

Е. М. САВИЦКИЙ и В. Ф. ТЕРЕХОВА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАРГАНЦА

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 30 VI 1949)

В периодической системе Д. И. Менделеева марганец, как известно, относится к переходным элементам и, подобно многим из них, обладает аллотропией.

Существование полиморфизма у марганца было впервые обнаружено С. Ф. Жемчужным⁽¹⁾. В последующих затем работах было с несомненностью установлено существование у марганца трех аллотропических модификаций α , β и γ , устойчивых в различных температурных интервалах и имеющих индивидуальные кристаллические структуры⁽²⁾. По последним данным, α -модификация является устойчивой ниже 705° , β — от 705 до 1090° и γ -модификация устойчива выше 1090° .

Некоторые авторы, исследовавшие сплавы марганца с другими элементами (медь, палладий, углерод), считают, что решетка γ -марганца не сохраняется вплоть до точки плавления (1246°), а переходит в иную модификацию, δ -марганец^(3, 5). Однако существование δ -модификации у чистого марганца пока нельзя считать твердо установленным.

Систематических исследований механических свойств чистого марганца в зависимости от температуры, насколько нам известно, до сих пор произведено не было, повидимому, из-за его хрупкости и сложности изготовления образцов. Хрупкость при обычных температурах α -марганца общеизвестна.

Предпринимались попытки прокатать в валках образец перегнанного в вакууме марганца, предварительно нагретый до 1150° ⁽⁶⁾. Имеются наблюдения, что получающийся при электролизе водных растворов γ -марганец более пластичен, чем α -марганец.

Целью нашей работы было систематически проследить, как влияет температура нагрева образцов на механические свойства марганца.

Поскольку ударное воздействие сил является особо чувствительным к установлению температурных границ перехода из хрупкого состояния в вязкое, наибольшее внимание нами было уделено определению механических свойств (особенно характеристик пластичности) при ударных испытаниях. Из ударных характеристик определялись: величина относительного укорочения образцов ε_g (в процентах уменьшения их высоты) при осаживании ударом, а также величина ударной вязкости и тип разрушения (вязкое или хрупкое) при ударном изгибе ненадрезанных образцов. Кроме того, измерялась твердость путем вдавливания победитового конуса с углом 90° при вершине.

В качестве исходного материала был взят электролитический марганец. Образцы готовились путем отливки в подогретые металличе-

ские изложницы. Плавки велись в высокочастотной электропечи в корундизовых тиглях.

Для предупреждения растрескивания отлитые образцы помещались в разогретую электропечь сопротивления и охлаждались вместе с ней. Все образцы имели цилиндрическую форму. Размеры образцов (в мм): на ударный изгиб: $l = 100$, $d = 9,5$; для осаждения ударом: $l = 28$, $d = 18$ и для определения твердости: $l = d = 10$. Осаживание ударом производилось на вертикальном копре при запасе работы 30 кГм (вес бойка 30 кг, высота подъема 1 м). Ударный изгиб осуществлялся на маятниковом копре при запасе работы 6 кГм. Твердость определялась на универсальной испытательной машине при нагрузке 50—70 кг и выдержке 30 сек. Опыты производились в интервале температур от -195 до 1240° . Твердость измерялась непосредственно в печи электросопротивления, в которую помещался испытуемый образец. В случае

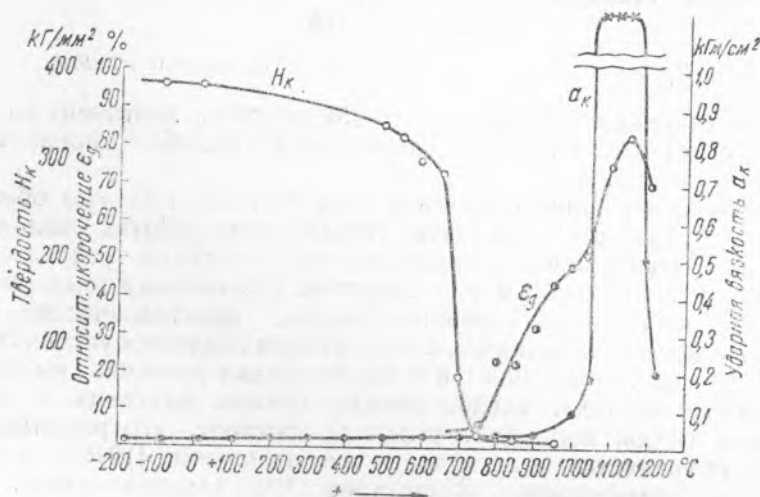


Рис. 1. Механические свойства марганца при различных температурах (× — образцы при ударном изгибе не разрушаются)

ударных испытаний печи находились рядом с копрами. Перенос образца от печи к копру занимал 2—4 сек. Для компенсации потерь тепла при переносе образцы перегревались на $15-20^\circ$.

Для испытаний при низких температурах в качестве охлаждающих сред были взяты сухой лед и жидкий азот. Экспериментальные данные о механических свойствах марганца при различных температурах представлены на рис. 1.

α -, β - и γ -модификации марганца значительно различаются по своим механическим свойствам. Особенно это относится к α - и γ -фазам. α -марганец характеризуется высокой твердостью (около 400 кГ/мм^2 при 20°) и является хрупким во всем температурном интервале своего существования. Поэтому при ударном воздействии сил образцы из марганца при очень малой величине напряжений хрупко разрушаются не только при низких и комнатных температурах, но и, например, при 700° . γ -марганец пластичен при всех температурах и легко выдерживает без разрушения значительные величины деформации (до 90%) при осаждении ударом, а при ударном изгибе не ломается, а пластически изгибается (рис. 2).

Пластически деформированные при высоких температурах образцы марганца после охлаждения часто обнаруживают трещины, вызванные большой величиной напряжений сжатия при полиморфных переходах. Как было установлено С. Ф. Жемчужным и подтверждено в

нашей работе, добавка 3% меди позволяет получить γ -марганец при комнатной температуре путем закалки в воду предварительно нагретых выше 1050—1100° образцов.

β -фаза по своим механическим свойствам занимает промежуточное положение между α - и γ -модификациями. В нижнем пограничном с α -фазой температурном интервале у β -марганца преобладает хрупкость, а в верхнем, примыкающем к γ -модификации, пластичность. Переход $\alpha \rightarrow \beta$ хорошо улавливается по резкому падению твердости образцов. Как уже указывалось, α -марганец характеризуется большой твердостью, тогда как твердость β -марганца при 750° составляет только 15 кг/мм². С дальнейшим повышением температуры твердость β -марганца еще больше падает и, например, при 950° доходит до 1 кг/мм². Переход $\alpha \rightarrow \beta$ по изменению других механических характеристик улавливается менее четко из-за большой хрупкости образцов в этом температурном интервале.

Переход $\beta \rightarrow \gamma$ по изменению твердости не может быть установлен, ввиду того что образцы сильно размягчаются. Этот переход хорошо устанавливается по изменению характера разрушения образцов при ударных испытаниях, так как хрупкий тип разрушения в области β -фазы меняется на вязкий тип разрушения в области γ -фазы. Образцы марганца при ударных испытаниях выше 1180—1200° опять начинают хрупко разрушаться. Это, вероятнее всего, объясняется явлениями предплавления и в первую очередь порчей границ зерен.

В заключение следует отметить, что, как видно из табл. 1, у марганца при нагревании становятся устойчивыми модификации с более простой и разрыхленной структурой, характеризующейся наличием меньшего числа атомов в элементарной ячейке и наибольшим расстоянием до ближайшего атома.

Такое изменение внутреннего строения приводит к ослаблению сил связи между атомами и облегчает их перемещение друг относительно друга. Увеличение пластичности марганца при нагревании, повидимому, и объясняется этими изменениями структуры.



Рис. 2. Образец марганца, изогнутый при 1100°

Таблица 1

Модификация марганца	Тип решетки	Число атомов в элементарной ячейке (?)	Наименьшее расстояние до ближайшего атома в Å	Механические свойства
α	Куб. сложн.	58	2,24	Хрупкая
β	Куб. сложн.	20	2,37	Полухрупкая
γ	Тетраг. $c/a = 0,93$	4	2,67	Пластичная

Судя по имеющимся данным, аналогичные изменения внутреннего строения при нагревании свойственны не только марганцу, но и многим другим полиморфным металлам. Поэтому можно утверждать, что у металлов, имеющих аллотропные превращения, наиболее высокотемпературная модификация, как правило, должна быть самой пластичной.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Ф. Жемчужный и В. К. Петрашевич, Изв. Росс. Акад. Наук, 863 (1917).
² С. А. Погдин, Изв. сектора физико-химич. анализа, 13 (1940). ³ G. Grube
Zs. Elektrochem., 42, No. 11 (1936); 45, No. 10 (1939). ⁴ R. Dean, Trans. Am. Soc.
for Metals, 34 (1945). ⁵ Ф. Н. Тавадзе, Тр. Грузинск. ин-та металлов и горного
дела, 1 (1947). ⁶ W. Kroll, Zs. Metallkunde, 31, 20 (1939). ⁷ Ч. Барретт
Структура металлов, М., 1948.