

ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ И АСИММЕТРИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА $(\text{CoCrFeNi})_{94}\text{Ti}_2\text{Al}_4$

Сараева А.А., Победенная З.В., Киреева И.В., Чумляков Ю.И.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) представляют собой новый класс материалов. ВЭС, в идеале, представляют собой твердый раствор с одним неупорядоченным состоянием. Легкие металлы, такие как Al и Ti, выбираются для уменьшения плотности и улучшения пластичности. Высокая энтропия смешения рассматривается как мера вероятности сохранения элементов системы в данном состоянии. Это обеспечивает повышенную термическую стабильность фазового состава и свойств сплава. Таким образом появляется возможность образования и сохранения многоэлементного твердого раствора замещения, а в твердом состоянии сплав приобретает уникальные сочетания физико-механических характеристик.

Все исследования проводились на монокристаллах ГЦК ВЭС $(\text{CoCrFeNi})_{94}\text{Al}_4\text{Ti}_2$, ориентированных вдоль $[001]$ и $[\bar{1}11]$ направлений.

В ВЭС $(\text{CoCrFeNi})_{94}\text{Al}_4\text{Ti}_2$ было показано, что при температуре 296 К $\tau_{кр}$ не зависят от ориентации кристалла и способа деформации (растяжение или сжатие). Было обнаружено, что кривые $\sigma(\epsilon)$, коэффициент деформационного упрочнения $\Theta = d\sigma/d\epsilon$ и пластичность зависят от ориентации кристалла и способа деформации, что определяется зависимостью от ориентации и способа деформации локализации пластического течения, наличия дефектов упаковки и двойникования.

Двойникование в $[001]$ -кристаллах $(\text{CoCrFeNi})_{94}\text{Al}_4\text{Ti}_2$ ВЭС при сжатии развивается при 296 К при 20% и приводит к сильному росту коэффициента деформационного упрочнения $\Theta = d\sigma/d\epsilon$. При отсутствии двойникования $\Theta = d\sigma/d\epsilon$ меньше.

В $[001]$ - кристаллах при растяжении $\sigma_{0.1}^p = 200 \pm 5$ МПа, при сжатии $\sigma_{0.1}^{сж} = 195 \pm 5$ МПа

В $[\bar{1}11]$ - кристаллах при растяжении $\sigma_{0.1}^p = 295 \pm 5$ МПа, при сжатии $\sigma_{0.1}^{сж} = 300 \pm 5$ МПа

Заключение

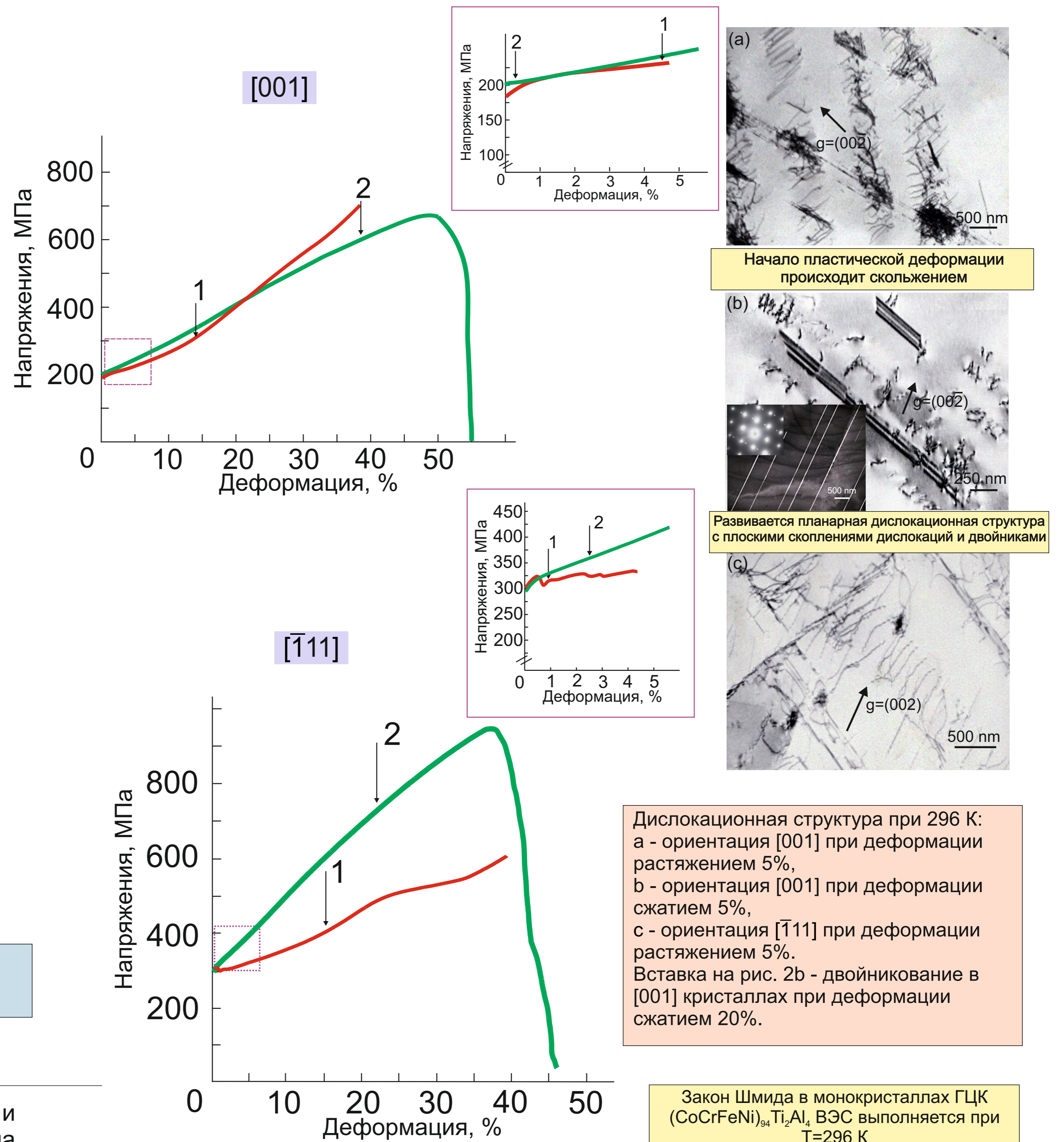
Установлено, что при деформации сжатием в $[\bar{1}11]$ - кристаллах с самого начала деформации развиваются локализованные полосы макроскопического сдвига с разориентацией в полосе на углы 8-10° относительно матрицы. В $[001]$ - кристаллах полосы локализованной деформации не наблюдаются. Обсуждаются физические причины появления полос локализованной деформации, связанные с множественностью сдвига, тонкой структурой скользящих дислокаций и механизмом деформации – скольжением и двойникованием.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ: № 19-19-00217.

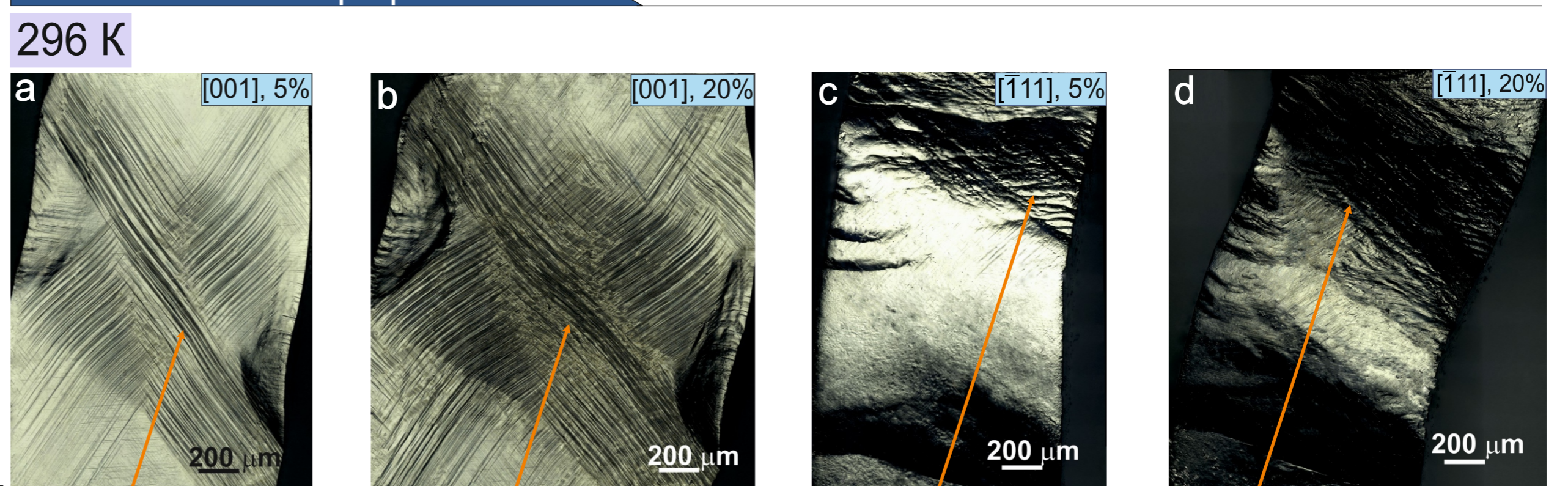
Методика

Монокристаллы ГЦК $(\text{CoCrFeNi})_{94}\text{Ti}_2\text{Al}_4$ ВЭС выращивали методом Бриджмена в атмосфере аргона. Кристаллы гомогенизировали в атмосфере гелия при 1473 К в течение 48 часов и затем закаливали в воду. После закалки полученные монокристаллы представляют собой твердый раствор замещения на основе ГЦК-решетки. Электронно-микроскопические исследования проводили на электронном микроскопе JEOL 2010 при ускоряющем напряжении 200 кВ. Механические испытания при температуре 296 К проводили на испытательной машине Instron 5969 со скоростью деформации $4 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$.

Результаты



Металлография



Деформация развивается в двух системах, при этом линии скольжения в одной системе более грубые

С начала пластического течения образуются полосы локализованной деформации скольжением в одной системе, что приводит к изменению оси кристалла