

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА (CoCrFeNi)₉₄Al₄Ti₂

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

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия,
Anastasia16-05@yandex.ru*

На [001]-монокристаллах ГЦК высокоэнтропийного сплава (ВЭС) (CoCrFeNi)₉₄Al₄Ti₂ (ат. %) при деформации растяжением исследовано влияние старения при 923 К в течение 4 часов и при 1073 К в течение 18 и 30 часов на механическое поведение и механизм деформации – скольжение/двойникование при температуре испытания 296 К.

Установлено, что при старении выделяются когерентные наноразмерные частицы γ' -фазы сферической формы, упорядоченные по типу L1₂, размером 3 – 5 нм после старения в течение 4 часов при 923 К и 18 – 25 нм после старения в течение 18 и 30 часов при 1073 К. Выделение частиц размером 3 – 5 нм приводит к росту напряжений на пределе текучести $\sigma_{0,1}$ на 45 МПа, а при размере частиц 18 – 25 нм прирост напряжений максимальный и составляет 225 МПа по сравнению с закаленными монокристаллами. Данное увеличение напряжений связано с двумя вкладками: вкладом упругих полей напряжений, возникающих из-за различия параметров кристаллических решеток частицы и матрицы и дальним порядком в частицах γ' -фазы с химическим составом Ni₃Al.

Показано, что в закаленных и состаренных [001]-монокристаллах ГЦК ВЭС (CoCrFeNi)₉₄Al₄Ti₂, ориентированных для множественного сдвига, пластическая деформация при температуре испытания 296 К развивается преимущественно в одну линейную стадию. Коэффициент деформационного упрочнения на стадии линейного упрочнения $\theta_{II}=d\sigma/d\varepsilon$, напряжения перед разрушением σ_{max} и пластичность δ зависят от термической обработки. Максимальные значения коэффициента деформационного упрочнения $\theta_{II}=d\sigma/d\varepsilon= 2300$ МПа и напряжений перед разрушением $\sigma_{max}=1005$ МПа наблюдаются при старении в течение 30 часов при 1073 К, а максимальная пластичность $\delta=50$ % обнаружена в закаленных монокристаллах, которая с увеличением размера частиц γ' -фазы уменьшается в 1.8 раз при старении 30 часов. Установлено, после старения 30 часов при 1073 К наблюдается максимальное различие между напряжениями перед разрушением $\Delta\sigma_{max}=\sigma_{max}^{30ч}-\sigma_{max}^{зак}=315$ МПа превышает прирост напряжений на пределе текучести $\Delta\sigma_{0,1}=\sigma_{0,1}^{30ч}-\sigma_{0,1}^{зак}=180$ МПа.

Металлографические исследования поверхности и электронно-микроскопические исследования дислокационной структуры деформированных [001]-монокристаллов ГЦК ВЭС (CoCrFeNi)₉₄Al₄Ti₂ показали, что механизм деформации является скольжение, которое развивается в нескольких системах. В дислокационной структуре наблюдаются плоские скопления дислокаций и мультиполи, интенсивность которых возрастает с увеличением температуры и времени старения. Мультиполи, как и двойники, являются препятствиями для движения скользящих дислокаций, что приводит к увеличению коэффициента деформационного упрочнения на стадии линейного упрочнения $\theta_{II}=d\sigma/d\varepsilon$ и максимальных напряжений перед разрушением σ_{max} .

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 19-19-00217.