

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. АКИМОВ, член-корреспондент АН СССР, и Ц. Л. МИНЦ
СТРУКТУРА АУСТЕНИТНОЙ ЖАРОУПОРНОЙ СТАЛИ

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ СТАРЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ЭИ-69

Исследование старения закаленной аустенитной стали производилось на тех же образцах стали ЭИ-69, что и в первой работе (1).

Сравнивались структуры, возникающие при старении для двух температур закалки: обычной — 1050° (мелкое зерно) и высокой — 1250° (крупное зерно). Старение производилось при температурах 700—850° с выдержками от 30 мин. до 50 час.

Результаты исследования представлены на рисунке для температуры старения 800° и крайних значений выдержки — 30 мин. и 50 час. Для других температур и для промежуточных выдержек получались аналогичные результаты.

Как можно видеть из представленных микроструктур, процессы старения для стали, закаленной от температуры 1050 и от 1250°, обнаруживают весьма существенную разницу. При старении мелкозернистой стали (закалка от 1050°) выделение карбидов происходит равномерно по всему зерну. Карбиды имеют округлую форму и размеры, отвечающие примерно тем карбидам, которые оставались в стали нерастворенными при нагреве перед закалкой. Это объясняется тем, что в структуре до старения имеются остатки нерастворившихся карбидов, которые легко становятся центрами кристаллизации новых карбидов. Новые мелкие карбиды, повидимому, легко коагулируют, быстро образуя карбиды микроскопической величины. Границы зерна в процессе выпадения карбидов никак не отмечаются.

Старение стали, закаленной от 1250°, идет совсем иначе. Прежде всего, карбиды выпадают в чрезвычайно мелкодисперсной форме. При 750° и малой выдержке (30 мин.) выпадение отмечается только общим изменением травимости фона и почернением границ зерен, двойников и линий скольжения. Даже при температуре старения 800° при той же выдержке еще очень трудно заметить отдельные карбиды. При выдержке 50 час. при 800° коагулировавшие карбиды заметны в виде параллельных цепочек только по границам зерен, где плотность выпавших карбидов, как видно, очень высока. Само же зерно заполнено весьма мелкими карбидными выделениями. Таким образом, карбиды в стали, закаленной от 1250°, оказываются термически стойкими и коагулируют медленно, преимущественно в местах с очень высокой плотностью карбидных выделений.

Такая разница в выделении карбидов может быть объяснена следующим образом. В стали типа ЭИ-69 возможно образование различного типа карбидов (хромово-железных, хромово-железо-вольфрамовых, вольфрамовых). Эти карбиды обладают различной термической стойкостью. Понятно, что при нагреве в твердый раствор будут сначала переходить менее стойкие карбиды. Таким образом, если при закалке происходит неполное растворение карбидов, то и при обратном выпадении

дении карбидов из твердого раствора при старении они по составу будут отвечать термически менее стойким карбидам. Если же в твердый раствор переведены все карбиды, даже и наиболее термически стойкие, то при старении будут выпадать карбиды иного состава и более высокой термической стойкости.

Разница в процессе старения для стали, закаленной от более низкой и более высокой температур, объясняет и различие в механических свойствах при высоких температурах.

Высокая жаропрочность и пониженная пластичность крупнозернистой стали, с этой точки зрения, объясняется не столько наличием крупного зерна, сколько образованием чрезвычайно мелкозернистых карбидов повышенной термической стойкости. Вероятно, значительную роль в упрочнении аустенитного зерна играет также и преимущественное выпадение карбидов в начале старения на границах аустенитных зерен.

Лаборатория физики металлов
Всесоюзного института авиационных материалов

Поступило
27 I 1945

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ц. Л. Минц и Г. В. Акимов, ДАН, XLVIII, № 3 (1945).