

Е. М. САВИЦКИЙ

О ПЛАСТИЧНОСТИ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 10 VII 1948)

Во многих системах, образуемых металлами друг с другом, получаются промежуточные, так называемые интерметаллические, фазы или соединения определенного (дальтонида) или переменного (бертолиды) состава. Эти соединения имеют индивидуальные (как правило, сложные) кристаллические решетки и обладают особыми свойствами, отличными от свойств как самих металлических компонентов, так и твердых растворов.

Почти все интерметаллические фазы чрезвычайно хрупки при комнатной температуре. Поэтому приготовление образцов из таких сплавов и обращение с ними представляют очень большие экспериментальные трудности. В силу этого физико-механические свойства интерметаллических фаз почти не изучены, а многие диаграммы состав — свойство не построены во всем интервале концентраций сплавов.

Более того, в современном металловедении и технике господствует взгляд, что в силу своей хрупкости интерметаллические фазы сами по себе не представляют практического интереса.

Высокая твердость некоторых интерметаллических соединений используется техникой. Так например, интерметаллические соединения магния с алюминием, цинком и кремнием, алюминия с медью и т. д. в небольших количествах входят в состав термически обрабатываемых легких сплавов, и именно перегруппировке атомов соединений в процессе термообработки обязаны эти сплавы повышением своей прочности после закалки и старения.

В своих работах по изучению диаграмм состав — механическое свойство, для получения деформированных образцов из интерметаллических фаз мы решили воспользоваться общим для всех металлических веществ свойством размягчаться при нагреве. Оказалось, что интерметаллические вещества являются особо чувствительными к воздействию температуры. Многие из них, будучи нагреты до температур, сравнительно недалеко отстоящих от температуры плавления, особенно при деформировании с малой скоростью, ведут себя как очень пластические вещества.

Повидимому, это свойство в той или иной степени присуще всем интерметаллическим фазам или соединениям, и будет очень трудно найти исключения из этого правила.

Ниже приводятся три примера из области различных групп сплавов, подтверждающих высокую пластичность интерметаллических фаз:

1. В системе Mg — Zn образуются три интерметаллических соединения: MgZn, MgZn₂ и MgZn₅ (точнее, Mg₂Zn₁₁). При комнатной температуре они очень хрупки. Литые слитки из сплавов, отвечающих

по химическому составу каждому из указанных соединений, при применении нагрева можно продавить на прессе через цилиндрическое очко стальной матрицы с большой степенью деформации (80—90%).
Получающиеся при этом прутки не имеют никаких следов разрушения (рис. 1)*.

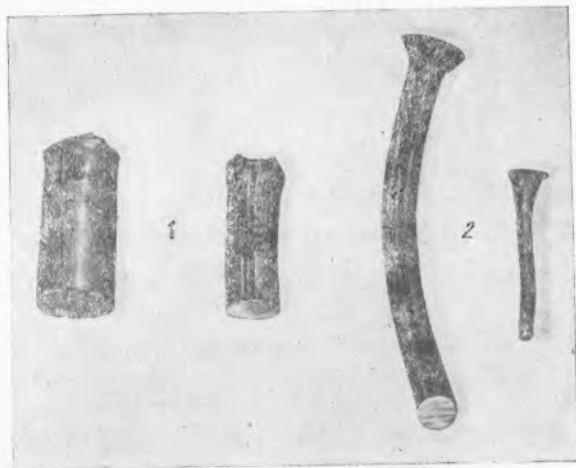


Рис. 1. Прессованные прутки из интерметаллического соединения $MgZn_2$. 1 — литой образец, 2 — прутки

2. В системе $Mg - Al$ образуются интерметаллические фазы β и γ , также весьма хрупкие при комнатной температуре. Эти фазы, будучи поставлены в определенные температурно-скоростные условия деформации, так же как и интерметаллические соединения в системе $Mg - Zn$, очень хорошо получают в виде прутков. Кроме того, образцы из этих прутков подвергались сжатию на гидравлическом прессе при 400° . Оказалось, что образцы выдерживают без разрушения уменьшение высоты на 80—90% при осаживании за один прием (рис. 2)**.

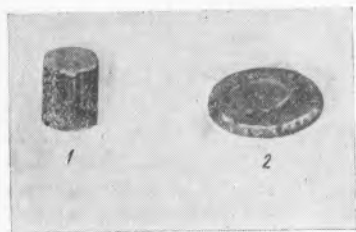


Рис. 2. Образцы из фазы γ в системе $Mg - Al$, подвергнутые испытанию на сжатие. 1 — образец до испытания, 2 — образец после испытания

3. В системе $Cu - Zn$ интерметаллическая фаза β при нагреве размягчается значительно сильнее, чем соседний с ней твердый раствор α , в то время как при комнатной температуре эта фаза выделяется своей твердостью (рис. 3)***. Это вызывает резкое изменение хода

изотерм твердости указанных сплавов (рис. 4).

Перечень подобных примеров мог бы быть продолжен.

Приведенные примеры позволяют сделать некоторые заключения о деформируемости интерметаллических фаз.

1) Металлические сплавы, состоящие из одних только интерметаллических фаз, в случае надобности, могут быть обработаны давлением. Их способность к обработке давлением возрастает с увеличением температуры.

* При участии В. В. Барон.

** При участии М. А. Тылкиной.

*** При участии В. Ф. Тереховой.

2) Нагрев сложного промышленного сплава, содержащего включения интерметаллических фаз, приводит к перераспределению относительной твердости и прочности отдельных его структурных составляющих в силу их различного отношения к повышению температуры. Может оказаться, что самая твердая при комнатной температуре структурная составляющая сплава станет самой мягкой при высокой температуре.

3) Обычно интерметаллическая фаза, граничащая с твердым раствором, обозначается символом β , а следующая за ней — символом α . По нашим наблюдениям, фазы типа γ слабее размягчаются при нагреве, т. е. являются более жаропрочными, чем фазы типа β .

Наблюдаемое нами чрезвычайно резкое увеличение пластичности интерметаллических фаз с повышением температуры не может быть объяснено только одним возрастанием термической части пластичности, т. е. увеличением амплитуд тепловых колебаний атомов. Это заставляет предположить наличие каких-то качественных, облегчающих течение деформации изменений в строении кристаллических решеток интерметаллических фаз при на-

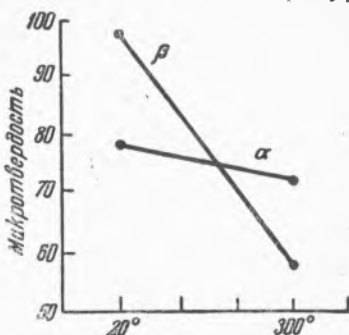


Рис. 3. Влияние температуры на микротвердость α - и β -фаз латуни

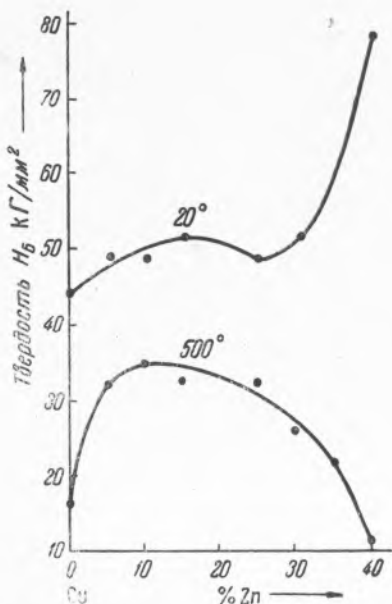


Рис. 4. Изотермы твердости сплавов Cu — Zn

греве (появление новых линий скольжения, образование аллотропных модификаций с более простыми решетками, изменение характера химической связи и т. п.). Имеющийся в настоящее время экспериментальный материал о кристаллической структуре интерметаллических соединений при высоких температурах пока еще очень мал и не позволяет сделать каких-либо определенных заключений о причинах и механизме особо сильного влияния температуры на их пластичность.

Поступило
7 VII 1948