

Е. Я. ПУМПЕР

УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ
В НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛАХ ПОСЛЕ ОТЖИГА

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 19 VII 1949)

Ранее было опубликовано⁽¹⁾, что быстрый отжиг нихрома и адванса приводит к снижению уровня электрических флуктуаций. После двухкратного или трехкратного отжига до температуры 350—400°, флуктуации в таких сопротивлениях снижались до уровня тепловых. Это означает, что при таких условиях прекращается действие неравновесных процессов, увеличивавших уровень флуктуаций до отжига. Специальные опыты показали, что при быстром нагреве и медленном охлаждении испытуемого образца снижения уровня флуктуаций не наблюдалось. Из этого можно заключить, что такой процесс имеет место только при быстром охлаждении металла.

Дальнейшие опыты показали, что уровень флуктуаций в сопротивлении, которое подвергалось быстрому охлаждению, не остается постоянным. Через несколько дней после отжига уровень флуктуаций в нихроме вновь повышается и достигает прежнего значения, которое имело до отжига, несмотря на то, что исследуемый образец не подвергался заметным внешним воздействиям*.

В табл. 1 показан результат измерения постоянной Больцмана для нихрома, подвергнутого отжигу на частоте 16 000 гц. После остывания в течение 8 суток измерялся уровень флуктуаций этого образца.

Таблица 1

Постоянные Больцмана ($K \cdot 10^{-16}$ эрг/град.), измерения в нихроме после отжига

В р е м я в с у т к а х						
0	1	2	3	6	7	8
1,39	1,36	1,41	1,38	1,40	1,49	1,53
1,35	1,39	1,40	1,43	1,45	1,56	1,51
1,42	1,39	1,36	1,37	1,45	1,52	1,55
—	—	1,39	—	—	1,53	1,55
—	—	1,39	—	—	1,53	—
Средн. 1,39	1,38	1,39	1,39	1,43	1,53	1,53

* Образец в течение всего времени находился в железной печи, которая при отжиге снаружи прогревалась током и одновременно служила экраном при измерении флуктуаций. В момент включения электрической схемы при измерении флуктуаций возможны были кратковременные токи через сопротивление, порядка 10^{-6} а.

Из табл. 1 видно, что на протяжении нескольких дней после отжига постоянная Больцмана имеет теоретическое значение $1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/град., после чего она возрастает, доходя через 6 дней до того уровня, который был в этом сопротивлении до отжига.

При повторном отжиге уровень флуктуаций опять снижается и через несколько дней сопротивление возвращается к первоначальному состоянию с повышенным уровнем флуктуаций. С сопротивлением, данные для которого показаны в табл. 1, такой цикл операций производился 3 раза. Опыты неизменно приводили к одному и тому же результату. Несколько колебалось время, при котором начинался переход в состояние с повышенным уровнем флуктуации. Так, для опыта, показанного в табл. 1, переход произошел на шестые сутки. В некоторых случаях такой переход замечался на четвертые сутки.

Из известных в физике металлов процессов наиболее близко подходит к полученным результатам „старение“ сплавов, хотя полного соответствия между этими явлениями все же нет. Обычно принято считать, что „старение“ происходит в течение некоторого времени после отжига. Если встать на ту точку зрения, что полученные нами результаты связаны со старением, то представления о старении сплавов нуждаются в некотором расширении.

Согласно нашим результатам, процесс происходит в сплаве и до отжига, так как при $K' = 1,53 \cdot 10^{-16}$ эрг/град. непрерывно происходит выделение энергии кристаллической решетки, увеличивающее уровень флуктуаций. После отжига сплав переходит в другую фазу, когда выделения энергии нет. Через несколько дней вновь начинается такой процесс.

Согласно прежним результатам ⁽¹⁾, завышенный уровень флуктуаций наблюдался не только в нихроме и адвансе, но также и в вольфраме марки ВК (диаметром 30 μ). Дальнейшие опыты показали, что в ряде чистых металлов, в частности, в меди, никеле, золоте, а также в вольфраме марки ВА, имеют место только тепловые флуктуации.

В связи с этим было проверено влияние медленного отжига на уровень флуктуаций в вольфраме марки ВК. В этом опыте измерения флуктуаций производились путем приключения исследуемого сопротивления в колебательный контур ⁽²⁾ на частоте $5,8 \cdot 10^4$ гц. Отжиг вольфрама привел к другому результату, чем отжиг нихрома. До отжига для этой частоты для вольфрама $K' = 1,5 \cdot 10^{-16}$ эрг/град. Этот образец был отожжен до температуры 750° , после чего в течение полутора месяцев производились измерения постоянной Больцмана. Результаты измерений показаны на рис. 1. После отжига постоянная Больцмана возрастает, достигая значения $2 \cdot 10^{-16}$ на шестые сутки, после чего спадает, стремясь к значению $1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/град.

Таким образом, в вольфраме марки ВК также происходит непрерывное выделение энергии кристаллической решетки до отжига.

После отжига интенсивность этого процесса возрастает, достигая максимальной величины на шестые сутки. После этого интенсивность падает по одной из двух причин: либо иссякает источник энергии, за счет которого уровень флуктуаций имел повышенное значение, или же изучаемый процесс приходит к насыщению. Обнаруженный процесс мог бы быть объяснен явлением „возврата“, исходя из того предположения, что даже при комнатной температуре происходит медленное уничтожение остаточных деформаций отдельных кристаллов, вследствие чего происходит выделение энергии, повышающее уровень флуктуаций. После отжига это явление начинает происходить с большей интенсивностью, пока не иссякнет запас деформированных кристаллов.

Однако, согласно существующим данным, такие явления замечаются только во время отжига. Можно также предполагать, что в

данном опыте имеет место старение благодаря присутствию в вольфраме примеси (около 1% кремния). Тогда опять следует предположить, что старение происходит также и до отжига. После отжига процесс начинает идти с большей скоростью. После шести суток, когда скорость делается максимальной, возникает насыщение.

Не исключено, что в опытах с вольфрамом могли также играть роль поверхностные процессы, так как завышенное значение K' было

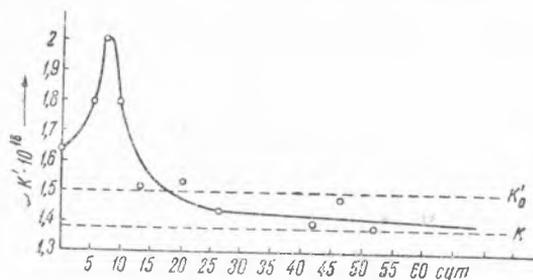


Рис. 1 Кривая изменения уровня флуктуаций вольфрама, диам. 30 μ после отжига. До отжига $K'_0 = 1,5 \cdot 10^{-16}$ эрг/град.

получено только для одного из двух сортов, подвергавшихся исследованию. Притом образец того сорта вольфрама, в котором уровень флуктуаций был завышенным, имел малый диаметр (0,03 мм). В таком проводе такие процессы должны быть особенно заметны. Образец другого сорта, для которого уровень флуктуаций не превышал тепловые, имел диаметр 0,2 мм.

Полученные результаты позволяют думать, что измерение электрических флуктуаций в металлах может привести к новой методике изучения процессов в металлах. Проведенные опыты показывают, что таким путем возможно исследование таких явлений, которые достаточно трудно обнаруживаются существующими методами.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
5 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. Я. Пумпер, ЖЭТФ, 18, № 12, 1112 (1948). ² Е. Я. Пумпер, ДАН, 66, № 1 (1949).