

В.Г. ДАШКЕВИЧ, канд. техн. наук (БНТУ)
В.Г. ЩЕРБАКОВ (БНТУ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОТВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНИКА СТЕКЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение. При одностадийном способе производства стекловолоконные стеклянные нити вытягивают из стекломассы, поступающей в выработку сразу из стекловаренной печи. Стекло в этом случае распределяется через фильерные питатели, на которых установлены подфильерные холодильники. Как правило, подфильерный холодильник выполняется из меди и конструктивно представляет собой водоохлаждаемый корпус со штуцерами для подачи воды и теплоотводящие ребра-ламели, припаянные твердым припоем к корпусу.

Наиболее быстро при эксплуатации повреждаются теплоотводящие ламели холодильника. Воздействие высокой температуры, создаваемой расплавленной стекломассой, вызывает нагрев их до температуры порядка 800–850 °С. Такое воздействие температуры, а также агрессивной атмосферы паров кислот, приводит к активной коррозии теплоотводящих ламелей, в результате чего они в течение одного-двух месяцев выходят из строя.

Известно, что одним из наиболее рациональных способов защиты от высокотемпературной коррозии металлов, в том числе меди, при температурах до 800–850 °С является термодиффузионная обработка, а именно насыщение элементами, образующими при окислении плотные, устойчивые оксидные слои, в частности алюминидом, кремнием и хромом [1].

По нашему мнению наиболее эффективно алитирование, которое предполагается проводить путем термодиффузионной обработки в порошковой среде в закрытых контейнерах. Известно, что растворение алюминидных фаз начинается при температурах 850–900 °С, до этой температуры барьерный слой эффективно защищает основной металл от проникновения кислорода и других веществ, поскольку при повышенных температурах на поверхности образуется

шпинель, обладающая намного лучшими защитными свойствами, чем CuO и CuO_2 [2].

Процесс алитирования при достаточно низкой температуре обработки, отсутствии дефицитных и дорогих компонентов насыщающей среды отличается высокой скоростью роста диффузионного слоя. Для проведения процесса не требуется специализированного оборудования, его можно реализовать в стандартной, желательнее шахтной, печи. Особых требований к подготовке поверхности тоже нет, после насыщения и очистки поверхности дополнительных операций не проводится, изделие готово к эксплуатации.

В настоящей работе проведен комплекс исследований по оценке возможности применения алитирования для повышения эксплуатационных свойств теплоотводящих ламелей холодильников, применяющихся при производстве стекловолокна.

Материалы и методика исследований. Для насыщения медных образцов ламелей использовался порошковый метод, смесь была приготовлена на основе алюминия марки ПА-2 по ГОСТ 5494 с добавкой инертного наполнителя (оксида алюминия – Al_2O_3 , ГОСТ 3136) и активатора (аммоний хлористый – NH_4Cl , ГОСТ 2210).

Исходные образцы пластин были изготовлены из меди марки М1 по ГОСТ 859-2001. Микротвердость отдельных фаз диффузионного слоя измерялась на приборе ПМТ-3 по ГОСТ 9450-76.

Испытания на жаростойкость проводили в статических условиях при температуре $800\text{ }^\circ\text{C}$, на воздухе, в течение 25 ч, циклами по 3–6 ч каждый. Измерения жаростойкости проводились весовым методом, который заключался в определении увеличения массы (прироста) образца в процессе испытаний, подвергающегося коррозии. Нагрев производили в печи СНОЛ 1,6,2,5.1/11-И2.

Для оценки коррозионной стойкости образцов ламелей с диффузионным покрытием использовали стандартные методы коррозионных испытаний в соответствии со стандартом ASTM B 117. Испытания проводили с использованием комплекса коррозионных испытаний S 120 ip, в камере соляного тумана.

Результаты исследований. Режимы термодиффузионной обработки выбраны на основе анализа литературных данных и проведенных пробных экспериментов. Выбор режимов осуществлялся исходя из следующих соображений:

– получение диффузионного слоя с высоким качеством (прежде всего минимальная пористость, сплошность покрытия, а также отсутствие отслоений);

– получение диффузионного слоя общей толщиной не более 100 мкм в целях сохранения на высоком уровне теплопроводящих свойств.

Установлено, что при насыщении на поверхности образуется диффузионный слой (рисунок 1), в котором отчетливо видны три зоны: ближе к поверхности твердый раствор толщиной около 5–10 мкм, глубже – комплекс алюминидных фаз (это твердые растворы на основе соединения CuAl_2 и, предположительно, Cu_9Al_4) общей толщиной 35–40 мкм, а также переходная зона (до 8 % Al масс.), представляющая собой α -фазу толщиной 10–20 мкм [2–4]. Толщина алитированного слоя за 4 ч обработки (без учета времени на прогрев контейнера) составила около 50 мкм.

Микротвердость фаз основной части диффузионного слоя изменяется незначительно, средняя величина составляет 550 МПа.

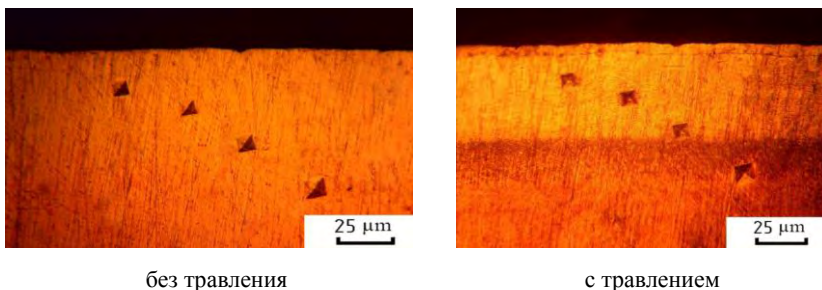
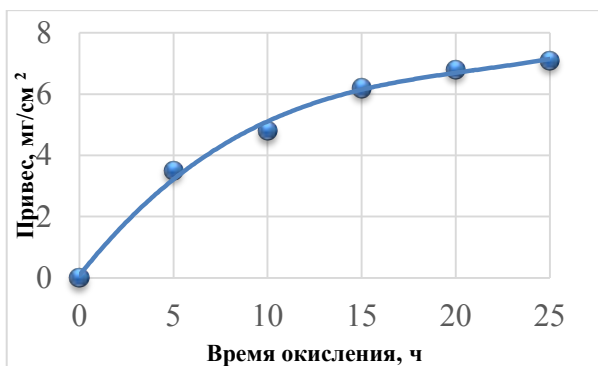


Рисунок 1 – Микроструктура алитированного слоя на меди

В дальнейшем были проведены исследования жаростойкости алитированных образцов меди (рисунок 2).

Необходимо отметить, что при эксплуатации при высоких температурах (600 °С и выше) происходит медленный рост толщины слоя вглубь детали и перераспределение концентрации алюминия (так называемое рассасывание слоя). На образцах после испытаний на жаростойкость (800 °С) в течение 25 ч установлено, что слой увеличился незначительно (на 10–20 %).



а



б

Рисунок 2 – Зависимость привеса алитированных образцов меди от времени окисления на воздухе при температуре 800 °С (а) и внешний вид образцов после испытания (б)

Результаты коррозионных испытаний в камере соляного тумана свидетельствуют о высокой коррозионной стойкости полученного покрытия. Обязательным условием этого является наличие на поверхности алитированных слоев пленки двойного оксида CuAl_2O_4 . В этом случае после испытаний в камере в течение 24 ч очагов коррозии не обнаруживается.

Заключение. Предложен эффективный технологический прием повышения долговечности медных деталей в условиях высокотемпературной газовой коррозии. Сопоставление результатов после испытаний на жаростойкость в течение 25 ч алитированных покрытий и исходных образцов технической меди свидетельствует об увеличении их стойкости в 8–12 раз. Таким образом, покрытия

диффузионного типа, в частности алитированные слои, полученные на меди путем термодиффузионной обработки в порошковых насыщающих смесях, обладают высокой эффективностью в условиях окислительного воздействия кислорода воздуха при нагреве до температуры 800 °С.

В условиях реальной эксплуатации холодильника атмосфера насыщена парами кислот, что усугубляет агрессивное воздействие кислорода воздуха на поверхность теплоотводящих элементов холодильника. Поэтому для подтверждения эффективности повышения эксплуатационных свойств после предлагаемого алитирования необходимы натурные испытания.

Литература

1. Коломыцев, П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия / П.Т. Коломыцев. – М.: Металлургия, 1979. – 272 с.

2. Гордеева, Л.Т. Окисление меди при высоких температурах и повышение ее жаростойкости алитированием / Л.Т. Гордеева, Н.Г. Вавиловская, Г.В. Григорян // Защитные покрытия на металлах. – 1968. – № 1. – С. 111–113.

3. Минкевич, А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М.: Машиностроение, 1965. – 491 с.

4. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – Т. 1. – 992 с.

УДК 666.3.017:539.4:519.2

Е.С. ГОЛУБЦОВА, д-р техн. наук (БНТУ),

Н.Б. КАЛЕДИНА (БГТУ),

В.С. НИСС, канд. техн. наук (БНТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiC}$. СООБЩЕНИЕ I. ОЦЕНКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ, СОСТАВА КОМПОЗИТА И ТВЕРДОСТИ

В работе приведены результаты исследований механических свойств композитов, полученных следующими видами обработки: го-