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 7

ТВЕРЬ 2015

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145
ББК Ж36:Г5+В379
Ф50

Рецензенты:
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной физики Тверского государственного технического университета
А.Н. Болотов
Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики конденсированного состояния Тверского государственного университета
Н.Н. Большакова

Рецензирование осуществляется на основания 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, 2015. – Вып. 7. – 588 с.

ISBN 978-5-7609-1071-4
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 978-5-7609-1071-4
ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2015
© Тверской государственный университет, 2015

УДК 544.4 (075.8)

КОНТАКТНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ МЕДИ С АЛЮМИНИЕМ

А.А. Ахкубеков[1], П.К. Коротков[1,2], А.Р. Манукянц[2], М.Х. Понежев[1], В.А. Созаев[1,2]
[1]*ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»*
360004, КБР, Нальчик, ул. Чернышевского 173
[2]*ФГБОУ ВПО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт»*
362021, РСО-Алания, Владикавказ, ул. Николаева, 44
sozaeff@mail.ru

Аннотация: В работе осуществлено контактное плавление меди цилиндрической формы с заостренным алюминием. В образовавшихся контактных зонах обнаружены игольчатые структуры длиной $250-270$ мкм и шириной $10-11$ мкм, а также дендритные образования протяженностью $\sim 2,6$ мм. Непосредственно в контакте с медью образуется тонкая (толщиной $\delta \approx 30$ мкм) прослойка, возможно представляющая собой фазу Al_4Cu_9, на наличие которой указывает диаграмма состояния.

Ключевые слова: контактное плавление, дендритные образования, металлы.

Знание закономерностей контактного плавления (КП) металлов важно для оптимизации практически важных технологий, например, контактно-реактивной пайки [1]. Поэтому КП в системе $Cu-Al$ исследовалось в ряде работ [2-5]. Тем не менее, закономерности формирования контактных прослоек изучены пока недостаточно.

В настоящей работе предпринимается попытка выявить особенности структуры контактных прослоек при контактном плавлении меди с заостренным образцом алюминия и является продолжением работы [5] в области высоких температур при температуре плавления выше эвтектической.

Контактное плавление осуществлялось в вакууме 10^{-5} мм.рт.ст. в нестационарно-диффузионном режиме при температуре 556 °С в течение 30 минут медь и алюминий находились в кварцевых трубках, в вертикальном положении: снизу медь, а алюминий вверху заостренным концом упирался в торец цилиндрического образца меди. Полученный образец имеет цилиндрическую форму длиной $17,5$ мм и диаметром 5 мм. После КП образцы медленно охлаждались, и из них изготавливался продольный шлиф (см. рис. 1). На шлифе можно выделить 5 зон (слева направо со стороны Al к Cu), структура которых изучалось с помощью растрового электронного микроскопа Phenom. На рис. 2 показана микрофотография первой зоны. Видно, что образуются дендриты довольно крупных размеров. Общая ширина дендритов порядка 140 мкм и длиной около $2,6$ мм. Длина одной ветки дендрита составляет от 30 до 60 мкм.

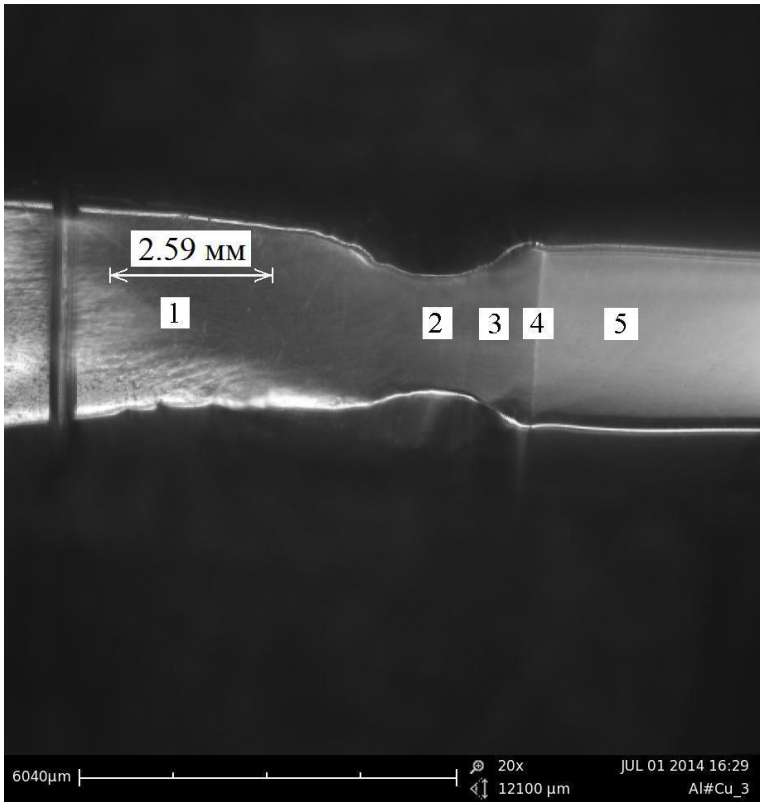

Рис. 1. Фотография шлифа после контактного плавления меди с алюминием. Увеличение $\times 20$.

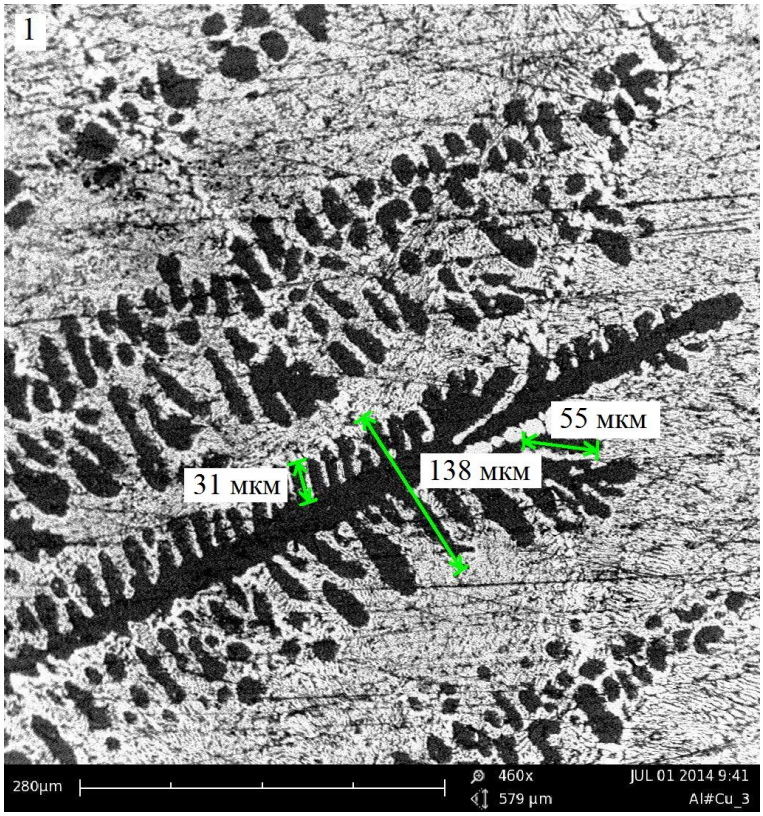

Рис. 2. Микрофотография зоны 1 в системе $Al-Cu$. Увеличение $\times 460$.

В зоне 2 образуются, перпендикулярно образцу, линейные структуры, которые в дальнейшем сливаясь, могут образовать отдельную фазу. В зоне 3 (см. рис. 3), которая находится в контакте с медью, наблюдаются игольчатые (линейные) структуры длиной $\sim 250-270$ мкм и шириной $\sim 10-11$ мкм. На рис. 3 четко видно образование фазы, которая согласно диаграмме состояния [6] представляет собой соединение Al_4Cu_9. Рассматривая, совместно рис. 2 и 3 можно увидеть, что в области алюминия, вблизи меди, возникли игольчатые структуры, которые разворачиваясь поперек образца и группируясь, могут образовывать новую фазу. Рентгенофазовый анализ показывает, что в алюминиевой части образца образуются фазы Al_4Cu_9 (параметр решетки $a = 0,87052$ нм) и $Al_{0,0565}Cu_{0,9435}$.

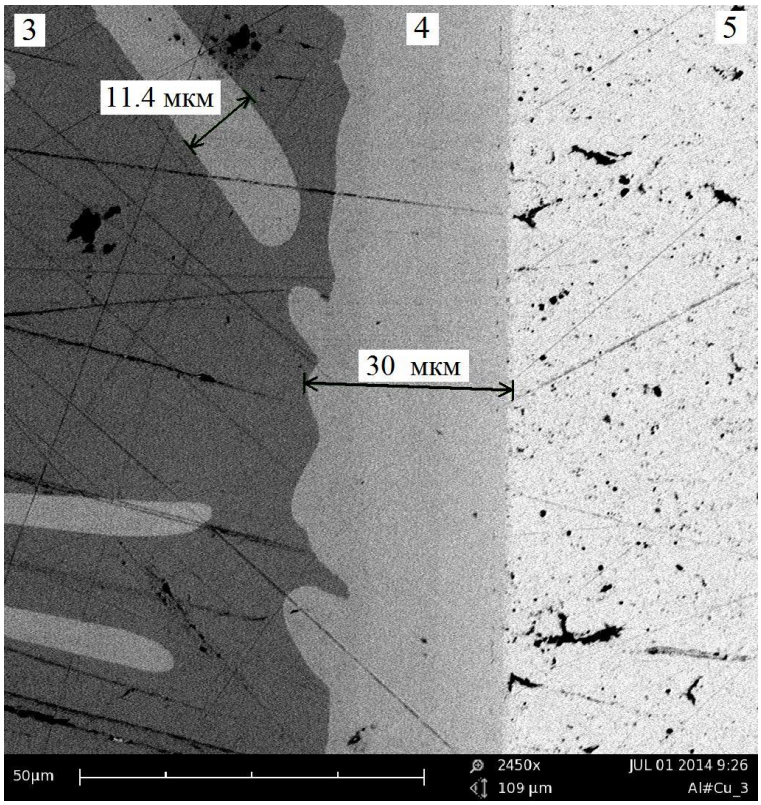

Рис. 3. Микрофотография перехода от зоны 3 к зоне 5. Между зонами слой ≈ 30 мкм (зона 4). Увеличение $\times 2450$.

Таким образом, видно, что форма контактируемого образца Al влияет на структуру контактной прослойки системы $Al-Cu$, вызванные следующими моментами:

- зависимостью смачиваемости поверхности от геометрической формы образца (острие), что спосоюствует образованию тонкого слоя контактной прослойки;

- изменением объема за счет фазового перехода из твердого состояния в жидкое, которое контролирует натекание на острие.

Вместе они могут превышать растекание по плоской поверхности подложки (меди) по сравнению с растеканием, когда контактируются плоские поверхности. Оба эти фактора ведут к изменению скорости и направления потоков в образующейся жидкости, что и сказывается на перераспределении формы, размеров и места положения структурных единиц (например, интерметалидов) в контактной прослойке, что способствует их четкой визуализации.

Работа выполнена с привлечением аппаратуры Владикавказского центра коллективного пользования научным оборудованием «Наносистемы и материалы для горно-металлургического комплекса (ВлЦКП)». Результаты работы получены при поддержке гранта РФФИ № 13-02-00079-а.

Библиографический список:

1. **Ахкубеков, А.А.** Контактное плавление металлов и наноструктур на их основе / А.А. Ахкубеков, Т.А. Орквасов, В.А. Созаев. – М.: Физматлит, 2008. – 152 с.
2. **Коротков, П.К.** Микроструктура контактных прослоек, образовавшихся при контактном плавлении меди с алюминием / П.К. Коротков, М.З. Лайпанов, А.Р. Манукянц, М.Х. Понежев, В.А. Созаев / Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2014. – № 7. – С. 109-112.
3. **Темукуев, И.М.** Контактное плавление в системах медь-алюминий и медь-титан / И.М. Темукуев // Вестник КБГУ. Серия Физические науки. – Нальчик: КБГУ, 2000. – Вып. 5. – С. 21-24.
4. **Huet, J.J.** Etude des reactions a l'état solide entre *Al* et *Cu* / J.J. Huet // Metallurgie. – 1962. – V. III. – № 3. – P. 49-53.
5. **Ахкубеков, А.А.** О роли оксидной пленки в процессе высокотемпературного контактного плавления в системе $Al-Cu$ // А.А. Ахкубеков, С.Н. Ахкубекова, Т.Б. Гуппоев / 12-й Международный симпозиум «Порядок, беспорядок и свойства оксидов», ODPO-12, Ростов-на-Дону – п. Лоо, 17-22 сентября 2009: труды конференции. – Ростов-на-Дону – пос. Лоо: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ АПСН, 2009. – Т. 1. – С. 196-197.
6. **Лякишев, Н.П.** Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т. / Н.П. Лякишев, О.А. Банных, Л.Л. Рохлин и др.; под общей редакцией Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение. 1996. – Т. 1. – 992 с.