

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

М. В. ЗАХАРОВ

О РАЗНЫХ СХЕМАХ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НА ЖАРОПРОЧНОСТЬ
БИНАРНЫХ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

(Представлено академиком А. А. Бочваром 29 XII 1948)

В работе, посвященной жаропрочности некоторых бинарных медных сплавов⁽¹⁾, мы отмечали, что различные составляющие металлических сплавов (растворы, химические соединения, смеси, состоящие из растворов и соединений), обладая определенными свойствами при комнатной температуре, могут вести себя различно при повышенных температурах. В частности, мы ссылались тогда на такие твердые и хрупкие при комнатной температуре фазы и соединения, как β (CuZn), γ (Cu₅Zn₈), Cu₃Sn, Cu₃₁Sn₈, CuAl₂ и др., которые с ростом температуры не только разупрочнялись значительно медного α -раствора, но в целом ряде случаев имели и очень малые абсолютные значения относительной жаропрочности при 400—500°C (фазы: β , Cu₃Sn, CuAl₂ и др.). Тогда же мы поставили вопрос о необходимости, наряду с изучением „растворно-осадительного“ механизма, основанного на взаимодействии сосуществующих фаз смеси, экспериментального изучения различных фаз и соединений (в чистом виде) при повышенных температурах, так как без знания свойств различных фаз и соединений и изменения их с ростом температуры нельзя проследить влияние добавок на жаропрочность сплавов, нельзя построить законченной, общей теории жаропрочности, которая крайне необходима исследователям при изыскании новых жаропрочных материалов.

Наши последующие исследования* сплавов других бинарных и квазибинарных медных систем с ограниченной растворимостью (Cu—Sb, Cu—Si, Cu—Ca, Cu—Fe, Cu—Co, Cu—Cr, Cu—NiAl, Cu—Ni₂Si) показали, что все разнообразие в действии разных добавок на медь (да, повидимому, и на другие металлы) можно в основном свести к трем схемам (рис. 1—3).

Согласно первой схеме (рис. 1), допускается однозначное влияние второй фазы (например $A_m B_n$) на медные сплавы как при комнатной, так и при повышенной температуре, т. е. вторая фаза, имея при повышенной температуре большую относительную жаропрочность, чем оптимальный α -раствор, в определенном, наиболее важном для практики интервале концентраций (например, участок $A-k$) повышает жаропрочность бинарных сплавов.

Это повышение свойств с ростом температуры и концентрации сплавов может идти с затуханием, но тенденция роста все же сохраняется (ср. кривые при 400, 500 и 550°C рис. 1).

* Методом вдавливания индентора за разные промежутки времени.

Действие „растворно-осадительного“ или любого другого диффузионного механизма (2) в этом случае проявляется в незначительной степени.

Закономерностям этой схемы, повидимому, будут подчиняться очень немногие реальные системы, но примеры такого рода все же

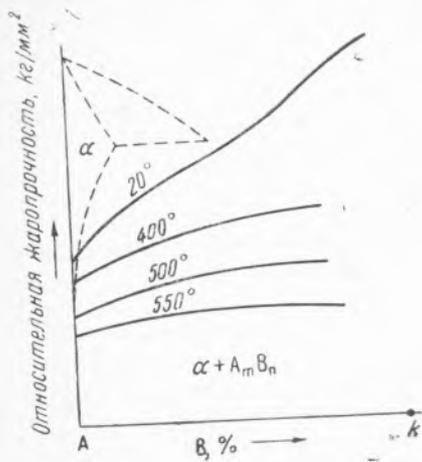


Рис. 1

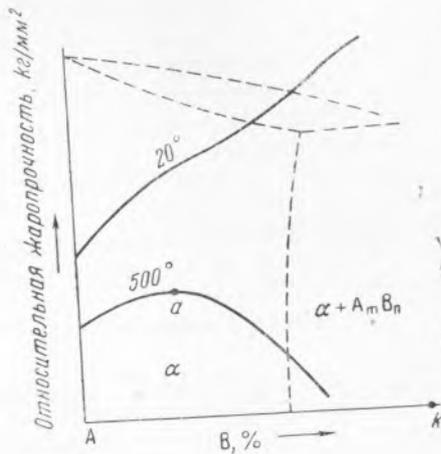


Рис. 2

имеются, например Cu—Cr при 400—500° до 5% хрома*, Cu—Ca при 400—500° до 4% кальция, Cu—NiAl при 400—500° до 15% NiAl и др.

Согласно второй схеме (рис. 2), вводимая добавка по-разному влияет на прочность сплавов при комнатной и повышенной температуре: при 20° добавка способствует прочности, а при 400—500°, на-

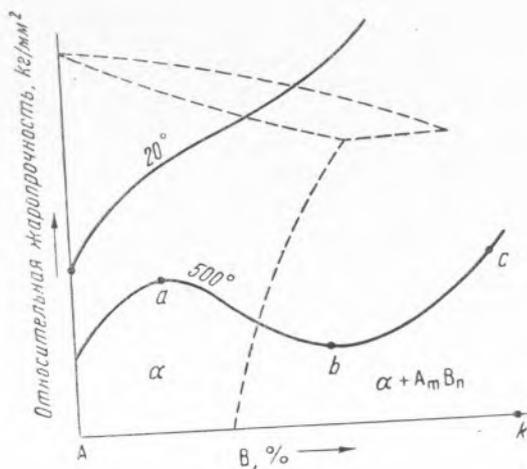


Рис. 3

оборот, начиная с оптимальной концентрации α -раствора (точка a), она понижает относительную жаропрочность бинарных сплавов. Такие случаи могут, повидимому, наблюдаться тогда, когда вторая фаза при

* Более высокое содержание хрома нами не изучалось.

повышенных температурах имеет меньшую относительную жаропрочность, чем оптимальный раствор. Действие „растворно-осадительного“ или какого-нибудь другого диффузионного механизма в этом случае только способствует отрицательному влиянию добавки на жаропрочность бинарных сплавов.

Закономерностям второй схемы, наоборот, подчиняются очень многие реальные системы, например Cu—Zn при 350—500° до 48% Zn, Cu—Si при 400—500° до 7% Si, Cu—Sb при 400—500° до 15% Sb, Cu—Be при 400—500° до 5% Be и др.

Наконец, согласно третьей схеме (рис. 3), охватывающей по существу первые две, добавка при повышенной температуре, начиная с оптимального раствора, то понижает относительную жаропрочность бинарных сплавов (участок *ab*), то снова повышает ее (участок *bc*). В результате получается суммарная кривая, подчиняющаяся одновременно, но противоположному действию по меньшей мере двух факторов: диффузионного механизма, включающего и „растворный“, и действия второй фазы, которая при данной температуре прочнее оптимального α -раствора. Падение относительной жаропрочности в сплавах (участок *ab*) объясняется отрицательным действием диффузионных процессов; рост же относительной жаропрочности (участок *bc*) — превалирующим положительным действием прочной фазы над отрицательным действием диффузионных процессов, так как этой фазы в сплаве становится много. В соответствии с третьей схемой изменяются свойства в сплавах, например систем Cu—Al при 500° до 20% Al, Cu—Sn при 400—500° до 32,5% Sn и др.

При очень высоких для медных сплавов температурах (больше 500°) первая схема может, повидимому, в определенной степени переходить во вторую (система Cu—Mn при 500°), или даже в третью (Cu—Al при 500°).

Первая схема, повидимому, чаще будет отражать такие реальные системы, которые в качестве второй фазы имеют тугоплавкие и слабо разупрочняющиеся при повышенной температуре фазы, обычно не содержащие основы сплава, когда диффузионные процессы обмена атомами между раствором и этими фазами практически отсутствуют, когда растворимость в твердом состоянии мала и, главное, не изменяется под влиянием напряжений и температуры при испытании.

В соответствии со второй схемой относительная жаропрочность будет изменяться в таких реальных системах, которые в качестве второй фазы будут иметь сильно разупрочняющиеся при повышенной температуре соединения или растворы, построенные на их основе.

Наконец, третья схема, повидимому, будет отражать такие реальные системы, которые имеют широкие области α -раствора, заметно разупрочняющегося под действием диффузионных процессов, и гетерогенные смежные области, включающие слабо разупрочняющиеся при повышенных температурах соединения.

Очень возможно, что перечисленными схемами нельзя охватить всего разнообразия изменения свойств реальных сплавов при повышенных температурах, но они, как нам кажется, являются основными, определенным образом ориентирующими исследователя при изыскании новых жаропрочных сплавов.

Поступило
28 XII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. В. Захаров, Изв. АН СССР, ОТН, № 1 (1949). ² А. А. Бочвар, Изв. АН СССР, ОТН, № 5 (1948).