

## Новые высокопрочные дисперсионно-твердеющие аустенитные стали с управляемым эффектом памяти формы

Сагарадзе В.В., Белозеров Е.В., Печеркина Н.Л., Мухин М.Л., Косицына И.И., Филиппов Ю.И.



**Предложены новые высокопрочные дисперсионно-твердеющие аустенитные стали (типа 40Г20Ф2СВМ) с эффектом памяти формы (ЭПФ), в которых, в отличие от известных ЭПФ-сталей, реализуются высокое упрочнение и возможность регулирования величины ЭПФ.**

Среди интеллектуальных металлических материалов, обладающих эффектом памяти формы (ЭПФ), наибольшее распространение в мировой практике получили цветные сплавы системы Ni-Ti, производство которых связано с высокими затратами и значительными технологическими трудностями (выплавка и горячая прокатка сплавов требует защитной среды, практически нет возможности осуществлять холодный передел, характеристики сплавов сильно зависят от малых изменений состава и др.). Поэтому в технических целях наиболее привлекательными являются ЭПФ-сплавы на основе железа, к которым относятся и предлагаемые метастабильные аустенитные стали.

Предложены новые высокопрочные аустенитные стали (типа 40Г20Ф2СВМ) с эффектом памяти формы. Показано, что перевод аустенитных марганцевых сталей в разряд дисперсионно-твердеющих (в частности с помощью легирования, обеспечивающего образование карбидов VC) позволяет получать высокие значения эффекта памяти формы (ЭПФ) при значительном повышении прочностных характеристик. При изменении количества, дисперсности и распределения карбидов VC в процессе старения удается регулировать в широких пределах характеристики прочности и ЭПФ. Структура новых марганцевых аустенитных сталей, упрочняемых за счет выделения наноразмерных карбидов ванадия в различных условиях старения при 600 - 720°C и предварительной небольшой деформации, состоит из аустенита, карбидов VC и  $\epsilon$ -мартенсита (рис.1).

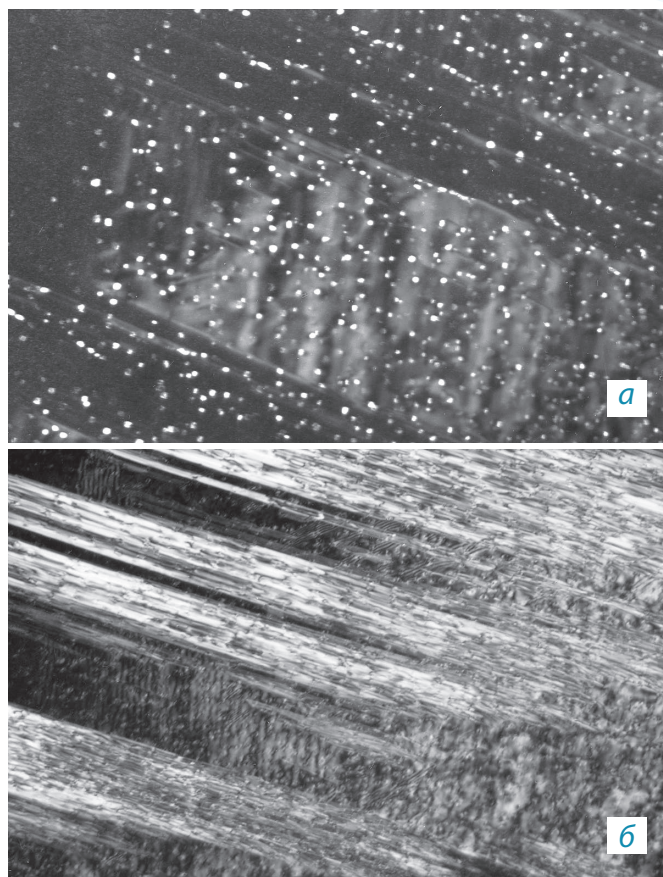


Рис1

Темнопольное изображение карбидов VC (а) и  $\epsilon$ -мартенсита (б) в стали 0.4C-18Mn-2Si-2V после старения (720 °C, 12 ч) и холодной деформации ( $\epsilon \sim 4,5\%$ ).

Формирование карбидов VC разной дисперсности может стабилизировать или дестабилизировать аустенит по отношению к образованию  $\epsilon$ -мартенсита деформации, что позволяет регулировать как величину ЭПФ (рис.2), так и степень упрочнения. В исследованных сталях

получены значительные величины ЭПФ (2 - 2,5 %) и высокие прочностные характеристики ( $\sigma_{0,2} \sim 1000$  МПа).

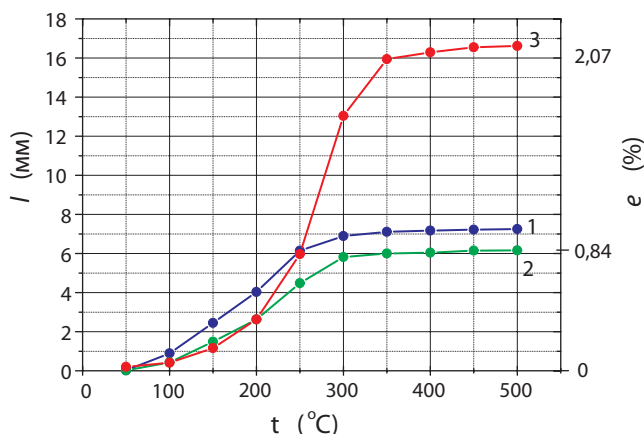


Рис.2

Изменение величины ЭПФ (обратимой деформации образца - I, мм; e, %) в процессе  $\epsilon$ - $\gamma$  превращения при нагреве стали 0,4C-18Mn-2Si-2V после предварительной закалки от 1150°C (1), стабилизирующего старения при 600°C, 0,5 ч (2), дестабилизирующего старения - 720°C, 3 ч и деформации e~4,5% (3)

### Новый материал отличается:

- возможностью управления величиной ЭПФ в широких пределах (от 0 до 3%) с помощью термической обработки (стабилизирующего и дестабилизирующего старения);
- высокими характеристиками прочности (предел прочности  $\sigma_B$  - до 1500 МПа, предел текучести  $\sigma_{0,2}$  - до 1000-1100 МПа) и пластичности (относительное удлинение  $\delta$  - до 15-30%);
- более низким содержанием марганца (16-20% вместо 28%) и кремния (2% вместо 6%);
- простотой изготовления и высокой технологичностью производства (выплавку и прокатку ЭПФ-сталей можно производить на воздухе).

Из предложенных сталей изготовлен листовой прокат шириной 1000 мм. Стали предполагается использовать в качестве рабочего тела «самораспрямляющихся» цилиндрических герметизаторов коррозионномеханических поврежденных обсадных труб нефтяных скважин.

Более подробно с представленными результатами и выводами можно ознакомиться в публикациях<sup>[1-3]</sup>

<sup>1</sup> Sagaradze V.V., Belozеров Ye.V., Pecherкина N.L., Mukhin M.L., Zaynutdinov Yu.R. *Materials Science and Engineering A* 438-440, 2006, p. 812-815.

<sup>2</sup> Сагарадзе В.В., Белозеров Б.В., Мухин М.Л., Печеркина Н.Л., Завалишин В.А., Зайнутдинов Ю.Р. *ФММ*. 2006. Т.101. Вып. 6. С. 551-558.

<sup>3</sup> Сагарадзе В.В., Белозеров Е.В., Зарипов Ф.Р., Падерин М.Г., Зайнутдинов Ю.Р., Голов С.В. *Дисперсионно-твердеющая аустенитная сталь с памятью формы*. Патент РФ № 2270267 от 30.12.2004г, Б.И., 2006, №5.