

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 9

ТВЕРЬ 2017

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения об рецензировании статей и материалов для опубликования в Межвузовском сборнике научных трудов «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

**Официальный сайт издания в сети Интернет:
www.physchemaspects.ru**

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – Вып. 9. – 592 с.

ISBN 978-5-7609-1275-6

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011.

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-1275-6

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2017
© Тверской государственной
университет, 2017

УДК 532.04.541.1

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УГЛОВ СМАЧИВАНИЯ РАСПЛАВОМ $Pb - 0,49$ АТ.% Na ПОРИСТОГО НИКЕЛЯ

К.М. Елекоева¹, Ю.Н. Касумов¹, А.Р. Манукянц¹, М.Х. Понежев², В.А. Созаев^{1,2},
А.Х. Шерметов²

¹ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)»
362021, Россия, Владикавказ, ул. Николаева, 44

²ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова»

360004, Россия, Нальчик, ул. Чернышевского, 173
sozaeff@mail.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2017.9.177

Аннотация: Изучены политермы углов смачивания пористого никеля и никеля марки НП-2 расплавом $Pb - 0,49$ ат.% Na . Обнаружены пороги смачивания, связанные с оксидами на поверхности капли и никеля. Установлено, что температура, при которой наблюдается порог смачивания у пористого никеля на 50° ниже, чем у никеля марки НП-2.

Ключевые слова: смачивание, температурная зависимость, пористый никель.

1. Введение

Пористые металлы и композиционные материалы на их основе широко применяются в современной технике. Они используются при изготовлении стенок ракетных двигателей, магнитогидродинамических генераторов, изделий радиоэлектронной аппаратуры, деталей атомных реакторов и сверхпроводящих магнитов, различных антифрикционных материалов. Тонкие ультрадисперсные металлические пластины, пропитанные припоем, используются в качестве прокладок при дисперсионной сварке и пайке металлов с металлами, полупроводниками и керамикой.

Одним из наиболее распространенных способов получения тонкой пористой фольги является способ прессовки порошка на специальных вальцах (прокатка металлических порошков) с последующим отжигом фольги [1]. Толщина таких фольг обычно составляет от 100 до 200 мкм, а размер пор можно варьировать с помощью подбора порошков различной степени дисперсности, времени и температуры отжига. Отжиги проводятся, как правило, в водородной среде. Нами в работе [2] на высокотемпературной вакуумной установке изучались политермы углов смачивания расплавом $Pb - 0,49$ ат.% Na пористого (пористостью 35 %, размер пор 3–4 мкм) и компактного никеля (марки НП-2).

Следует отметить, что попытки применения композиционных припоев на основе пористого никеля при пайке изделий радиоэлектронных изделий проводились в работах [3-6]. Однако расплавы

свинца с щелочными добавками также не использовались.

2. Методика измерений

При измерении угла смачивания использовался программный подход к определению угла смачивания по параметрам фотографии капли. Этот подход реализован при помощи приложения ImageJ [6, 7], свободно распространяющегося Швейцарским Федеральным Институтом Технологии. Данное приложение является одним из мощных инструментов обработки любых изображений, получаемых в различных физических, химических и технологических опытах. Оно содержит множество опций по фильтрации изображения, выделения контуров, четкости, резкости, Фурье-преобразования и т.д. Однако для определения угла смачивания в программу необходимо загрузить два плагина: DropSnake и LB-ADSA соответственно для случаев $\theta > 90^\circ$ и $\theta < 90^\circ$. Преимуществом применения нового, программного подхода к обмеру капель при исследованиях угла смачивания является то, что плагин (подпрограмма) DropSnake – общий метод определения контактных углов для случаев с $\theta > 90^\circ$, в котором не предполагается никаких допущений, и который таким образом подходит к любым не осесимметричным каплям или каплям произвольной формы (например, при натекании или оттекании). Контактный угол получается пошаговой полиномиальной подгонкой, степень полинома можно регулировать. Большое количество исходных параметров можно настраивать из контекстного меню. В случае, когда $\theta < 90^\circ$, необходимо вместо плагина DropSnake использовать плагин LBADSA, основанный на возмущенном решении осесимметричного уравнения Лапласа, и поэтому применим даже тогда, когда капля находится только под влиянием гравитации на горизонтальной подложке. Использование этой глобальной модели приводит к очень точным значениям углов смачивания.

3. Результаты измерений

На рис. 1 показана политерма углов смачивания пористого никеля расплавом $Pb-0,49$ ат.% Na . Натрий поверхностно активная добавка и резко снижает поверхностное натяжение свинца. Однако, как свинец, так и натрий окисляются. Поэтому на начальном этапе капля расплава $Pb-0,49$ ат.% Na не смачивала Ni . Затем при температуре $\sim 500^\circ C$ происходило резкое снижение угла смачивания, что связано с разрушением оксидных пленок. Для сравнения на рис. 1 приводится политерма углов смачивания расплавом $Pb-0,49$ ат.% Na подложки из сплошного никеля марки НП-2. Видно, что порог смачивания наблюдается при более высокой температуре $\sim 550^\circ C$. Это связано с тем, что в никеле НП-2 присутствуют примеси образующие более устойчивые оксиды.

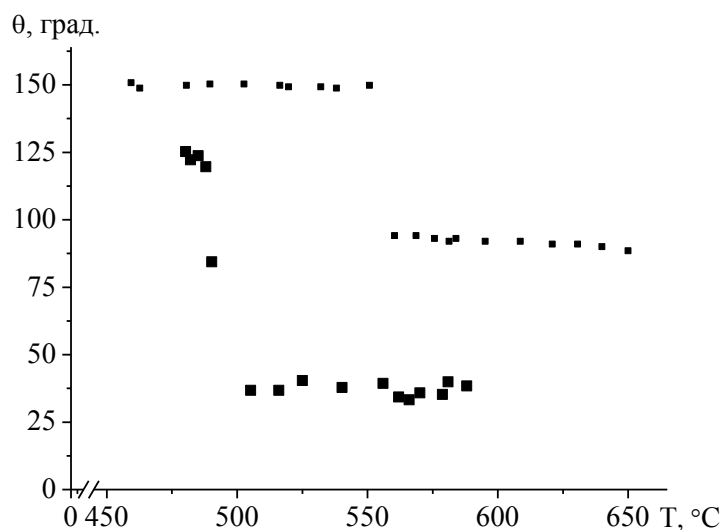


Рис. 1. Политерма углов смачивания пористого никеля расплавом $Pb-0,49$ ат.% Na ; (большие квадраты), политерма углов смачивания пластины никеля расплавом $Pb-0,49$ ат.% Na (малые квадраты).

На рис. 2-4 показаны фотографии капли расплава $Pb-0,49$ ат.% Na на пористом и сплошном никеле соответственно. Анализируя изображения, представленные на рис. 2-4, можно сделать вывод о том, что при взаимодействии расплава с никелевыми подложками интерметаллиды не образуются. Таким образом, можно рекомендовать пористый никель, пропитанный расплавом $Pb-0,49$ ат.% Na , как в качестве катодного материала, так и композиционного припоя для дисперсной пайки.



Рис. 2. Фотография зоны взаимодействия расплава $Pb-0,49$ ат.% Na и пористого никеля: 1 – капля, 2 – пористый никель. Увеличение $\times 510$.

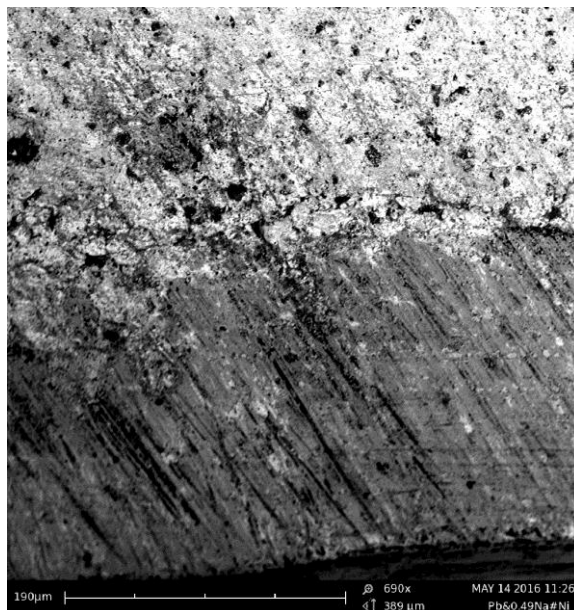


Рис. 3. Фотография зоны взаимодействия расплава $Pb-0,49$ ат.% Na сплошного никеля марки НП-2: 1 – капля, 2 – никель марки НП-2. Увеличение $\times 690$.

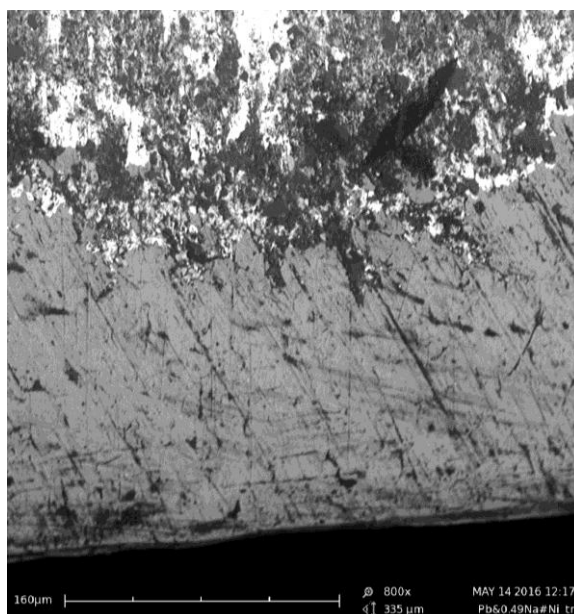


Рис. 4. Фотография зоны взаимодействия расплава $Pb-0,49$ ат.% Na и сплошного никеля (после травления): 1 – капля, 2 – никель марки НП-2. Увеличение $\times 800$.

4. Заключение

В данной работе изучены политермы углов смачивания пористого никеля и никеля марки НП-2 расплавов $Pb-0,49$ ат.% Na . Установлены пороги смачивания: при смачивании пористого никеля он составляет $\sim 500^\circ\text{C}$, а при смачивании никеля НП-2 – $\sim 550^\circ\text{C}$. Методом растровой электронной микроскопии изучены межфазные границы: закристаллизовавшийся сплав $Pb-0,49$ ат.% Na / пористый никель и

сплав $Pb-0,49$ ат.% Na / никель НП-2, что позволяет заявить об отсутствии нтерметаллидов на межфазной границе.

Надо отметить, что в литературе недостаточно данных по смачиванию пористого никеля расплавами, содержащими добавки щелочных и щелочноземельных металлов [8]. Лишь сравнительно недавно стали появляться подобные работы [9, 10]. Высокоактивные щелочные и щелочноземельные элементы могут существенно уменьшить углы смачивания расплавов, и поэтому подобные данные представляют интерес для конструирования новых композиционных материалов.

Библиографический список:

1. **Чижик, С.П.** К исследованию кинетики физико-химических процессов при пайке через пористые среды / С.П. Чижик, Л.К. Григорьева, Р.Н. Куклин // *Металлы*. – 1984. – № 3. – С. 181-185.
2. **Елекоева, К.М.** Политермы углов смачивания расплавом $Pb-0,49$ ат.% Na пористого никеля / К.М. Елекоева, Ю.Н. Касумов, А.Р. Манукянц и др. // Девятнадцатый междисциплинарный, международный симпозиум «Порядок, беспорядок и свойства оксидов (ОДРО-19)», Ростов-на-Дону – пос. Южный, 5-10 сентября 2016 года: труды симпозиума. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Фонд науки и образования», 2016. – Вып. 19. – Т. 1. – С. 282-285.
3. **Толстая, М.А.** Исследование процесса капиллярной пропитки свинцом высокопористых никелевых лент / М.А. Толстая, С.П. Чижик, Н.М. Хохлачева, и др. // *Порошковая металлургия*. – 1980. – № 4 (208). – С. 90-94.
4. **Яковлев, Г.А.** Влияние режимов пайки на структуру и фазовый состав соединений кремния с медью, паянных композиционным припоем свинец-никель / Г.А. Яковлев // *Электронная техника. Серия 1: Электроника СВЧ*. – 1978. – Вып. 4. – С. 101-107.
5. **Яковлев, Г.А.** Исследование взаимодействия сплавов на основе свинца с пористым никелем в процессе композиционной пайки / Г.А. Яковлев // *Электронная техника. Серия 6: Материалы*. – 1977. – Вып. 11. – С. 10-18.
6. **Stalder, A.F.** A snake-based approach to accurate determination of both contact points and contact angles / A.F. Stalder, G. Kulik, D. Sage et al. // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2006. – V. 286. – I. 1-3. – P. 92-103.
7. Drop shape analysis. Режим доступа: [www.url: http://bigwww.epfl.ch/demo/dropanalysis](http://bigwww.epfl.ch/demo/dropanalysis). – 15.11.2017.
8. **Дадашев, Р.Х.** Поверхностные свойства сплавов на основе свинца, олова, индия, кадмия./ Р.Х. Дадашев, Р.А. Кутуев, В.А. Созаев. – М.: Физматлит. 2016. – 208 с.
9. **Кашежев, А.З.** Политермы углов смачивания пористых Ni и Cu расплавами $Sn-Ba$ и $In-Na$ / А.З. Кашежев, Р.А. Кутуев, А.Р. Манукянц, М.Х. Понежев, В.А. Созаев // *Теплофизика высоких температур*. – 2017. – Т. 55. – № 5. – С. 850-853.
10. **Кашежев, А.З.** Влияние щелочных и щелочноземельных элементов на поверхностное натяжение свинца, олова и индия / А.З. Кашежев, Р.А. Кутуев, М.Х. Понежев, В.А. Созаев // *Расплавы*. – 2013. – № 5. – С. 66-77.