

## СТАРЕНИЕ МЕТАЛЛА ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОПРОВОДОВ ТЭС

Дмитрик В.В., Глушко А.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Старение металла сварных соединений из теплоустойчивых перлитных сталей характеризуется образованием и ростом новых фаз, преимущественно расположенных на границах зерен  $\alpha$ -фазы. Интенсивность их роста в структурах металла шва, участков зоны термического влияния и основного металла существенно отличается. Для уточнения механизма образования пор в структуре сварных соединений целесообразно изучать закономерности определяющие кинетику образования и роста карбидных выделений. Известно, что в структуре сварных соединений из стали 15X1M1Ф и 12X1MФ возможно существование карбидных фаз первой группы  $M_3C$ ,  $M_7C_3$ ,  $M_{23}C_6$ ,  $M_6C$ . Кристалл цементита состоит из определенного количества октаэдров, имеющих взаимно ориентированные, под установленными углами, оси. Хромистый цементит  $(Fe, Cr)_3C$  образуется при локальной концентрации  $\leq 2\%$  хрома, в зернах  $\alpha$ -фазы и по их границам. Молибден в карбиде  $M_3C$  растворяется до 1%. В ячейке  $M_3C$  хром замещает до 25% атомов железа, что является пределом его насыщения. При локальной концентрации хрома от 2 до 5% образуется тригональный карбид  $(Fe, Cr)_7C_3$ . Первоначально, в исходной структуре, по границам зерен  $\alpha$ -фазы концентрируются дисперсные карбидные выделения цементитного типа. Их можно рассматривать при наличии гетерогенных флуктуаций (по Френкелю), как докритические зародыши. Когда локальная концентрация хрома становится  $> 5\%$  (ат.) гетерогенные флуктуации способствуют локальным фазовым переходам, при условии, что рост докритического зародыша характеризуется первоначально увеличением энергии системы, а затем ее снижением. Число образующихся зародышей  $N_3$  карбида  $M_7C_3$  в исходной фазе  $M_3C$  будет составлять

$$N_3 = N_\alpha \exp\left(\frac{\sum \Delta F_3}{kT}\right) \text{ где } N_\alpha - \text{число атомов в ячейке } M_3C; \sum \Delta F_3 - \text{работа,}$$

затраченная на образование зародыша;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура. Интенсивность зарождения  $M_7C_3$  существенно зависит от локальной плотности дислокаций, что проявляется в уменьшении значений  $\Delta F_3$ . Реакции  $M_3C \rightarrow M_7C_3$  в условиях ползучести предшествует диффузия атомов хрома из зерен в метастабильный карбид  $M_3C$  и, соответственно, предельное его насыщение. После такого насыщения следует скачкообразная перестройка решетки из орторомбической в тригональную, т.е.  $M_3C \rightarrow M_7C_3$ . Предельно насыщенный хромом карбид  $M_3C$  следует рассматривать как критический зародыш. Образование такого зародыша происходит не только вследствие объемной диффузии атомов хрома из зерен  $\alpha$ -фазы на межфазную границу, но и диффузии вдоль границы (границная диффузия), а также стимулируется локальным переползанием дислокаций.