

ПЕРЕОРИЕНТАЦИЯ МАРТЕНСИТНЫХ ВАРИАНТОВ ПОД НАГРУЗКОЙ В

СОСТАРЕННЫХ В МАРТЕНСИТЕ МОНОКРИСТАЛЛАХ ФЕРРОМАГНИТНОГО СПЛАВА $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$ (ат. %)

А.Б. Тохметова*, Н.Г. Ларченкова, Е.Ю. Панченко, Е.Е. Тимофеева, Ю.И. Чумляков
Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

*Aida-tx@mail.ru

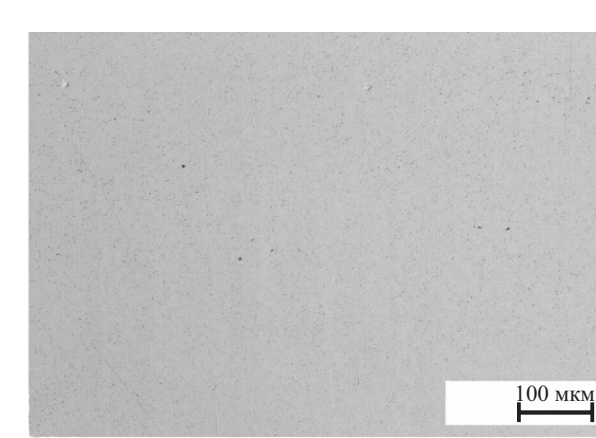
Актуальность

Основой для получения больших обратимых деформаций при проявлении обычного и магнитного эффекта памяти формы в ферромагнитных сплавах с термоупругими мартенситными превращениями (МП) являются процессы переориентации мартенситных вариантов под действием внешних напряжений и/или магнитного поля [1]. Ранее на сплавах на основе Au и Cu было показано, что выдержки в мартенситном состоянии могут приводить к стабилизации мартенсита и создавать условия для наведения обратимых деформаций в циклах нагрузка/разгрузка в мартенситном состоянии, т. е. наблюдению ферроэластичности (ФЭ) [2]. Последние исследования на монокристаллах NiFeGaCo, NiMnGa показали, что старение в мартенситном состоянии под нагрузкой (СМН) вдоль $[110]_{B2}||[100]_{L10}$ -ориентации при сжатии создает условия для получения ФЭ с обратимой деформацией до 15% вдоль $[001]_{B2}$ -направления [3, 4]. В монокристаллах сплавов Гейслера, подвергнутых СМН, еще не изучена зависимость критического напряжения для переориентации мартенситного варианта и обратимой деформации ФЭ от температуры испытаний, которые являются основными эксплуатационными параметрами ФЭ при конструировании различных устройств. Поэтому целью данной работы является исследование характеристики ФЭ в широком диапазоне температур в циклах нагрузка/разгрузка в СМН-монокристаллах $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$.

Методика эксперимента

- Рост монокристаллов методом Бриджмена;
- Электро-искровая резка;
- Механические испытания при исследовании ФЭ и СМН (Instron 5969);
- Оптическая металлография;
- Циклы охлаждение/нагрев - ДЭПФ (ИМРС-1, погрешность измерения деформации - 0,3 %).

Объект исследования



Отжиг при 1448 К, 1 час с закалкой в воду

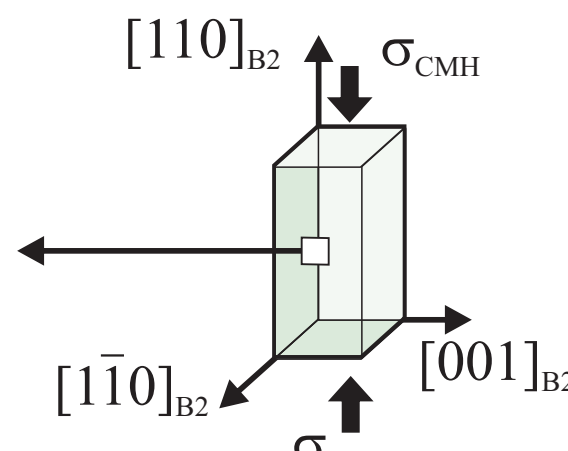
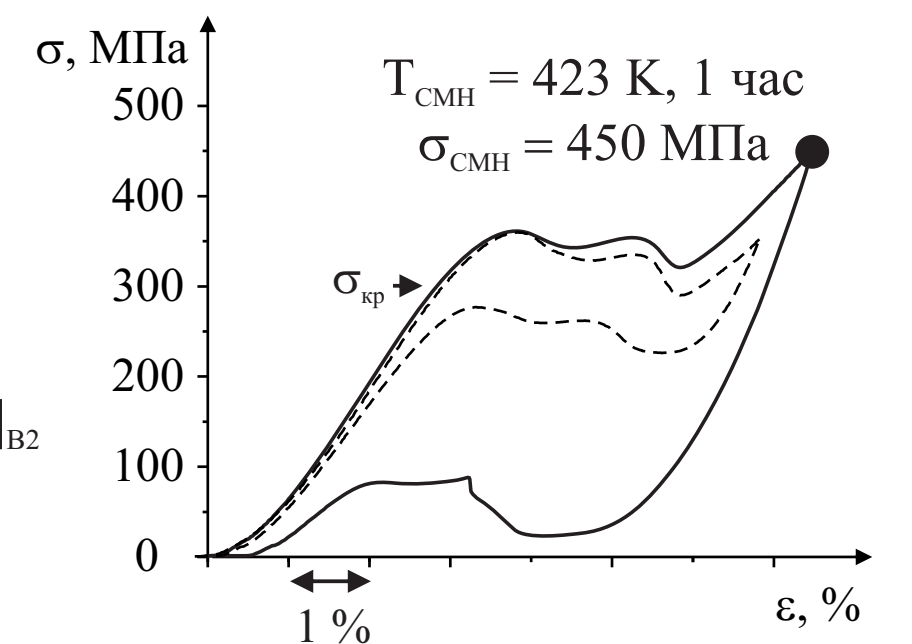


Схема СМН



Образец выдерживали 1 час под нагрузкой в мартенсите в условиях сверхэластичности. После выдержки полностью разгрузили и охлаждали до комнатной температуры.

Результаты

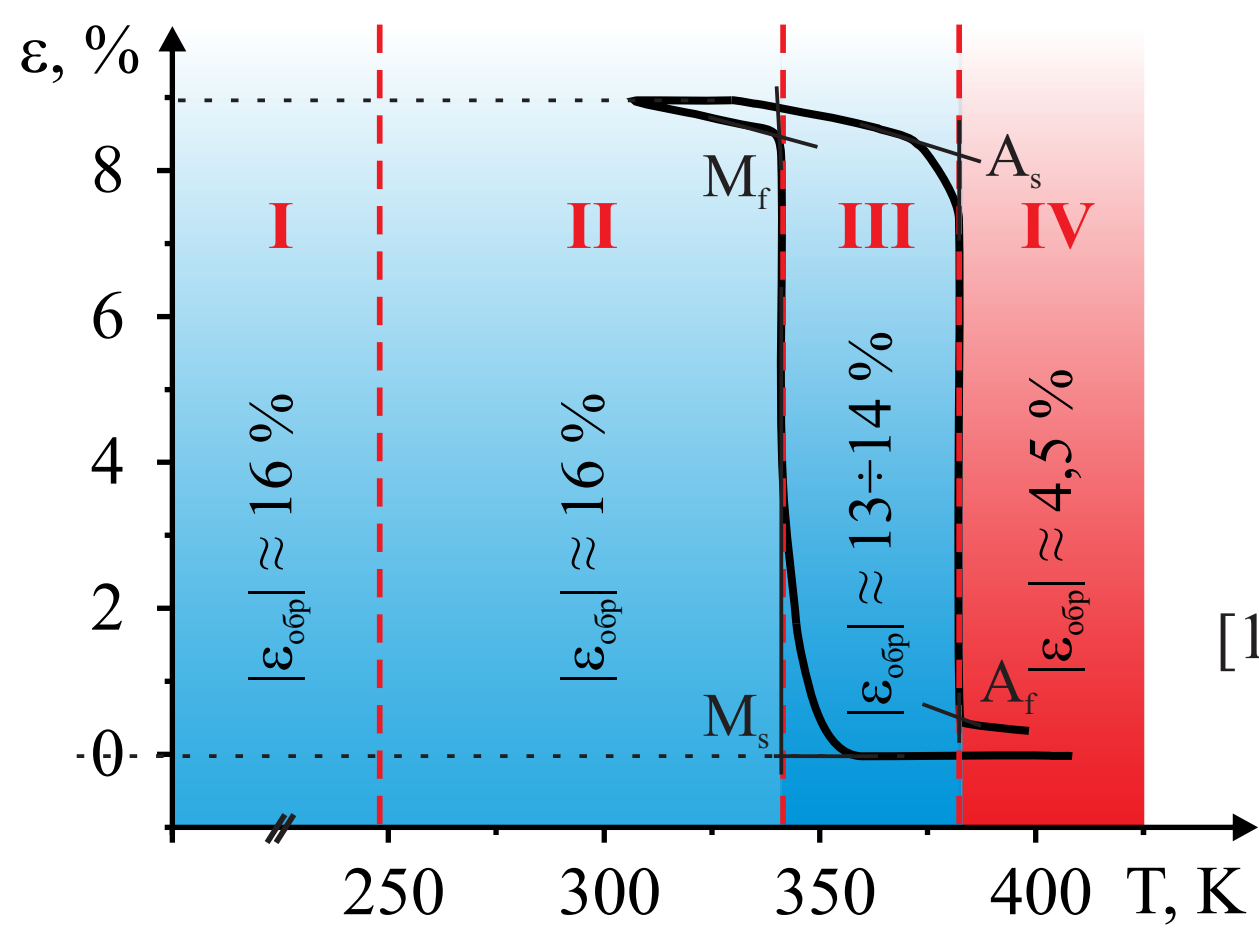
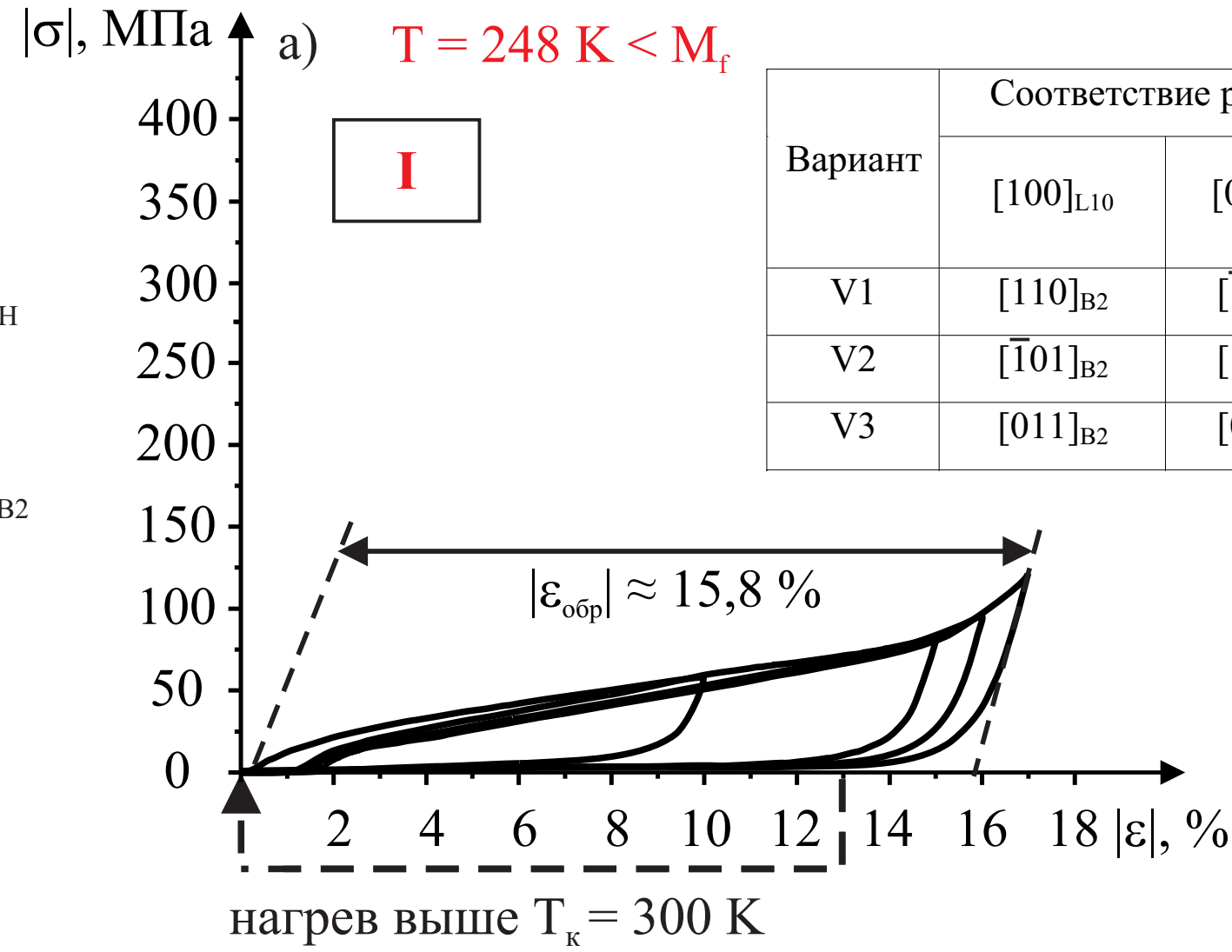
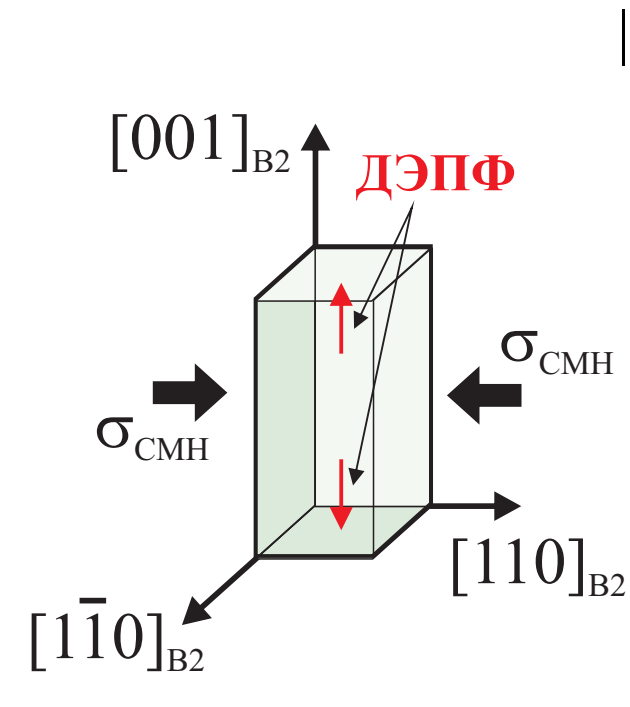


Рис. 1. ДЭПФ вдоль $[001]$ -направления в состаренных в мартенситном состоянии под нагрузкой монокристаллах $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$.



Вариант	Соответствие решеток B2 и L10			Деформация превращения вдоль $[001]_{B2}$ -направления
	$[100]_{L10}$	$[010]_{L10}$	$[001]_{L10}$	
V1	$[110]_{B2}$	$[\bar{1}10]_{B2}$	$[001]_{B2}$	+13,5 %
V2	$[\bar{1}01]_{B2}$	$[101]_{B2}$	$[010]_{B2}$	-6,2 %
V3	$[011]_{B2}$	$[0\bar{1}1]_{B2}$	$[100]_{B2}$	-6,2 %

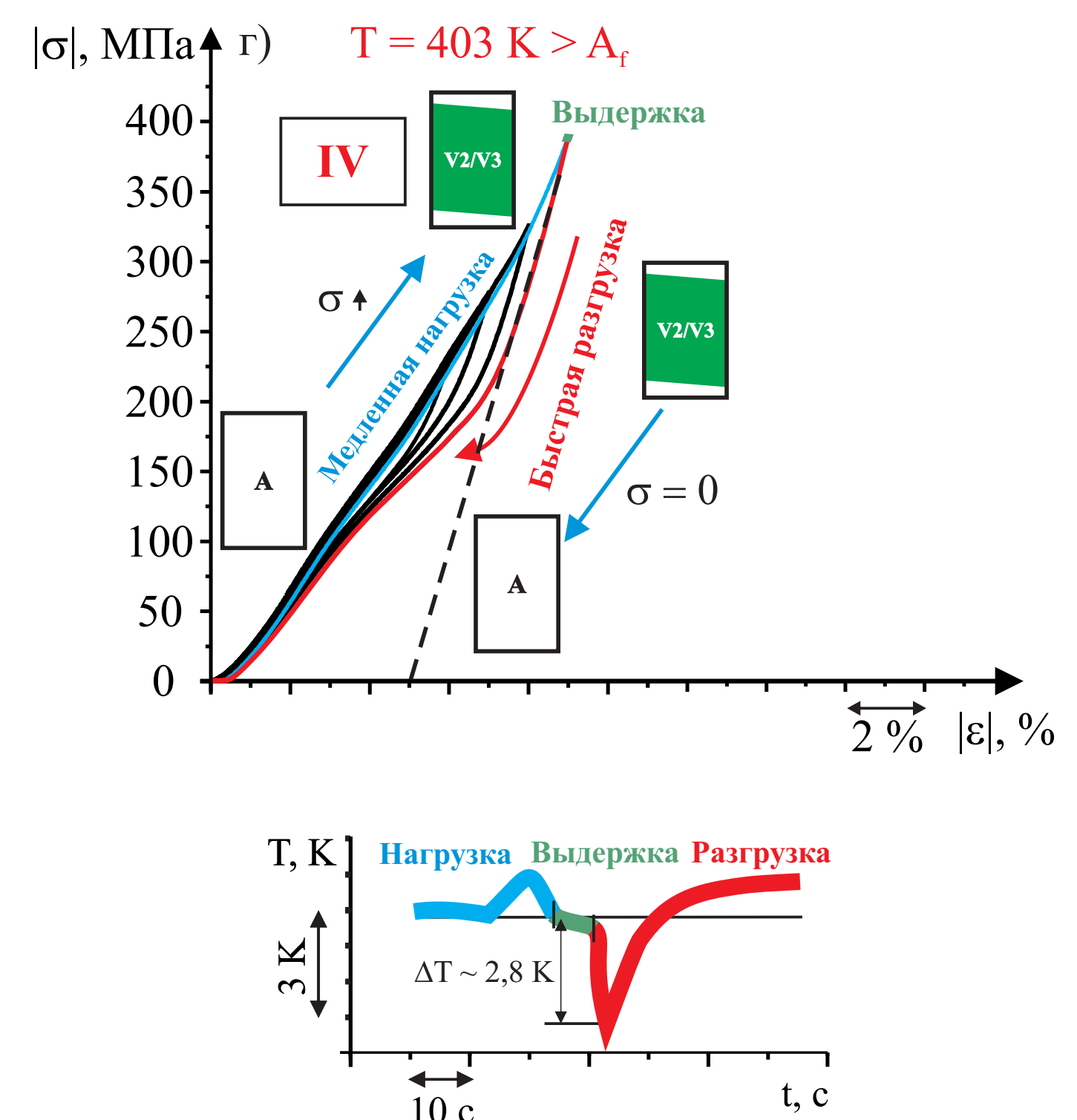
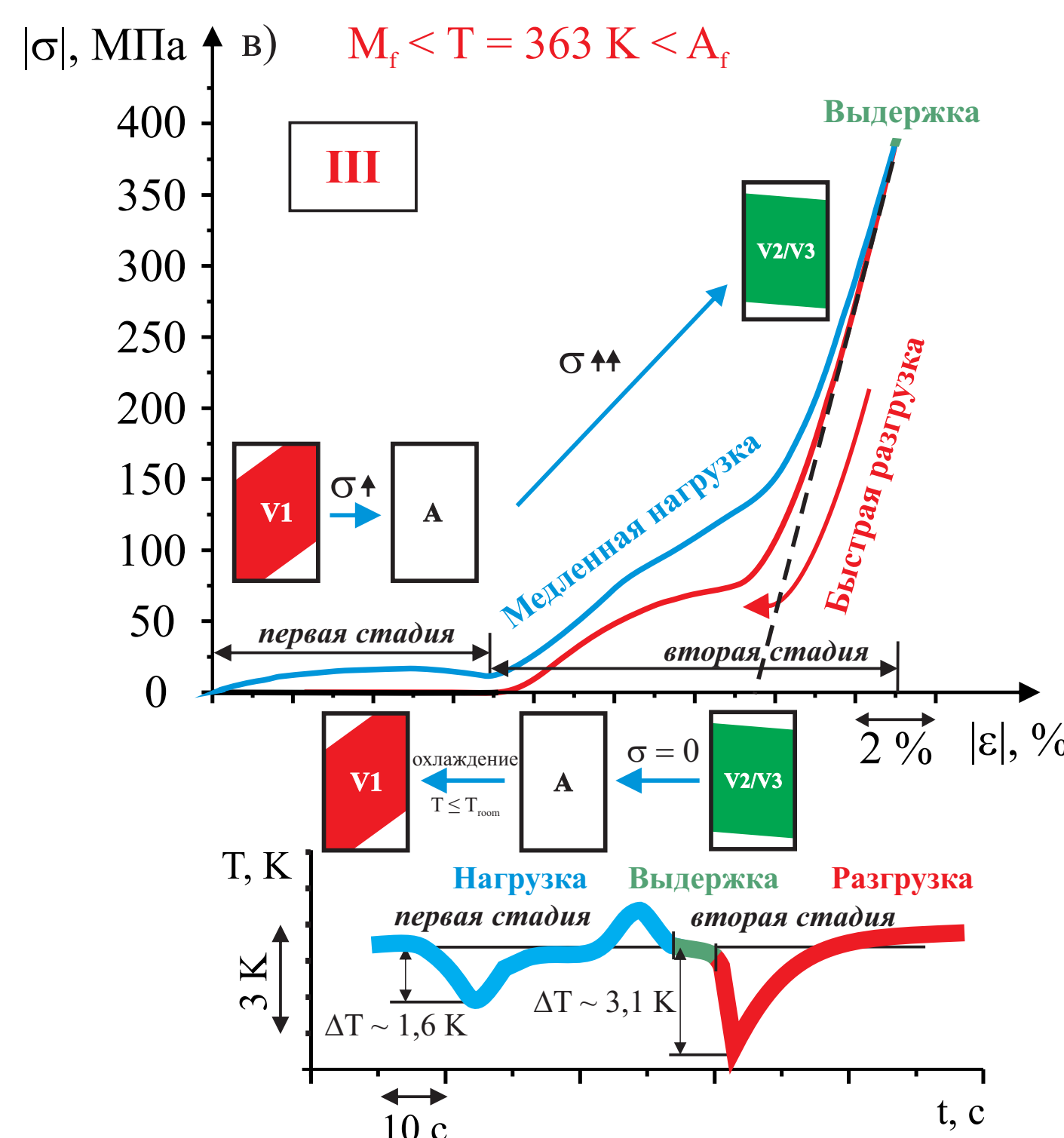
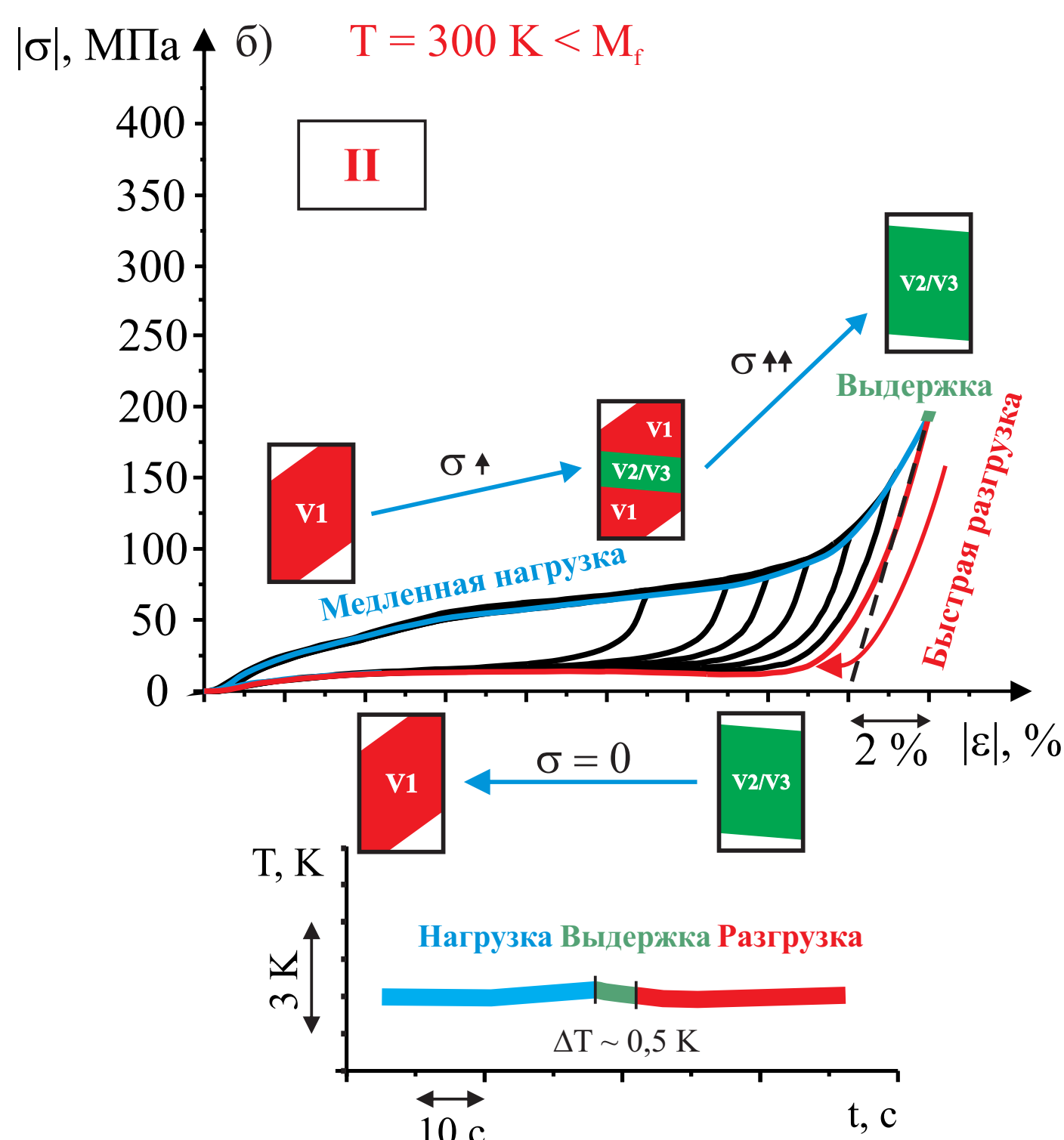


Рис. 2. Кривые $\sigma(\epsilon)$ для $[001]_{B2}$ -кристаллов $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$ в различных температурных интервалах после СМН, демонстрирующие эффект памяти формы в интервале I (а), ФЭ в интервале II (б), двухступенчатая кривая в интервал III (в) и сверхэластичность в интервале IV (г) при сжатии; на вставках показаны перепады температур, полученные в циклах нагрузка/разгрузка.

Выводы

В настоящей работе исследована температурная зависимость переориентации мартенситного варианта в СМН-монокристаллах $Ni_{49}Fe_{18}Ga_{27}Co_6$ вдоль направления $[110]_{B2}||[100]_{L10}$ при сжатии. Экспериментально показано, что СМН способствует проявлению ФЭ при сжатии с обратимой деформацией до $-15,0\%$, вызванная переориентацией $L10$ -мартенсита ниже температуры мартенситного перехода ($< M_f$) от 248 до 343 К вдоль нормального $[001]_{B2}$ -направления. При температурах от 343 до 373 К наблюдаются двухстадийные кривые течения, где в интервале МП переориентация мартенситных вариантов идет через развитие обратных, а затем прямых МП под действием сжимающих напряжений.

Список литературы

- [1] Н. Morito [et al.] // J. Alloys Compd. – 2013. – V. 577. – P. 372–375.
[2] К. Otsuka, X. Ren // Mater. Sci. Eng. A 312. – 2001. – P. 207–218.
[3] Е. Panchenko [et al.] // Shape Memory and Superelasticity. – 2020. – V. 6. – P. 29–34.
[4] Е. Panchenko [et al.] // Scripta Mater. – 2019. – V. 162. – P. 387–390.