

Е. М. САВИЦКИЙ и В. Ф. ТЕРЕХОВА

ИЗМЕРЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ДАВЛЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПОЛИМОРФНЫХ МЕТАЛЛАХ ПРИ НАГРЕВАНИИ

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 15 X 1952)

В настоящее время известно более 15 металлов, которые обладают температурной аллотропией, т. е. в зависимости от температуры могут существовать в различных кристаллических формах (¹⁻³). При полиморфных переходах меняется тип кристаллической структуры металла и, следовательно, его плотность и объем. Так например, при переходе белого олова в серое объем увеличивается на 25,6%; плотность кристаллов γ -железа на 2 с лишним процента больше плотности кристаллов α -железа и т. п. Эти изменения объема вызывают появление в металле внутренних напряжений; до сих пор не было разработано способа измерения их.

Целью данной работы явилась разработка аппаратуры и методики измерения внутренних давлений, возникающих в полиморфных металлах при нагревании. Для этого был использован один из вариантов универсального прибора ИОНХ для микромеханических испытаний, работающий по схеме сжатия (⁴) (см. рис. 1). Испытания производились на 7-тонной машине с маятниковым силоизмерителем на шкале 1400 кг. При проведении таких исследований могут быть использованы и другие типы силоизмерителей.

Цилиндрические образцы имели высоту 30 мм и диаметр 15 мм. Нагревание образца производилось непосредственно на машине при вплотную подведенных бойках. Расширяющийся при нагревании образец передавал свое давление через пуансон и бойки на силоизмеритель машины, который отклонялся соответственно оказываемому образцом давлению. Величина внутренних напряжений вычислялась путем деления величины нагрузки на площадь поперечного сечения образца. Пуансоны изготовлялись из неполиморфных материалов — нержавеющей стали или стеллита. Для учета давления от термического расширения деталей прибора производилась предварительная холостая тарировка прибора при нагревании. Полученная величина давления затем вычиталась из величины давления, получаемой при опытах с образцом. После проведения опыта длина образца обычно уменьшалась на 0,2—0,3 мм при неизменном диаметре средней части.

Опыты производились с железом армко и марганцем. Экспериментальные данные приведены на рис. 2 и 3. Как видно из рис. 2, у железа полученная кривая имеет несколько ветвей. Первая ветвь соответствует напряжению при нагревании α -фазы и монотонно растет до 920°. Максимальная величина напряжений при 900° составляет 0,4 кГ/мм². Магнитное превращение $\alpha \rightarrow \beta$ в ходе кривой не обнаруживается.

В районе превращения $\alpha \rightarrow \gamma$ внутренние напряжения для образцов размерами 15×30 мм падают на 50% (с 0,4 до 0,2 кг/мм²). Затем идет процесс расширения образовавшейся γ -фазы, и величина внутренних напряжений возрастает (до 0,45 кг/мм²). Подъем кривой более крутой для γ -формы, чем для α -модификации. Обращает на себя внимание малая величина развивающихся в образце напряжений.

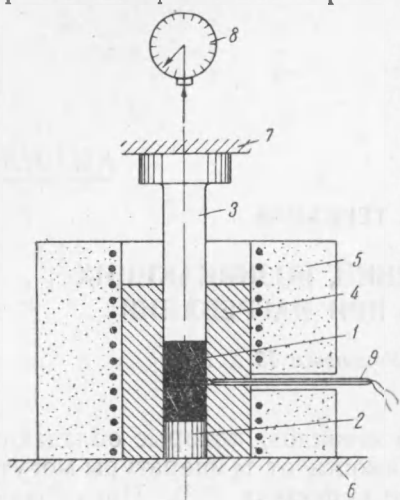


Рис. 1. Схема установки. 1 — образец, 2 — прокладка, 3 — пуансон, 4 — цилиндр прибора, 5 — электропечь, 6 — нижняя траверса машины, 7 — верхняя траверса машины, 8 — силоизмеритель, 9 — термопара

Следует иметь в виду, что в данном случае величина напряжений характеризует только образец данного объема, так как величина давления нагреваемого образца зависит от его длины. Чем длиннее образец, тем больше будут напряжения. Проверка на образцах из армо-железа длиной 20, 40 и 60 мм показала аналогичный температурный ход кривых давления, но величина давления, естественно, оказалась различной для образцов разной длины.

Следует отметить, что в температурном ходе обычных механических свойств переход $\alpha \rightarrow \gamma$ не обнаруживается, так как обе эти формы железа имеют однотипное (кубическое) кристаллическое строение (2-3).

На рис. 3 изображены данные о влиянии температуры на величину внутреннего давления у марганца. Как видим, температуры верхних полиморфных переходов у марганца хорошо улавливаются этим способом и находятся в соответствии с

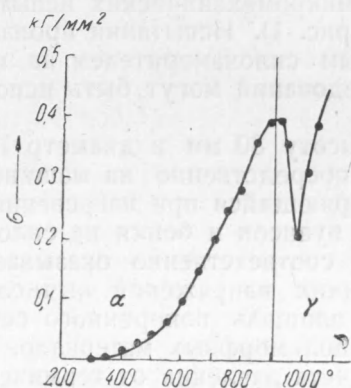


Рис. 2. Величина внутренних напряжений, возникающих в железе при нагревании (образец $d = 15$ мм и $l = 30$ мм)

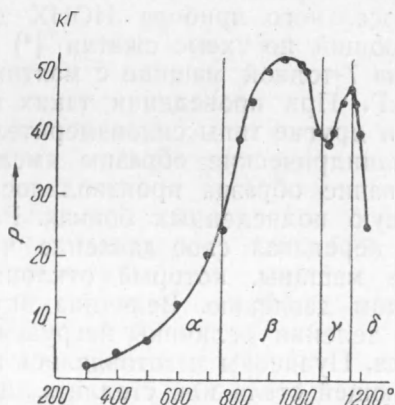


Рис. 3. Величина внутреннего давления, возникающего в марганце при нагревании

ходом механических свойств при нагревании марганца (5). Переход $\alpha \rightarrow \beta$ на величине внутреннего давления не обнаруживается, вероятно, из-за небольшого изменения объема при этом превращении.

Как видим, разработанный метод является чувствительным и может явиться одним из новых методов для определения и уточнения температур полиморфных и, вероятно, других фазовых превращений, а также количественной оценки величины развивающихся при этом

внутренних давлений в образце данного объема. Кроме того, эти опыты, повидимому, позволяют экспериментально определить величину давления, необходимого для сдвига или подавления превращений. Условия опыта по нашему способу определения внутренних напряжений можно сделать более прецизионными.

Измерение величины давлений, очевидно, можно производить не только при нагревании, но и при охлаждении, и не только по схеме сжатия, но и по схеме растяжения связанных с силоизмерителем свободно расширяющихся или сжимающихся образцов. Например, опыты, проведенные по схеме растяжения с образцами из армко-железа (диаметр 14 мм и длина 100 мм) при охлаждении, показали, что при переходе $\gamma \rightarrow \alpha$ происходит резкое увеличение давления (с 2 до 15 кГ).

В первую очередь необходимо исключить, по возможности, эффект от термического расширения частей прибора, а также элементы пластической деформации образца. Полученные данные нуждаются также в более строгой термодинамической интерпретации.

Выражаем искреннюю благодарность доктору физико-математических наук Н. Н. Сироте за дискуссию результатов.

Институт общей и неорганической химии
им. Н. С. Курнакова
Академии наук СССР

Поступило
30 IX 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. В. Агеев, Химия металлических сплавов, изд. АН СССР, 1947.
² Г. Б. Бокий, Вестн. МГУ, № 5 (1948). ³ Е. М. Савицкий, ДАН, 78, № 5 (1950). ⁴ Е. М. Савицкий, авт. свидет. № 78001. ⁵ Е. М. Савицкий, В. Ф. Терехова, ДАН, 68, № 1 (1949).