

Исаева Л. Е.,
канд. хим. наук, доцент
Лев И. Е.,
д-р техн. наук, проф.
Национальная металлур-
гическая академия Украи-
ны, Украина
Шипицин С. Я.,
д-р техн. наук, зав. отделом
Физико-технологический
институт металлов и спла-
вов, Украина

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В КАВИТАЦИОННОСТОЙКИХ CR- MN-V-N-СТАЛЯХ*

Исследована эффективность дисперсионного упрочнения кавитационностойких Cr-Mn-V-N-сталей нового поколения со стабильным аустенитом. Определены фазы и структуры, образующиеся при отжиге образцов в интервале 700-12000 С. Показано, что общий уровень кавитационной стойкости стали с нестабильным аустенитом значительно ниже, чем со стабильным аустенитом.

Ключевые слова: аустенитная сталь, фаза, структура, дисперсионное упрочнение, кавитационная стойкость

Участники конференции,
Национального первенства
по научной аналитике,
Открытого Европейско-Азиат-
ского первенства по научной
аналитике

Исследование эффективности и механизма дисперсионного упрочнения кавитационностойкой Cr-Mn-V-N-стали нового поколения со стабильным аустенитом для высокотемпературной теплоэнергетики показало [1], что кроме наноразмерных некогерентных частиц основной упрочняющей фазы

VN, в стали 17X15Г19АФ, содержащей (масс.%): 0,17C; 0,08Si; 18,97Mn; 14,89Cr; 0,223N; 0,32V; 0,045Al; 0,011S; 0,013P, в зависимости от температуры старения, образуются и другие фазы. Их количество и химические составы были определены путем электрохимического растворения металлической основы [2], с последующим химическим и рентгенофазовым анализом [3].

С целью приближения системы к равновесию, по данным [4] о влиянии температуры старения на скорость выделения частиц VN в Cr-Ni аустените, установили длительность изотермического нагрева, которая для отдельных образцов составила: ч. (при температурах, °C) 2(1200); 4(1100); 6(1000); 10(900); 20(800); 30(700). По содержанию элементов в электролитических осадках и литературным данным о формировании возможных фаз в аустенитных Cr-Mn-V-N-сталях определили фазовый состав стали в зависимости от температуры старения (рис 1).

* Продолжение исследований опубликованных в сборнике материалов XXIV Международной научно-практической конференции и первого этапа первенства по научной аналитике в физических, математи-

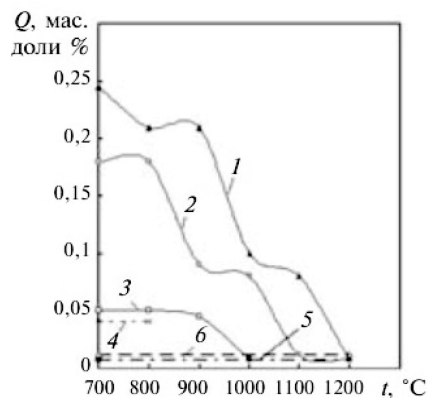


Рис. 1. Влияние температуры старения на количество Q неметаллических фаз: Cr₂₃C₆ (1), VN (2), Cr₂N (3), Mn_mN_n (Mn₄N, Mn₂N, Mn₃N₄) (6), AlN (5), MnS (6) в стали 17X14Г19АФ

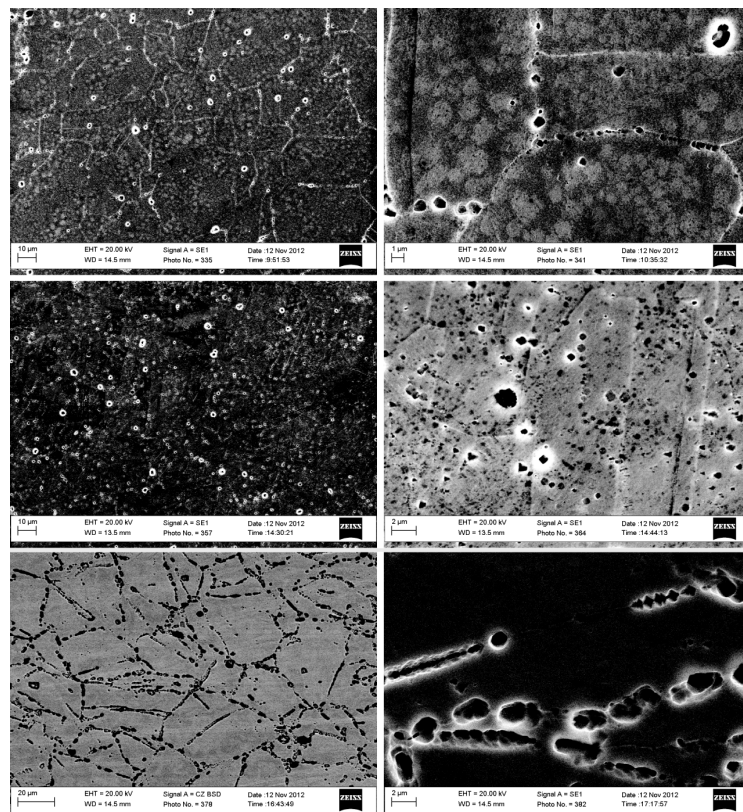


Рис.2. Микроструктуры исследованных сталей а, б – 2ч. (1200°C); в, г – 30ч. (700 °C); д, е – 10ч. (900 °C); при увеличении а, в, д – 1500; б, г, е – 10000.

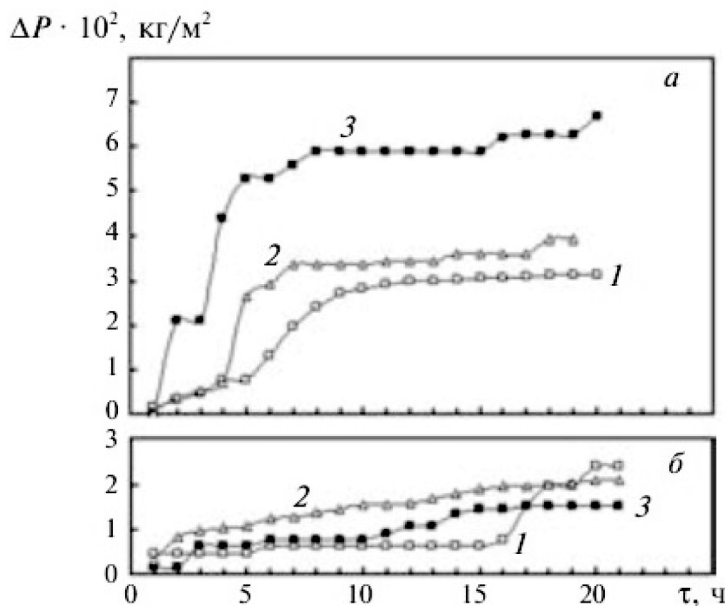


Рис.3. Потеря массы ΔP образцов в зависимости от продолжительности τ испытаний на кавитационную стойкость. а – сталь 17X14Г14АФ; б – 17X15Г19АФ. Упрочнение аустенита: 1 – твердорастворное (гомогенизация при 1200 оС); 2 – комплексное (старение при 900 оС); 3 – дисперсное (старение при 700 оС)

ческих и технических наук. Лондон, 3-13 мая 2012 г., С.86-89.

Согласно полученным данным, двухчасовая гомогенизация при 1200°С с закалкой в воде обеспечивает практически гомогенное состояние матрицы; т.е. только ее твердорастворимое упрочнение С, N, V, Cr. Кроме крупных овальных включений на основе Al_2O_3 , в структуре на границах первичных зерен присутствует AlN и MnS (Рис.2.а, б).

Старение при 700°С обеспечивает в основном внутризеренное дисперсионное упрочнение нитридами ванадия размером до 40нм в количестве 18%. Несмотря на большое массовое количество в этом образце Cr_23C_6 , их влияние на дисперсионное упроч-

нение неэффективно, вследствие их размеров до нескольких микрометров и выделения их по границам аустенитного зерна и в двойниках (Рис.2 д, е).

При старении при 900-1000°С массовая доля частиц VN составляет ~50% от их количества при старении при 700°С, что обеспечивает комплексное твердорастворное и дисперсионное упрочнение аустенита. (Рис.2 в,г).

Кавитационную стойкость образцов исследованных сталей определяли магнитострикционным методом на установке УЗДН-2т в водопроводной воде при комнатной температуре и частоте колебаний 22кГц по убыли массы $\Delta P \cdot 10^2$, kg/m^2 (Рис.3).

Таблица.

Изменение твердости образцов после деформационного упрочнения и дальнейшего отпуска при 300 °С – 2 часа.

Сталь	Термическая обработка	Твердость, НВ		
		перед отпуском	после отпуска	уменьшение твердости
17X14Г14АФ	гомогенизация 1200 °С	310	277	33
	старение 900 °С	290	258	32
	старение 700 °С	290	282	8
17X15Г19АФ	гомогенизация 1200 °С	260	243	17
	старение 900 °С	270	261	9
	старение 700 °С	300	297	3

Для сравнения, определяли кавитационную стойкость и в аустенитной стали с нестабильным аустенитом (17X14Г14АФ), которая применяется в настоящее время. Потеря массы после 20ч испытаний составила таблица при твердорастворном / комплексном / дисперсионном упрочнении аустенита 2,8 / 3,4 / 6,5 и 2,3 / 1,9 / 1,5 (для сталей 17X14Г14АФ с нестабильным аустенитом) и 17X15Г19АФ соответственно.

Видно, что общий уровень кавитационной стойкости стали с нестабильным аустенитом заметно ниже, чем стали со стабильным аустенитом, кроме того, в первой замена твердорастворного упрочнения аустенита на дисперсионное приводит к существенному снижению кавитационной стойкости, а во второй, наоборот, повышает. Это согласуется с данными о влиянии вида упрочнения аустенита на степень и механизм деформационного упрочнения.

Важное преимущество деформационного упрочнения по дислокационному механизму – его повышенная тепловая стабильность что, бесспорно, делает стали типа 17X15Г19АФ с дисперсионным упрочнением более приемлемыми для теплоэнергетики.

Литература:

1. Isayeva L., Shypitsyn S.Y., Lev I.Ye. The formation of nitride and carbide phases under dispersion hardening of Cr-Mn-V-N austenitic steels // Theory and practice in the physical, mathematical and technical sciences, 2012. P.86-89/
2. Исаева Л.Е., Грещик А.М., Лев И.Е. Исследование процесса изолирования нитридов молибдена из сталей // Вопросы химии и химической технологии. Общегосударственный научно-технический журнал. Днепрпетровск. 2005. № 1. С.163-167.
3. Лев И.Е., Покидышев В.В., Лазарев Б.Г., Мицкевич Н.С. Анализ азотсодержащих соединений в сплавах железа. М.Металлургия. 1987. 120с.
4. Бабаскин Ю.З., Шипицин С.Я., Кирчу И.Ф. Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой. – Киев: Наукова думка, 2005. – 371с.