

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Б. Б. ГУЛЯЕВ

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 28 VIII 1950)

Как показано ранее (2), влияние примесей простых тел на механические свойства металлов первой группы — меди, серебра и золота — подчиняется периодическому закону. В настоящем сообщении обобщены данные о влиянии примесей простых тел на механические свойства остальных важнейших металлов, служащих основой для конструкционных сплавов: магний, цинк, кадмий, алюминий, олово, свинец, железо, никель, палладий и платина.

Обобщаются данные, относящиеся только к двойным сплавам и только в отожженном состоянии. Мерой степени влияния примесей на предел прочности и относительное удлинение являются коэффициенты влияния, представляющие собой тангенсы углов наклона кривых изменения соответствующих свойств в функции от концентрации примеси в весовых процентах, обозначаемые в дальнейшем через P (прочность) и U (удлинение).

На рис. 1, 2 и 3 представлены кривые изменения этих коэффициентов влияния в функции от атомного номера соответствующей примеси для металлов различных групп периодической системы. Цифровые данные для построения диаграмм взяты из справочников и монографий (3-12); при построении диаграмм для железных сплавов использованы данные работ (13-15) и некоторых других.

Обработка опытных данных показывает, что даже если цифры различных исследователей, относящиеся к одной системе сплавов, различаются между собой по величине, то тангенс угла наклона кривой концентрация примеси — свойство, как правило, оказывается для них одинаковым, и кривые идут параллельно. Это обстоятельство, повидимому, связано с различной чистотой основного металла сплава. Некоторые кривые и отрезки кривых построены по недостаточному количеству данных и должны рассматриваться как гипотетические. Однако относительное расположение имеющихся точек, принадлежащих сплавам на различных основах, достаточно хорошо согласуется друг с другом. Это позволяет интерполировать кривые с подробно изученных основ сплавов на менее изученные.

Кривые, представленные на рис. 1, 2 и 3, относятся к элементам различных периодов и групп периодической системы, что позволяет сделать некоторые общие выводы о механических свойствах двойных сплавов металлов.

1. Коэффициенты влияния крайних для каждого периода (принадлежащих к нулевой группе) элементов на все металлы, повидимому, можно считать ничтожно малыми. В пределах каждого периода через

точки, соответствующие коэффициентам влияния различных элементов этого периода, можно провести кривую, имеющую одну или три особых точки.

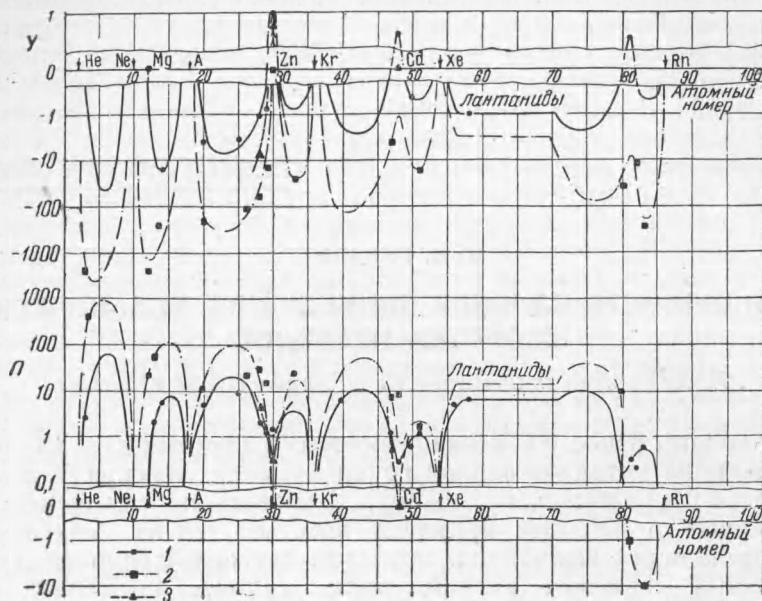


Рис. 1. Влияние примесей на механические свойства металлов второй группы. 1 — Mg, 2 — Zn, 3 — Cd

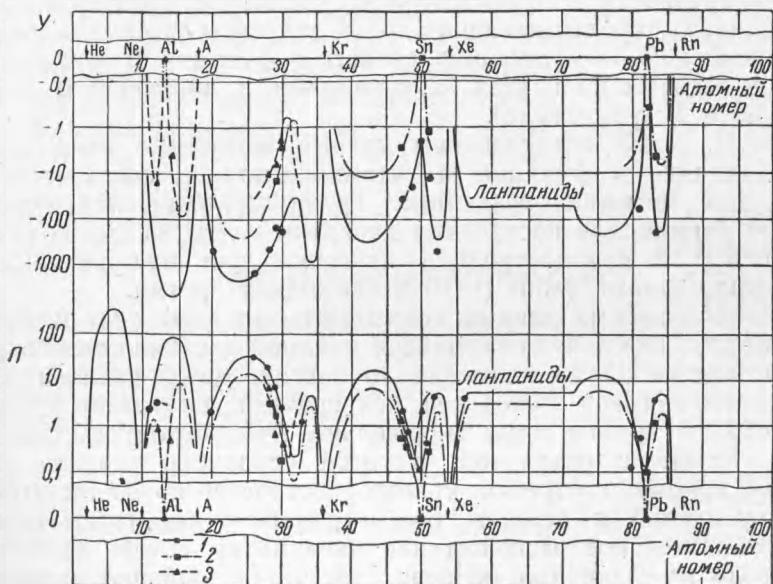


Рис. 2. Влияние примесей на механические свойства металлов третьей и четвертой группы. 1 — Pb, 2 — Sn, 3 — Al

2. Большинство примесей увеличивает прочность и понижает пластичность сплавов.

Однако некоторые примеси увеличивают пластичность и понижают прочность. К таким примесям обычно относятся элементы, принадлежащие к тому же периоду, что и металл, являющийся основой сплава,

и лежащие в соседних группах. Закономерность расположения таких «аномальных» элементов в периодической системе по имеющимся данным трудно уловить.

3. Кривые изменения коэффициентов влияния в пределах коротких периодов имеют обычно по одному экстремуму (за исключением сплавов железа и никеля), если основной элемент сплава не находится в данном периоде. Если основной элемент сплава находится в данном периоде, естественно, что коэффициенты влияния для него самого падают до нуля, и в средних частях отрезков между данным элементом и концами периода кривые образуют самостоятельные экстремумы.

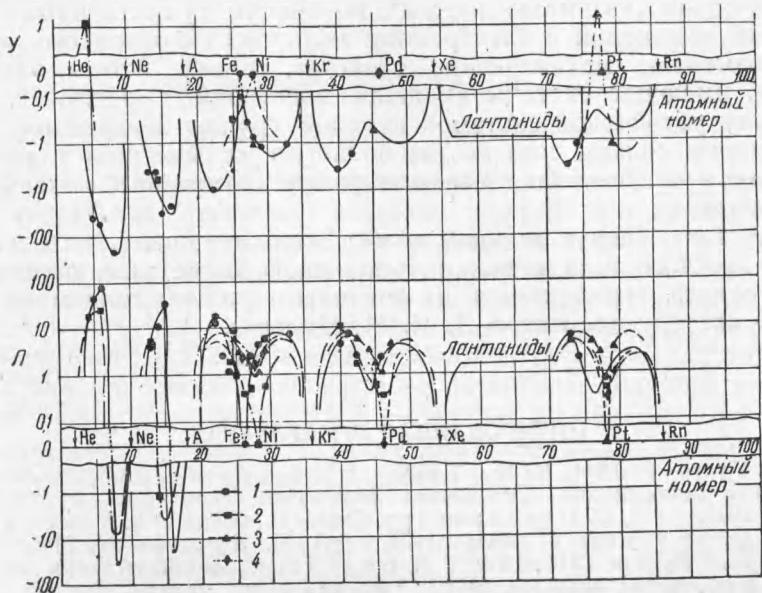


Рис. 3. Влияние примесей на механические свойства металлов восьмой группы. 1 — Fe, 2 — Ni, 3 — Pt, 4 — Pd

В длинных периодах, в случае, если они включают в себя основу сплава, кривые имеют такой же характер, как в коротких периодах. В случае, если основной элемент сплава находится в другом периоде, на элементы его группы приходятся минимумы. Все лантаниды, повидимому, имеют одинаковые коэффициенты влияния на каждый данный элемент. Кривые влияния для основных элементов сплавов, принадлежащих к одной группе, имеют обычно близкую конфигурацию, а их особые точки падают на одни и те же примеси.

4. При увеличении номера периода величины максимумов (минимумов) коэффициентов влияния для данного основного элемента уменьшаются. При увеличении номеров основных элементов сплавов, принадлежащих к одной группе, величины максимумов (минимумов) коэффициентов влияния увеличиваются.

Величины максимумов (минимумов) коэффициентов влияния при увеличении номера основного элемента в пределах одного периода изменяются по сложному закону. Повидимому, для длинных периодов эти максимумы имеют наименьшую амплитуду для элементов восьмой группы.

5. Максимумы на кривых коэффициентов влияния для прочности, как правило, соответствуют минимумы на кривых коэффициентов влияния для пластичности.

Дополнительный анализ показывает, что между коэффициентами влияния для прочности и пластичности существует линейная зависи-

мость; угол наклона соответствующей прямой является характерной величиной для данной основы сплава.

Наибольшее влияние примеси на механические свойства сплава имеет место тогда, когда присутствие ее атомов вносит в поле внешних электронных оболочек атомов основного элемента сплава наибольшую асимметрию. Атомы элементов нулевой группы и близких к ней, повидимому, образуют в решетках металлов, служащих основой конструкционных сплавов, замкнутые устойчивые единицы, не влияющие на внешние электронные оболочки последних, а следовательно, и на механические свойства. Атомы элементов примесей, относящихся к той же группе, что и основной элемент сплава, или близкие к ним приблизительно „взаимозаменяемы“, не вносят существенных дополнительных искажений в электронные поля чистого основного элемента и мало изменяют механические свойства сплава. Атомы элементов примесей, имеющие системы внешних электронных оболочек, лежащие между устойчивой системой нулевой группы и системой основного элемента сплава, создают наибольшую асимметрию в электронных полях и обеспечивают наиболее резкое изменение механических свойств сплава.

В качестве общего вывода можно констатировать, что влияние примеси простого тела на механические свойства металла, являющегося основой сплава, определяется их взаимным расположением в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

Поступило
17 III 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. Б. Гуляев, ДАН, **70**, № 5 (1950). ² Б. Б. Гуляев, ДАН, **74**, № 6 (1950).
³ Техническая энциклопедия, Справочник физических, химических и технических величин, **2**, 1929. ⁴ С. С. Подопригора, Сталь, М., 1933. ⁵ В. Клаус и А. Гедеритц, Литые металлы и сплавы, 1937. ⁶ А. П. Курдюмов, Монография о медно-цинковых сплавах, СПб., 1904. ⁷ А. Буркхарт, Механические и технологические свойства чистых металлов, 1941. ⁸ Магний и его сплавы, под ред. А. Бэка, М., 1941. ⁹ А. В. Бойцов, Г. Ф. Бойцова и Н. А. Авдонина, Благородные металлы, М., 1946. ¹⁰ Свойства металлов и сплавов, М., 1949. ¹¹ Э. Бейн, Влияние легирующих элементов на свойства стали, М., 1945. ¹² П. Обергоффер, Техническое железо, М., 1940. ¹³ А. П. Гуляев и В. П. Емелина, Сталь, № 2 (1947). ¹⁴ М. М. Штейнберг, Сталь, № 12 (1947). ¹⁵ В. А. Делле и Л. А. Фруммер, Сталь, № 7 (1948).