

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

М. Г. ЛОЗИНСКИЙ

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ
ТВЕРДОСТИ α - И γ -ФАЗ СТАЛИ ПРИ НАГРЕВЕ ДО 1100°
В ВАКУУМЕ**

(Представлено академиком Н. Т. Гудцовым 9 II 1952)

В процессе полиморфного превращения низкоуглеродистой стали из α - в γ -фазу происходит перестройка атомов в новую кристаллическую решетку. Возникновение нового вида кристаллической решетки приводит к изменению ряда физических свойств стали, в том числе и ее твердости.

В течение последних лет автором были развиты под руководством акад. Н. Т. Гудцова работы по изучению строения и свойств металлов и сплавов при высокотемпературном нагреве в вакууме. Эти работы привели к созданию ряда новых экспериментальных приборов и установок, позволяющих производить наблюдение за изменениями микроструктуры, изучать твердость, процессы старения и испарения на металлических образцах, нагретых при низком остаточном давлении. Некоторые результаты этих работ были опубликованы ранее (¹⁻⁴).

В данной статье сообщается о результатах проведенных автором работ, позволивших установить закономерность изменения твердости α - и γ -фаз низкоуглеродистой стали в интервале температур от комнатной до 1100° при нагреве в вакууме. При этом впервые показан характер изменения твердости в области температур фазовых превращений.

Приводимые ниже экспериментальные данные были получены при проведении опытов по измерению твердости одновременно 6 образцов, нагретых в вакууме на приборе, разработанном под руководством акад. Н. Т. Гудцова и автора при участии Н. А. Богданова (проектирование прибора производилось В. В. Гусаровым и П. А. Колышкиным совместно с автором; прибор изготовлен на московском заводе «Платиноприбор»). На рис. 1 приведена принципиальная схема устройства этого прибора. На рис. 1 1 — исследуемые образцы, имеющие форму диска диаметром 15 мм и высотой 5 мм. Образцы помещены в держатели 2, укрепленные к стойкам 3, снабженным шестернями 4. Вращение стоек и образцов вокруг вертикальной оси производится в подшипниках 5, размещенных в подставке 6. Коническая зубчатая передача 7 соединена с вакуумным шлифом 8 червячным редуктором 9, снабженным стрелкой и шкалой 10, служащей для определения положения образцов. Каждое деление шкалы соответствует повороту образцов на угол в 6°.

Нагрев образцов до 1100° производится за счет радиационного излучения от молибденового ленточного нагревателя 11, охватывающего каждый образец. Выводы от нагревателя проходят через вакуумное

уплотнение в корпусе 28 и присоединяются к низковольтному трансформатору. Для снижения величины тепловых потерь от нагревателя служат экраны 12.

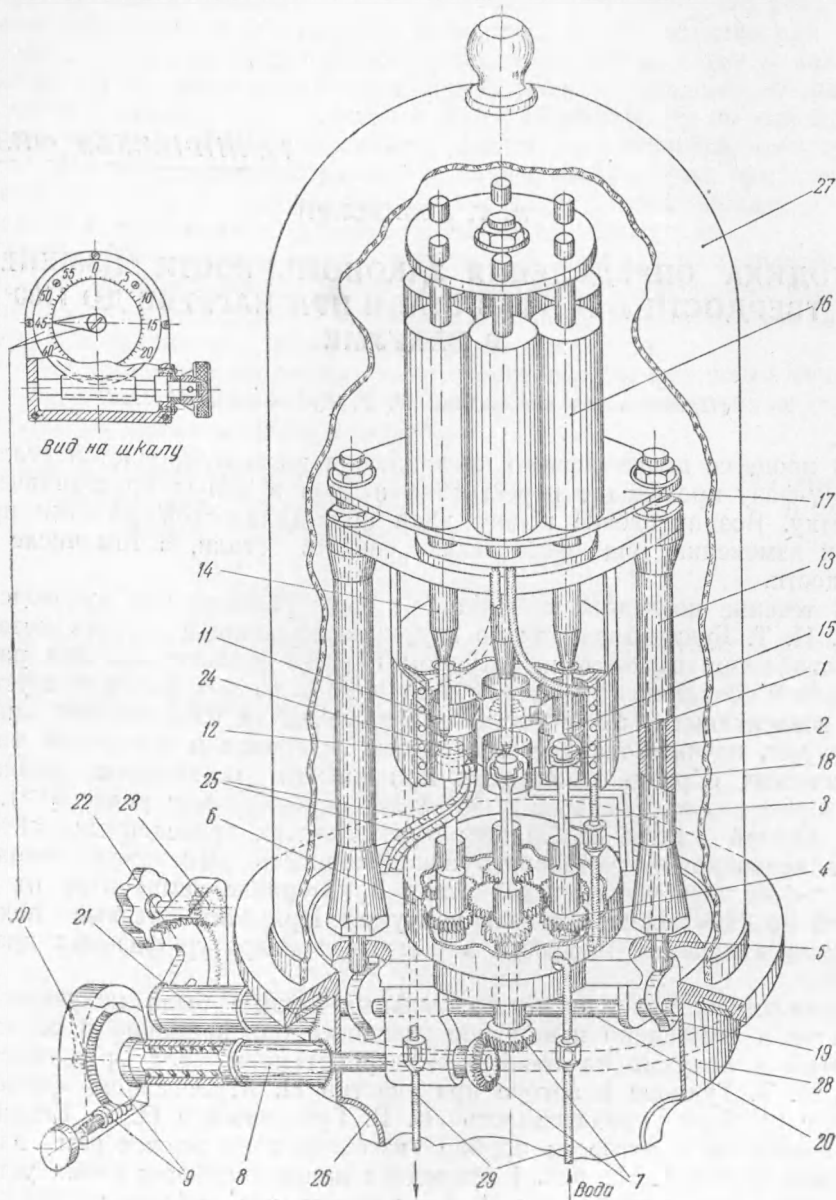


Рис. 1. Принципиальная схема устройства прибора для измерения твердости одновременно на 6 образцах (в виде дисков диаметром 15 мм и высотой 5 мм) при нагреве до 1100° в вакууме

Измерение твердости производится методом вдавливания в нагретую поверхность образцов инденторов с алмазными наконечниками, имеющими форму четырехугольной пирамиды с углом в 136° между противоположными гранями. Так как температура плавления алмаза составляет $\sim 5000^{\circ}$, то применение инденторов с алмазными наконечниками для измерений твердости в интервале температур до 1100°

следует признать вполне допустимым. Оси инденторов и образцов на описываемом приборе смещены относительно друг друга на 5 мм. При периодическом опускании инденторов на образцы после каждого поворота последних на 6° на поверхности образцов образуется серия отпечатков. При расположении отпечатков на расстоянии около 0,5 мм один от другого и при эксцентриситете x между осью инденторов и осью образцов равным 5 мм длина окружности отпечатков составляет $l = 2\pi x = 31,4$ мм, а общее число отпечатков составляет 60. Измерение диагоналей отпечатков на образцах осуществляется при помощи окулярного микрометра (после охлаждения образцов до комнатной температуры). Число твердости по шкале Виккерса определяется по формуле:

$$H_V = \frac{1,8544 P}{b^2} \text{ кг/мм}^2,$$

где b — диагональ отпечатка в мм, P — нагрузка на индентор в кг.

На описываемом приборе имеется шесть грузов 16 по 1 кг каждый, опирающихся на площадку 17. Последняя укреплена на двух полых стойках 13. Вертикальные штоки 14 соединяют грузы с алмазными инденторами 15. Подъем и опускание грузов и инденторов производится при помощи тяг 18 и кулачкового механизма 19. Ось кулачкового валика 20 проходит через вакуумный конический шлиф 21 и соединена с зубчатым сектором 22. При повороте шестерни 23 вправо или влево происходит плавное опускание или подъем грузов и инденторов. Рабочий ход кулачков 19 на несколько миллиметров больше промежутка между образцами и инденторами. Поэтому при опускании площадки 17 торцы грузов выходят из соприкосновения с плоскостью площадки, и грузы оказывают давление на острие инденторов. Трением между штоками 14 и направляющими втулками, через которые проходят штоки, можно пренебречь вследствие его крайней незначительности.

Измерение температуры нагрева образцов осуществляется при помощи платина-платинородиевой термопары 24, спай которой прикреплен к нагревателю точечной электросваркой. Выводы термопары 25 пропущены через вакуумное уплотнение в корпусе 28 и соединены с автоматическим потенциометром, обеспечивающим сохранение требуемой температуры с точностью $\pm 1\%$. При юстировке прибора используются вспомогательные термопары, спай которых приклеиваются к образцам; при этом точно устанавливается соотношение между температурами нагревателя и образцов, позволяющее в дальнейшем контролировать тепловой режим по температуре нагревателя.

Откачка воздуха и газов из рабочей камеры прибора (образуемой стеклянным коллаком 27 и медным корпусом 28) производится через горловину корпуса 26. Остаточное давление в рабочей камере при нагреве образцов составляет около $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.

На рис. 2 показаны графики изменения твердости низкоуглеродистой стали с содержанием 0,2% С (1) и стали с 0,35% С (2) при нагреве до 1100° в вакууме.

Измерения в интервале от 700 до 800° производились через 10° , а от 800 до 900° — через 25° , что обеспечило получение достаточно точных результатов (отклонения в числах твердости на образцах из той же марки стали, исследованных при одинаковом режиме нагрева и выдержки, отличаются на более, чем на 2—3%). Длительность выдержки индентора на образце при его опускании для получения отпечатка при данной температуре составляла 1 мин. При каждом температурном значении измерение проводилось 3 раза. Нагрузка на индентор составляла 1 кг.

Характерным является появление площадки на кривой твердости в интервале температур фазовых превращений, которое может быть объ-

яснено действием следующих факторов. При нагреве до температуры перехода в γ -фазу происходит перестройка кристаллической решетки, а также диссоциация карбидов железа с образованием твердого раствора. Оба этих процесса повышают твердость и приводят к временному прекращению снижения твердости при нагреве. Однако дальнейшее повышение температуры вновь вызывает падение твердости, что и иллюстрируется графиками рис. 2*.

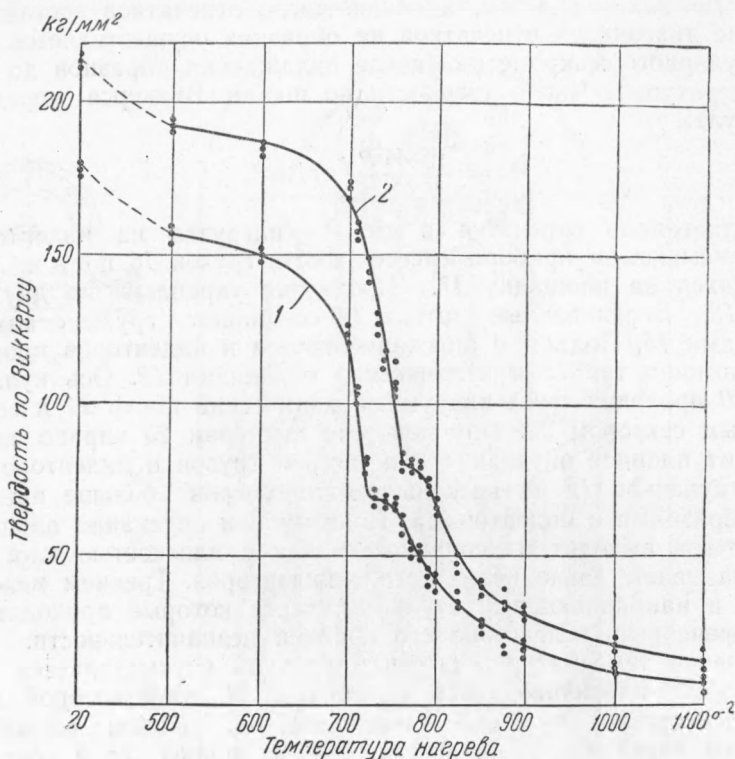


Рис. 2

Выводы. Разработанная методика и прибор позволяют определять закономерность изменения твердости, являющейся одной из важнейших характеристик металлов и сплавов, а также могут быть использованы как новый способ анализа положения критических точек, являющийся равноценным существующим методам магнитного, термического и дилатометрического контроля положения критических точек и позволяющий расширить и уточнить металлургические исследования свойств металлов и сплавов.

Институт машиноведения
Академии наук СССР

Поступило
29 XI 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Т. Гудцов, М. Г. Лозинский, И. Ф. Зудин, Н. А. Богданов и М. П. Матвеева, Изв. АН СССР, ОТН, № 1, 108 (1950). ² Н. Т. Гудцов и М. Г. Лозинский, ДАН, 73, № 4 (1950). ³ Н. Т. Гудцов и М. Г. Лозинский, Зав. лаб., № 9, 1072 (1950). ⁴ Н. Т. Гудцов, М. Г. Лозинский, Тр. совещ. по микротвердости, 21—23 ноября 1950 г. Изд. АН СССР, 1951.

* Измерения отпечатков инденторов на исследованных образцах выполнялись Н. И. Альперовой и М. С. Бренчугиной, которым автор выражает благодарность.