

Особенности насыщающих сред и температурно-временных параметров термодиффузионной обработки изделий из меди для повышения жаростойкости

Плетенев И.В., Дашкевич В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Медь и ее сплавы обладают хорошими механическими, технологическими и антифрикционными свойствами, однако не обладают достаточной стойкостью при эксплуатации в условиях повышенных температур, коррозии и интенсивного механического воздействия [1-3]. Для повышения эксплуатационных свойств изделий из меди и медных сплавов могут применяться различные защитные слои и покрытия.

Одним из наиболее рациональных способов защиты от высокотемпературного окисления и коррозии изделий на основе меди и ее сплавов является диффузионное насыщение поверхности элементами, образующими при окислении плотные, устойчивые оксидные слои [1, 4]. В частности, таким элементом является алюминий. Как свидетельствуют данные исследователей, диффузионный слой Cu-Al, структура которого алюминиды меди и твердый раствор, имеет, например, показатели жаростойкости в 4,0 раза выше по сравнению с технической медью [5].

Опыт исследователей и собственный в области разработки специализированных термодиффузионных покрытий свидетельствует о перспективности использования комплексного диффузионного легирования меди и медных сплавов для защиты от высоких температур и агрессивной среды [3]. Насыщающая среда при комплексном насыщении реализуется через оригинальные составы порошковых смесей, которые являются источником других, сопутствующих алюминию элементов. Эти элементы помогают повысить стойкость при работе в условиях высоких температур, образуя сложные оксидные пленки (шпинели), и кроме этого, что очень важно, технологичность, в частности реализовать процесс насыщения при более низких температурах и на плохо подготовленных поверхностях.

В настоящее время, существуют разнообразные порошковые смеси для термодиффузионного насыщения поверхности изделий на основе меди и ее сплавов, преимущественно алюминием, состоящие из насыщающих компонентов, инертной добавки и активатора процесса [2]. Однако они имеют, как правило, высокую рекомендуемую технологическую температуру насыщения 700 °С...800 °С, иногда вплоть до 1000 °С.

Главным недостатком такого подхода является то, что при высоких температурах обработки, вследствие больших скоростей диффузии, не достигается высокое содержание алюминия на поверхности изделия, что сказывается на последующей стойкости. Получается значительная глубина слоя, при термодиффузии она может достигать 1мм и более, а стойкость за счет образования только низших алюминидов на поверхности возрастает незначительно, поскольку защитными функциями обладает, прежде всего, оксид алюминия, а его на поверхности в процессе эксплуатации образуется мало.

Кроме этого, при наличии, например, припаянных элементов на медном изделии, температура обработки изделий в таком собранном виде неизбежно должна быть низкой, чтобы не повредилось паянное соединение и находится в диапазоне температур 550-650 °С, что не достижимо при использовании традиционных подходов.

Как показывает практика использование смесей насыщения, исходно рассчитанных на более высокую температуру, в условиях низкотемпературного дает резкое снижение качества. При промышленном применении известных технологических смесей в таких условиях, наблюдаются несплошности диффузионного слоя на поверхности обработанных изделий в местах с плохо удаленной оксидной пленкой.

Таким образом существует необходимость синтеза порошковой смеси для насыщения меди и медных сплавов обладающей высокой насыщающей способностью при низких температурах процесса поверхностного насыщения от 550 °С и обеспечивавшая достаточно хорошее качество поверхности (рисунок 1).

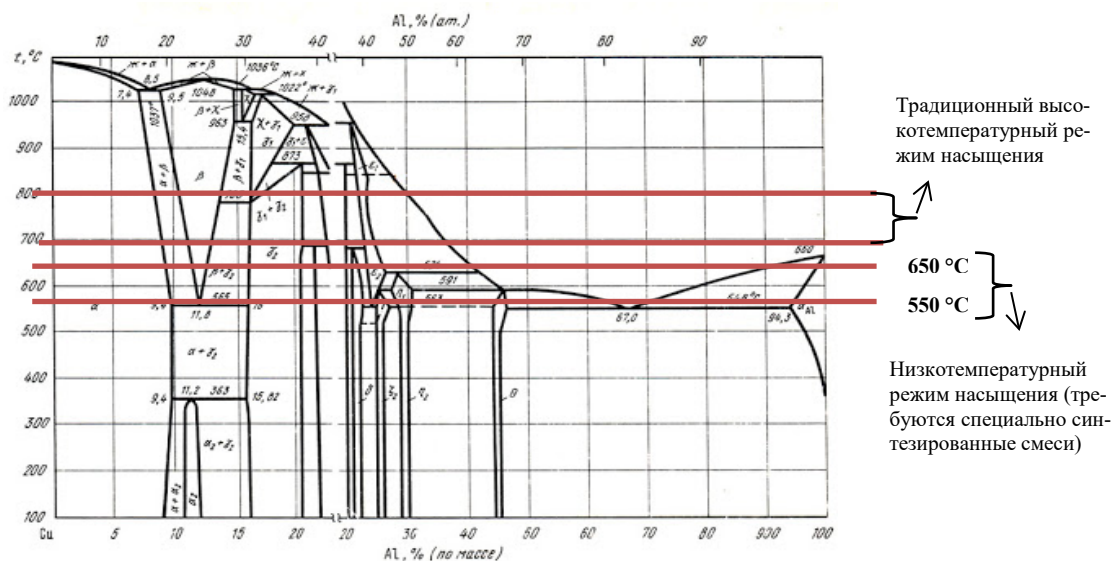


Рисунок 1 - Диаграмма состояния сплавов системы Cu-Al

Синтезируемая для низкотемпературного насыщения порошковая среда дополнительно кроме алюминия как основного элемента содержит продукты реакции алуминотермического восстановления оксидов бора и хрома и представляет собой конгломерат фаз (Al_2B , $CrAl_4$, аморфный бор и др.). Сами по себе продукты восстановления после измельчения имеют пористую структуру и соответственно развитую поверхность, повышая при этом газопроницаемость насыщающей среды. Активный бор в смеси, по нашему мнению, способствует лучшему растворению окислов меди на поверхности изделия при начальных стадиях химико-термической обработки, способствуя повышению качества процесса и снижению дефектности. Также дополнительное участие хрома и бора в составе порошковой смеси обеспечивается более высокие показатели жаростойкости и коррозионной стойкости изделий после обработки.

По результатам исследования установлено, что количество дополнительного компонента насыщающей среды в виде продуктов реакции алуминотермического восстановления оксидов бора и хрома не должно превышать 50% (масс.). Кинетика роста диффузионного слоя при использовании разработанной насыщающей среды для насыщения технической меди марки М1 представлена на рисунке 2.

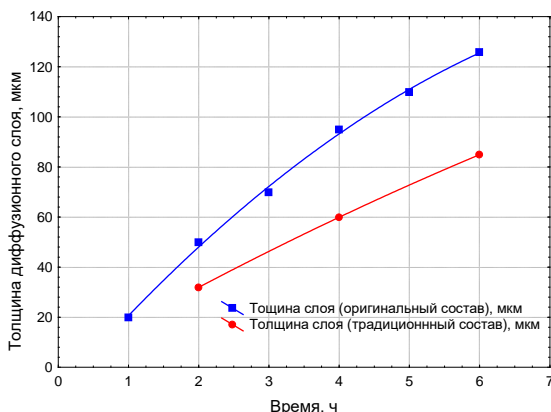


Рисунок 2 - Кинетика роста диффузионного слоя при обработке меди марки М1 в различных насыщающих средах

Таким образом, синтезируемая насыщающая среда для низкотемпературной обработки меди и медных сплавов, включающая продукты реакции алюминотермического восстановления оксидов бора и хрома, позволяет повысить кинетику роста диффузионного слоя в 1,3...1,5 раза, кроме этого, предполагается повышение показателей жаростойкости за счет дополнительного легирования бором и хромом поверхности изделия.

Литература

1. Коломыцев, П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия / П.Т. Коломыцев. – М.: Металлургия, 1979. – 272 с.
2. Минкевич, А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М.: Машиностроение, 1965. – 491 с.
3. В.М. Константинов Исследование особенностей структуры и свойств термодиффузионных жаростойких покрытий на меди / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, И.В. Плещенев // Литье и металлургия. №1, 2021. – С. 124 – 129.
4. Николаев А.К. Жаропрочные (низколегированные) сплавы на основе меди // В Сб. «Медь. Латунь. Бронза» под общей редакцией Ю.Н.Райкова. - М.: ОАО «Институт Цветметобработка», 2006. С. 21-52.
5. Украинцев А.Е. Разработка составов и создание на меди диффузионных слоев электродуговой металлизацией с последующей термообработкой: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.16.06 / А.Е. Украинцев; Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН. – Москва, 2010. – 22 с.