерным дефектом покрытий никель-фосфор являются поры, наличие которых вносит дополнительный вклад в формирование качественного диффузионного соединения вследствие избытка свободной энергии, связанной с наличием дополнительной межфазной поверхности раздела твердое тело – пустота. Диффузионные соединения, полученные с использованием прослойки никель-фосфор, обладают высокими эксплуатационными свойствами.

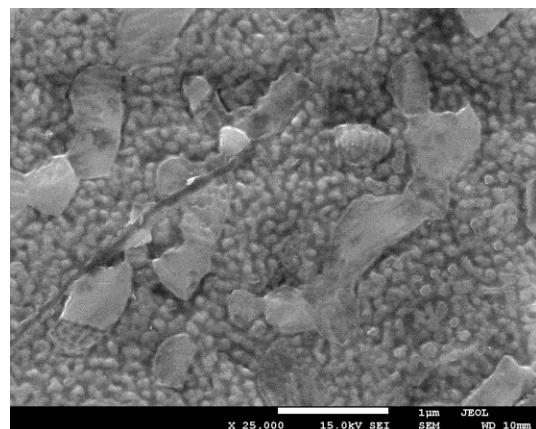
Во многих отраслях техники применяют медь и сплавы на ее основе, в ответственных изделиях соединение может осуществляться путем ДС. Были исследованы переходные зоны соединения меди М1, сваренного через нанесенную на один из соединяемых образцов прослойку никель-фосфор. Применение прослойки позволило снизить температуру ДС на 200 К – до 1033 К.

Микроструктуру и концентрационное распределение элементов диффузионного соединения исследовали в сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM 7001F с энергодисперсионным спектрометром фирмы Oxford Instruments.

Исследование микроструктуры переходных зон показало отсутствие по границам грубых дефектов (микротрещин, пор, непроваров), что косвенно свидетельствует об образовании качественного диффузионного соединения (рис. 1, а).



а



б

Рис. 1. Микроструктура диффузионного соединения медь М1-(Ni-P)-медь М1:
а – общий вид; б – промежуточный слой

Из двойных диаграмм состояния Cu-Ni, Cu-P, Ni-P следует, кристаллизация в этих композициях идет с образованием неограниченного твердого раствора Cu-Ni и химического соединения X_3P , где X – металл. То есть формирование диффузионного соединения происходит вследствие образования в переходной зоне фаз – α твердого раствора (Cu и Ni) и химических соединений Ni_3P , Cu_3P . Промежуточный слой, как видно из микроструктуры (рис. 1, б), имеет двухфазную структуру, более крупные светлые зерна – α твердый раствор Cu в Ni, мелкие зерна округлой формы – химическое соединение X_3P (где X - Cu, Ni).

Диффузионное соединение проанализировано в энергодисперсионном спектрометре при ускоряющем напряжении 20 кВ по линии с шагом 0,2 мкм. Получены две концентрационные кривые, по которым рассчитана ширина переходной зоны. По количественным данным микрорентгеноспектрального анализа в программе Microsoft Office Excel были построены концентрационные распределения химических элементов по ширине переходных зон. На рис. 2 приведена микроструктура диффузионного соединения с наложением линии сканирования и концентрационных кривых распределения химических элементов. В диффузионном массообмене через границу соединения принимают участие все химические элементы: медь, никель, фосфор. Никель из промежуточной прослойки диффундирует в медь на большую глубину, чем фосфор. Диффузия фосфора в медь M1 происходит на глубину до 1,2 мкм. Расчетная ширина диффузионных зон составила: медь M1-NiP – 7,8 мкм; NiP-меди M1 – 7,0 мкм, т. е. средняя ширина составляет около 7,4 мкм.

Таким образом, качественное диффузионное соединение меди через прослойку никель-фосфор, шириной около 7 мкм, формируется за счет образования таких фаз как: α твердый раствор Cu и Ni и химического соединения $(Cu,Ni)_3P$.

Исследование диффузионных соединений было выполнено в лаборатории электронной микроскопии Центра коллективного пользования Сибирского федерального университета.

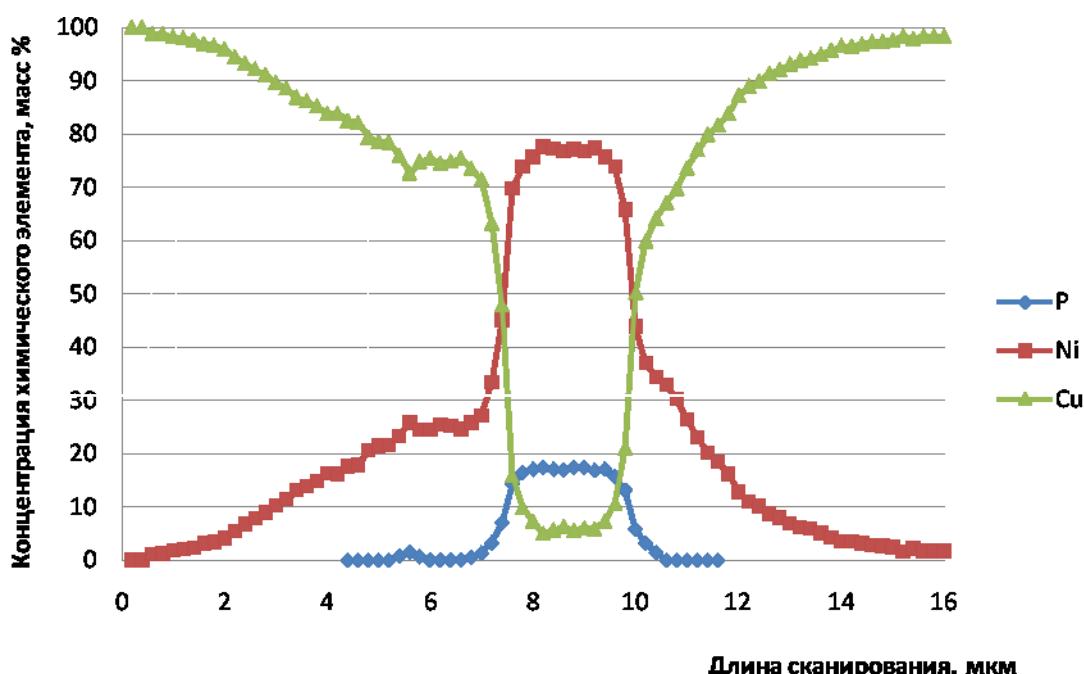


Рис. 2. Микроструктура диффузионного соединения – медь M1 через прослойку Ni-P, 7500x и концентрационные кривые распределения элементов в переходных зонах