

Сопоставление эпюры распределения остаточных напряжений с данными металлографического анализа показывает, что сжимающие напряжения соответствуют глубине карбидной зоны, и переход последних в растягивающие происходит на границе этой карбидной зоны и основного металла.

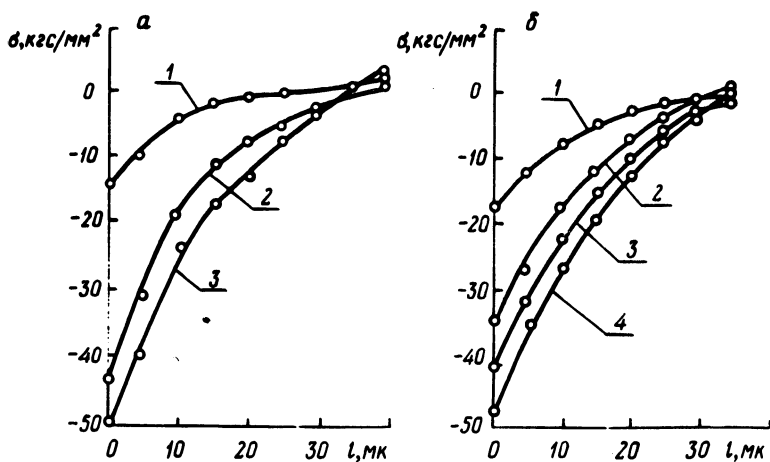


Рис. 1. Остаточные напряжения ( $\sigma$ ) в стали 38ХМЮА после насыщения хромом: а — время насыщения: 1, 2, 3, 4, 6, 8 ч соответственно; б) 1 — закалка + высокий отпуск; 2 — закалка + средний отпуск; 3 — закалка + низкий отпуск; 4 — закалка 940<sup>0</sup>С в масло.

Закалка с повторного нагрева хромированных образцов приводит к образованию в диффузионном слое сжимающих напряжений, а повышение температуры отпуска — к их снижению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков Б.З., Бабушкин Б.В. Остаточные напряжения в хромированной стали. Тездокл. Всесоюз. конф. по химико-термической обработке металлов и сплавов. — Минск, 1971.

УДК 621.785.5

Л.Г.ВОРОШНИН, Н.Г.КУХАРЕВА,  
Б.С.КУХАРЕВ, В.В.КАЗАК

#### ДИФФУЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА АЛЮМИНИИ И ЕГО СПЛАВАХ

Эксплуатационные характеристики алюминиевых сплавов могут быть улучшены химико-термической обработкой (ХТО). Для нормального проте-

кания процесса диффузионного насыщения прежде всего необходимо разрушить окисную пленку.

В проведенных исследованиях для разрушения окисной пленки в насыщающие порошковые среды вводились вещества, имеющие большее или равное с алюминием сродство к кислороду (Al, Mg, Ca или их сплавы); вещества, активно разрушающие  $Al_2O_3$  в результате химического взаимодействия, растворения, разведения и т.д. (окислы меди, бораты и галогениды различных элементов).

Нами на алюминии и его сплавах (АКЧ-1, АМц, Д16, А14 и др.) были получены следующие диффузионные слои: Zn, Cu, Zn-Cr, Ti-Zn, Zn-Cu, Cr-Al, Cr-Si, Ti-Al, Cr-Al-Zn, Cr-Si-Zn, Ti-Al-Zn, Cr-Al-Si-Zn. насыщение проводили в порошковых средах в интервале температур 450–550°C в течение 2–6 ч.

Установлено, что введение в насыщающую смесь алюминия увеличивает на 20–50% скорость формирования всех без исключения диффузионных слоев.

Не менее важным является и правильность выбора состава "активатора" процесса. В наших исследованиях в качестве активаторов использовались легкоплавкие эвтектические галлоидные и боратные среды: 1) 31%  $Na_2B_4O_7$  + 69%  $KBF_4$  и 2) 12% NAF + 59% KF + 29% LiF с температурой плавления 320°C и 454°C соответственно.

Установлено, что активаторы должны подбираться индивидуально для каждого процесса и для каждого сплава. Так, для процессов Cr-Zn, Cr-Al-Zn как на сплаве АК4-1, так и на сплаве АМц лучшие результаты получены в случае использования фтороборатного активатора, а для Cr-Si-Zn и Cr-Al-Si-Zn – фторидного активатора. На необходимость учета состава сплава при выборе активатора указывают результаты титаноцинкования и титаноалюмоцинкования сплавов АКЧ-1 и АМц; на сплаве АКЧ-1 лучший результат дал фторидный, а на АМц – фтороборатный активаторы.

Следует отметить важную роль цинка при формировании диффузионных покрытий на алюминиевых сплавах. Цинк интенсивно (от 2 до 3,5 раз) увеличивает скорость формирования диффузионных покрытий. Особенно интенсивно увеличение толщины слоя имеет место при увеличении содержания цинка в насыщающей смеси до 10%.

Диффузионные слои, рассматриваемые в настоящей работе, в подавляющем большинстве случаев представляют собой твердые растворы на базе алюминия. Исключение составляют покрытия, формирующиеся при диффузионном меднении алюминия и его сплавов, в которых помимо твердого раствора присутствуют аксиально текстурированные относительно фронта диффузии алюминиды меди  $Cu_9Al_4$  и  $CuAl_2$ .

При ХТО холоднодеформированного алюминия и его сплавов следует учитывать анизотропию роста диффузионных слоев, обусловленную наклепом и текстурой деформации. Впервые факт аномально быстрого роста слоя по некоторым направлениям холоднодеформированного алюминия был нами обнаружен при насыщении его медью. Образцы имели форму параллелепипеда. Диффузионный слой значительной толщины (60 мкм) формировался лишь на двух взаимно параллельных гранях из шести. На остальных гранях он практически отсутствует.

Влияние деформации на рост диффузионного слоя можно проиллюстрировать на примере цинкования сплава Д16. Образцы для исследования получали путем проката прутка со степенями деформации 20, 50 и 70%. Насыщение проводили в порошковой смеси (в % по массе): 25% Al + 20 – 35% Zn + 55 – 40%  $Al_2O_3$  + 2–3%  $NH_4Cl$  при температуре 500°C в течение 6 ч. Максимум скорости роста диффузионного слоя соответствует 50% деформации.

Нами были изучены следующие свойства перечисленных выше диффузионных покрытий на Al и его сплавах: жаростойкость, коррозионная стойкость и поверхностная твердость.

Установлено, что жаростойкость алюминиевых сплавов исследованные процессы ХТО не повышают. Коррозионная стойкость всех исследованных сплавов в 20% растворе азотной кислоты, 15% растворе серной кислоты и 5% растворе едкого натра увеличивается в 2–5 раз; поверхностная твердость и износостойкость сплавов А14, Д16, АК4–1, АМц возрастает в 2–3 раза.