

УДК 669:548.55

DOI: 10.17223/00213411/63/1/121

И.В. КИРЕЕВА, Ю.И. ЧУМЛЯКОВ, З.В. ПОБЕДЕННАЯ, А.В. ВЫРОДОВА, А.А. САРАЕВА,
И.Г. БЕССОНОВА, И.В. КУКСГАУЗЕН, Д.А. КУКСГАУЗЕН

ТЕМПЕРАТУРНАЯ И ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА $Al_{0.3}CoCrFeNi$, УПРОЧНЕННЫХ НЕКОГЕРЕНТНЫМИ ЧАСТИЦАМИ β -ФАЗЫ*

Старение монокристаллов высокоэнтропийного сплава $Al_{0.3}CoCrFeNi$ в течение 50 ч при температуре 973 К приводит к выделению некогерентных неравноосных частиц β -фазы, упорядоченной по типу $B2$, со средней длиной $l = 250\text{--}350$ нм и шириной $d = 30\text{--}45$ нм и межчастичным расстоянием $L = 500\text{--}750$ нм. Показано, что взаимодействие скользящих дислокаций с частицами β -фазы реализуется по механизму огибания. Частицы β -фазы увеличивают критические скалывающие напряжения $\tau_{кр}$ на 30–50 МПа в температурном интервале 77–973 К относительно закаленных кристаллов. Деформация $[\bar{1}11]$ - и $[001]$ -кристаллов в температурном интервале 77–973 К реализуется скольжением и $\tau_{кр}$ не зависит от ориентации кристалла. Показано, что коэффициент деформационного упрочнения $\Theta = d\sigma/d\varepsilon$ и пластичность $\varepsilon_{пл}$ при деформации растяжением в $[\bar{1}11]$ - и $[001]$ -кристаллах, напротив, зависят от ориентации кристалла. Максимальная величина $\Theta = d\sigma/d\varepsilon = 3400$ МПа и минимальная $\varepsilon_{пл} = 8\%$ наблюдаются в $[\bar{1}11]$ -кристаллах при 77 К. Двойникование в $[\bar{1}11]$ -кристаллах с частицами β -фазы не обнаружено при растяжении до разрушения при 77 и 296 К.

Ключевые слова: монокристаллы высокоэнтропийного сплава $Al_{0.3}CoCrFeNi$, пластическая деформация растяжением, частицы β -фазы, скольжение, разрушение.

Введение

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) – это новый класс сплавов, который привлекает большое внимание исследователей и инженеров благодаря их уникальным физическим и механическим свойствам. Из-за высокой энтропии смешения эти сплавы образуют однофазные структуры с высокой симметрией: гранецентрированные кубические структуры (ГЦК), объемноцентрированные кубические структуры и гексагональные плотноупакованные структуры. Принципиальным отличием ВЭС от традиционных сплавов замещения и внедрения, в которых есть атомы растворителя и растворенного вещества, является формирование неупорядоченного твердого раствора, в котором атомы составляющих элементов имеют равную вероятность занять тот или иной узел кристаллической решетки. В результате этого ВЭС характеризуются несколькими важными особенностями, например высокой конфигурационной энтропией, затруднением диффузии и большими искажениями кристаллической решетки по сравнению с традиционными сплавами замещения и внедрения, имеющими атомы основы матрицы. Эти особенности структуры ВЭС способствуют стабилизации твердого раствора к выделению интерметаллических фаз, затрудняют движение полных дислокаций и приводят к улучшению механических свойств, особенно при низких температурах испытаний. Последние исследования показали, что ВЭС, особенно с однофазной ГЦК-структурой, в области высоких температур при $T > 300$ К не являются достаточно прочными для практических приложений [1–5]. Следовательно, другие механизмы упрочнения, например дисперсионное твердение, необходимы для достижения высокого уровня прочностных свойств при сохранении пластичности при деформации растяжением на уровне от 15 до 60 % [6, 7].

В настоящей работе представлены исследования влияния частиц β -фазы, упорядоченной по типу $B2$, на температурную зависимость критических скалывающих напряжений для скольжения $\tau_{кр}$, кривые течения $\sigma(\varepsilon)$, механизм деформации (скольжение, двойникование) и разрушение в широком температурном интервале $T = 77\text{--}973$ К в монокристаллах ВЭС $Al_{0.3}CoCrFeNi$, ориентированных вдоль $[\bar{1}11]$ - и $[001]$ -направлений при деформации растяжением. Исследования на поликристаллах ВЭС $Al_{0.3}CoCrFeNi$ показали, что несмотря на то, что эти ВЭС характеризуются хорошей термической стабильностью за счет замедленной диффузии [1], в них происходит выделение

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 19-19-00217.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>