

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Я. Б. ФРИДМАН

О ПЛАСТИЧНОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ МЕТАЛЛОВ

(Представлено академиком Н. С. Курнаковым 29 III 1939)

1. Металлические твердые растворы составляют основу большинства технических сплавов; поэтому изучение законов изменения механических свойств в зависимости от состава твердого раствора является весьма важным для металловедения.

Подобная закономерность для сопротивления твердых растворов пластической деформации установлена Н. С. Курнаковым и С. Ф. Жемчужным⁽¹⁾. Сопротивление пластической деформации (твердость по Бринелю) у твердого раствора всегда больше, чем у чистого металла. Весьма важно выяснить аналогичную зависимость также для влияния состава на пластичность твердого раствора. Существующие мнения очень противоречивы, что объясняется отчасти выбором в качестве критерия пластичности свойств, изменяющихся часто противоположным образом (относительное удлинение $\delta\%$, сужение поперечного сечения $\psi\%$ и др.).

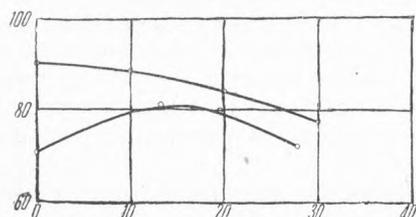
На основании работ Закса⁽²⁾, Кунце⁽³⁾ можно считать доказанным, что удлинение, отражая главным образом равномерную деформацию, не является критерием предельной пластичности. Поэтому в данной работе, принимая за критерий предельной (статической) пластичности сужение поперечного сечения $\psi\%$, излагаются некоторые закономерности влияния состава на пластичность твердых растворов. При этом все поликристаллические твердые растворы металлов (в зависимости от пластичности основного металла при низких температурах) мы разбиваем на две основные группы: а) твердые растворы на основе Cu, Ni, Ag, Al и других гранцентрированных металлов, не обнаруживающих хрупкости при охлаждении до самых низких температур; б) твердые растворы на основе железа, магния и других металлов, которые ниже определенной температуры переходят в хрупкое состояние (хладноломкость).

2. Твердые растворы на основе меди, серебра, алюминия и других нехладноломких металлов менее пластичны, чем чистый металл⁽⁴⁾.

Однако известен ряд выходов. Так, технические сплавы Cu—Zn (латуни), Cu—Sn (бронзы) превышают по пластичности чистую медь⁽⁵⁾.

Фиг. 1а ясно показывает, что пониженная пластичность технической меди по сравнению с твердыми растворами объясняется только загрязненностью меди. Сужение $\psi\%$ в чистых твердых растворах Cu—Zn; Cu—Al; Cu—Sn и др. всегда уменьшается с увеличением концентрации⁽⁶⁾.

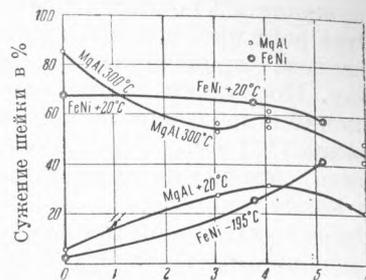
Причина столь резкого различия между технической и чистой медью, возможно, заключается в наличии примесей, в частности кислорода, который сильно понижает пластичность меди (6).



Фиг. 1а.—Твердые растворы на основе нехладноломкого металла. Нижняя кривая—технические сплавы по Керберу и Роланд(5), верхняя—очень чистые сплавы по Броневскому.

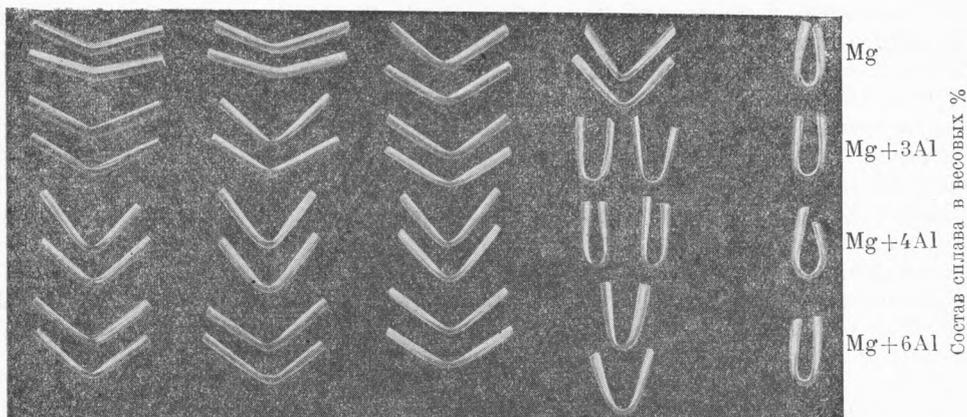
Фиг. 1.—Влияние состава на пластичность отожженных поликристаллических твердых растворов.

В сплавах это вредное действие кислорода и других загрязнений ослабляется раскисляющим влиянием компонентов (Zn, Al, Sn), и поэтому различие между техническими и чистыми твердыми растворами гораздо меньше, чем между технической и чистой медью.



Концентрация твердого раствора в весовых %
Фиг. 1б.—Твердые растворы на основе хладноломкого металла по данным Я. Б. Фридмана и М. С. Денисовой (10).

Температура деформации
20° 50° 90° 120° 200°



Фиг. 2.—Повышение пластичности магния от растворения в нем алюминия (статический изгиб при указанных на фигуре температурах) по данным Я. Б. Фридмана и М. С. Денисовой (10). Изгиб до появления первой трещины. При 200° все сплавы могут быть согнуты ~ на 180°. При 120° Mg+4% Al еще сохраняет примерно ту же пластичность. Чистый Mg уже переходит в зону хладноломкости. Сплав Mg+6% Al более хрупок, чем сплав Mg+4% Al в виду гетерогенности первого сплава.

Следовательно общую закономерность понижения пластичности у твердых растворов на основе нехладноломких металлов следует считать подтверждающейся и для систем Cu—Zn; Cu—Al; Cu—Sn, если сплавы достаточно свободны от загрязнений.

3. Принципиально иная картина имеется в твердых растворах на основе хладноломких металлов (Fe, Mg). Как известно, эти металлы ниже определенной температуры (критическая температура) дают резкое уменьшение пластичности (7).

Ниже критической температуры (которая лежит при статических испытаниях для Mg около 225°, для железа около 120°) добавки, образующие твердый раствор, могут в несколько раз повысить пластичность. (поперечное сужение $\psi\%$) основного металла (фиг. 1 б).

Этот рост пластичности, как показала работа автора совместно с М. С. Денисовой, происходит за счет сильного повышения сопротивления отрыву. Поскольку хладноломкость не устраняется с уменьшением загрязнений и наблюдается даже на весьма чистом магнии, железе, кадмии, бериллии (7, 8) и т. д., следует считать, что в этих случаях мы имеем, как правило, сильное повышение пластичности твердого раствора с увеличением концентрации*.

Выше критической температуры хрупкости мы имеем и в этих системах уменьшение пластичности с концентрацией (фиг. 1б).

Для сплавов Mg—Al установлено также, по аналогии с ранее известными зависимостями у Fe—Ni-сплавов (7), что температурный интервал пластического состояния расширяется с увеличением концентрации твердого раствора (фиг. 2). При 120° угол изгиба до разрушения у твердого раствора Mg+4% Al около 180°, у магния этот угол при 120° значительно меньше (фиг. 2).

Указанное явление давно используется в технике для получения относительно пластичных железных и магниевых сплавов: стали пластичные при температурах ниже 0° (Fe—Ni) и магниевые сплавы с повышенной пластичностью (Mg—Al). Дальнейшее изучение пластичности различных твердых растворов на основе Mg и Fe должно привести к созданию новых пластичных магниевых и железных сплавов.

4. В ы в о д ы. а) В данной работе критерием предельной статической пластичности, в частности при оценке пластичности твердых растворов, на основании (2) и (3) принято сужение поперечного сечения, а не относительное удлинение. б) Пластичность (сужение поперечного сечения) чистых твердых растворов на основе нехладноломких металлов (Cu, Al и др.) всегда уменьшается с увеличением концентрации. Имевшиеся в системах Cu—Zn и Cu—Sn аномалии объясняются сильным влиянием загрязнений (кислород и др.) на пластичность меди. в) Пластичность (сужение поперечного сечения) чистых поликристаллических твердых растворов на основе хладноломких металлов (магний, железо и т. п.) в зоне хладноломкости сильно растет с увеличением концентрации. При этом расширяется также температурный интервал пластического состояния. При высоких температурах пластичность и в этих сплавах уменьшается с увеличением концентрации.

Лаборатория механических испытаний
Института общей и неорганической химии.
Академия Наук СССР.

Поступило
10 IV 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. С. Курнаков и С. Ф. Жемчужный, Журнал русск. физ.-хим. об-ва (1913). ² Sachs-Fiek, Der Zugversuch (1926). ³ Kuntze, Kohasionsfestigkeit (1932). ⁴ Закс, Практическое металловедение, ч. II, стр. 22; Saefte l u. Sachs, ZS. f. Metal., № 5 (1925). ⁵ Körber-Rohland, Mitteil. Kais. Wilh. Institut für Eisenforschung, V, S. 55 (1924). ⁶ Broniewski, Revue de métallurgie, № 8 и 9 (1938). ⁷ Н. Н. Давиденков, Проблема удара в металловедении (1938). ⁸ Kroll, Metals and Alloys, № 12, p. 349 (1937). ⁹ Шмид-Боас, Пластичность кристаллов, стр. 131 (1938).

* Это однако несправедливо для монокристаллических твердых растворов в системе Mg—Al при измерении кристаллографического сдвига в плоскости базиса (9).