

## СТАРЕНИЕ МОЛИБДЕНОСИЛИЦИРОВАННЫХ ДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ

Л.С.Ляхович, Л.Н.Косачевский, Ф.В.Долманов

Форма кривой предельной растворимости молибдена в железе показывает, что сплавы системы Fe-Mo способны к дисперсионному твердению. Некоторые сведения о распаде переохлажденного молибденистого феррита имеются в литературе [ 1, 2 ]. Указывается, что выделяющейся фазой является соединение  $Fe_2Mo$ , однако большинство исследователей, изучающих диаграмму состояний Fe - Mo, находят только два интерметаллида  $Fe_7Mo_6$  и  $FeMo$ . Это противоречие объясняется предположением авторов [ 4 ] о том, что фаза  $Fe_2Mo$  в чистом виде не образуется, но ее выделению способствуют примеси, в частности указывается на кремний. Об упрочнении старением диффузионных молибденированных слоев упоминается в [ 3 ]. Задачей нашего исследования явилось изучение процесса старения молибденосилицированных слоев, определение оптимальных параметров старения, изучение структуры слоя после старения.

Материалом для исследования служило железо-железо. Температура молибденосилицирования -  $1100^{\circ}C$ , время - 4 ч, насыщение проводилось из ванны, содержащих 50%  $Na_2MoO_4$  и 50%  $Na_2SiO_4$ . Перед обработкой поверхность образцов, выполненных в виде шайб  $\varnothing 25$  и высотой 8 мм, полировалась. После насыщения образцы закаливались в воде с температуры  $1100^{\circ}C$ . Для проведения измерений микротвердости, электронномикроскопического и рентгеновского анализа поверхность удавалась только в кратковременной полировке на фетровом круге. Рентгеновский анализ осуществлялся на установке УРС-50М с использованием нефльтрованного железного излучения. Травление поверхности для электронномикроскопического исследования проводилось трехпроцентным раствором  $HNO_3$  в спирте, время травления сильно уменьшалось по мере развития процессов старения. Старение образцов во избежание окисления проводилось в свинцовой ванне. По окончании изотермической выдержки образцы охлаждались в воде, слегка полировались и подвергались необходимым исследованиям. Кривые изменения микротвердости при увеличении времени изотермического старения для

различных температур представлены на рис. 1. Анализируя приведенные данные, нетрудно заметить, что при температурах 300 и 400°C эффекта упрочнения не наблюдается. Старение при 500°C несколько повышает твердость слоя, максимальная микротвердость зафиксирована после обработки при 600°C, а температуры 700 и 800°C являются чрезмерно высокими, приводящими к сильному разупрочнению. Для более точного определения оптимальной температуры и времени старения были исследованы температуры, лежащие вблизи 600°C: 580; 610; 640°C. Одновременно с молибденосилицированными образцами исследовались и молибденированные. Насыщение молибденом проводилось также при 1100°C в течение 4 часов из ванны состава — 100%  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ . Полученные данные приведены на рис. 2. На эти же графики нанесены кривые зависимости параметра решетки от длительности старения.

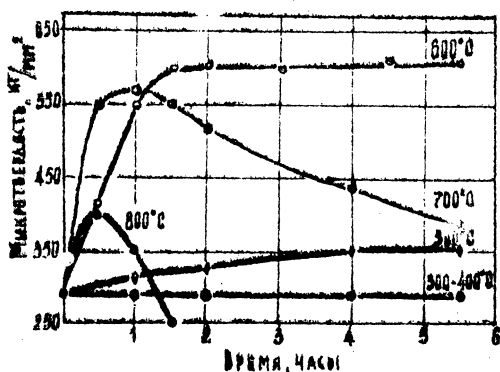


Рис. 1. Зависимость микротвердости от времени старения

и скорости движения диаграммной ленты 2400 мм/ч. Угловое положение интерференционного максимума определялось относительно отметки автоматического счетчика, дающего отметки через 6 угловых минут.

Приведенные данные показывают, что увеличение продолжительности старения при температурах 580 и 610°C для молибденосилицированных слоев способствует постоянному, хотя и незначительному, увеличению твердости. Кривая же для температуры 640°C имеет слабо выраженный максимум, причем, при этой температуре после полутора

Определение параметра элементарной решетки феррита проводилось по линии (110) $\alpha$ . Использование линии с большим брэгговским углом в данном случае нецелесообразно из-за большого размытия, кроме того, сильное изменение параметра решетки позволяет получать достоверные данные по линии (110) $\alpha$ . Съемка велась при скорости вращения счетчика 1°/мин.

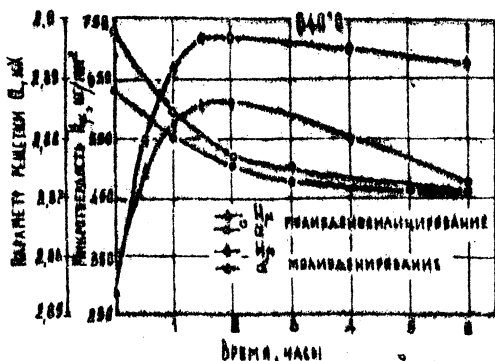


Рис. 2. Влияние времени старения на параметр решетки и микротвердость при оптимальном режиме старения.

цирования (2,899 кА) больше, чем для молибденирования (2,891 кА). Большая степень упрочнения молибденосилицированных слоев, по-видимому, связана с большей равномерностью параметров решеток в выделенном и состаренном состоянии, а также тем, что присутствующий в твердом растворе кремний способствует выделению фазы  $Fe_2Mo$ . Однородная кинетика процесса старения, однотипные микроструктуры, близкие значения микротвердости позволяют заключить, что в случае чистого молибденирования выделяется фаза  $Fe_2Mo$ . Исследование процесса старения молибденосилицированных слоев на сталях показало, что  $\alpha$ -твердый раствор, расположенный под слоем карбида  $Me_3C$  существенно не упрочняется. Рентгеновское определение параметра решетки такого выделенного феррита показало малое отличие от равновесного при комнатной температуре.

### В ы в о д и

1. Армиро-железо, подвергнутое диффузионному молибденосилицированию способно к дисперсионному твердению с повышением твердости от 250 до 720 кг/мм<sup>2</sup>.

2. Оптимальный режим термобработки — выдержка с температурой 1100°C в воде и старение при температуре 640°C в течение 1,5 часов.

## Л и т е р а т у р а

1. Д ж . В . Н з в я н е р к . Отвершие сплавов. М., Металлургиздат, 1962.
2. Н . С . У м о н о в и й . Рентгенография металлов. Metallurgizdat, 1961.
3. А . Н . М и н к о в и ч . Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М., Машиностроение, 1965.
4. Р . В . С и в о л о в д р а , В . И . Г л а д и м и р с к и й . Изв. АН СССР. "Неорганические материалы". 2, № 16, 1966.