

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

**в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/13

**ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНО ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ
КОНСТРУКЦИОННОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V ПРИ НИЗКИХ
ТЕМПЕРАТУРАХ**

^{1,2}Панин В.Е., ¹Власов И.В., ¹Сурикова Н.С., ^{1,2}Панин С.В., ²Яковлев А.В., ¹Мишин И.П.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*НИ Томский политехнический университет, Томск*

Одной из ключевых технических проблем освоения Арктики является хладноломкость конструкционных материалов с ОЦК решеткой. Наиболее масштабно это проявляется для малоуглеродистых низколегированных сталей. Однако проблема повышения трещиностойкости, в том числе при низких температурах, актуальна и для высокопрочных титановых сплавов. Ряд деталей ответственного назначения изготавливаются из титанового сплава Ti-6Al-4V, имеющего двухфазное строение: альфа-фаза (ГПУ-решетка) и бета-фаза (ОЦК-решетка). Регулярное ударное воздействие в условиях низких температур может приводить к хрупкому разрушению, а также обуславливать низкую усталостную долговечность.

Промышленные технологии получения изделий из сплава Ti-6Al-4V хорошо разработаны, но пока не найдены эффективные пути решения проблемы низкой ударной вязкости. В ИФПМ СО РАН для низкоуглеродистых и низколегированных сталей снижение порога хладноломкости до $T = -70^{\circ}\text{C}$ достигнуто за счет поперечно-винтовой прокатки [1-3], в то время как исходном состоянии их порог хладноломкости составлял $T = -30^{\circ}\text{C}$. В работе предложено использовать данный метод для обработки сплава Ti-6Al-4V с целью повышения ударной вязкости и снижения порога хладноломкости.

Хрупкое разрушение сплава Ti-6Al-4V в условиях приложения ударных нагрузок при низких температурах обусловлено его кристаллической структурой. Применение «классического» способа повышения механических свойств путём формирования мелкокристаллической структуры, в данном сплаве приводит к хрупкому разрушению при динамическом (ударном) нагружении, особенно в условиях низких температурах.

Решение проблемы низкой ударной вязкости достигнуто с помощью эффекта формирования однородной кривизны кристаллической решетки, которая может эффективно создавать поперечно-винтовую прокатку выше температуры полиморфного превращения. При этой температуре достигается эффект однородного распределения атомов легирующих элементов по всем узлам ОЦК решетки. При последующей закалке, когда сплав переходит через температуру полиморфного превращения, атомы алюминия перемещаются в (ГПУ) альфа-фазу, в то время как атомы ванадия – переходят в бета-фазу. Однако в условиях быстротекающей закалки это реализуется не в полной мере. В результате часть атомов алюминия остается в (ОЦК) бета-фазе, а часть атомов ванадия – в (ГПУ) альфа-фазе. Тем самым, в обеих фазах реализуется ближний порядок смещений. Как следствие, ударная вязкость сплава Ti-6Al-4V может заметно возрастать, в том числе при низких температурах (вплоть до $T = -70^{\circ}\text{C}$). Основной причиной повышения ударной вязкости сплава авторы считают характер распределения альфа- и бета-фаз после поперечно-винтовой прокатки и закалки, что сопровождается вязким характером разрушения и формированием признаков структурной турбулентности (развитием ротационных мод разрушения) на поверхности излома.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-79-10376.

1. Panin V.E., Derevyagina L.S., Panin S.V., Shugurov A.R., Gordienko A.I. The Role of Nanoscale Strain-Induced Defects in the Sharp Increase of Low-Temperature Toughness in Low-Carbon and Low-Alloy Steels // Mater. Sci. Eng. A. 2019. V. 768. P. 138491.
2. Panin V.E., Egorushkin V.E., Elsukova T.F., Surikova N.S., Pochivalov Y.I., Panin A.V. Multiscale Translation-Rotation Plastic Flow in Polycrystals // Handbook of Mechanics of Materials / Ed. by C.-H. Hsueh et al. – Singapore:

Секция 1. Современные задачи и новые приложения физической мезомеханики материалов с иерархической структурой

Springer Nature, 2018. 2431 p. DOI: 10.1007/978-981-10-6855-3_77-1.

3. Panin V.E., Surikova N.S., Smirnova A.S., and Pochivalov Yu.I. Mesoscopic Structural States in Plastically Deformed Nanostructured Metal Materials // Physical Mesomechanics. 2018. Vol. 21. № 5. – P. 396–400.