



Новые Материалы

Contribution ID : 39

Type : not specified

РАЗВИТИЕ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ ПРИ ГОРЯЧЕЙ И ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ ДВУХФАЗНЫХ СПЛАВОВ С ОЦК-, ГЦК- И ГПУ-СТРУКТУРАМИ

Анизотропия физико-механических свойств поликристаллических материалов определяется кристаллографической текстурой, образующейся в процессе термомеханической обработки изделий. Регламентированность процессов скольжения при пластической деформации позволяет проводить компьютерное моделирование текстурообразования в процессе холодной деформации с варьированием технологических параметров для достижения требуемой анизотропии свойств. Однако, производственный процесс получения изделий из металлических материалов в большинстве случаев включает этап высокотемпературной деформации (ковки, горячей прокатки и осадки), сопровождающийся прохождением динамической рекристаллизации. Существующие модели, учитывающие этот процесс, направлены, как правило, на предсказание эффективных характеристик материала – степени рекристаллизации, размеров зерен, – и не позволяют предсказывать формируемую анизотропию его свойств. Существующие модели текстурообразования при холодной пластической деформации (трубная и плоская прокатки) лучше всего подходят для предсказания текстуры металлов с объемно-центрированной (ОЦК) и границентрированной (ГЦК) кубическими решетками, однако в материалах с гексагональной плотноупакованной (ГПУ) структурой неверно описывают текстурообразование из-за некорректного учета действия механизмов двойникования. Отдельную методическую проблему представляет достижение высоких степеней деформации при моделировании методом конечных элементов текстурообразования в многофазных сплавах. Наличие в их составе фаз с различающимися механическими свойствами приводит к локализации напряжений и деформаций на границе раздела фаз, накоплению ошибки соответствия узлов сетки конечных элементов и остановке расчета. Целью настоящей работы явилось создание комплексной модели прогнозирования текстурообразования двухфазных сплавов в процессе термомеханической обработки и выявление с ее помощью закономерностей формирования кристаллографической текстуры сплавов с ОЦК-, ГЦК- и ГПУ-структурами. Разработан подход к моделированию кристаллографической текстуры при холодной пластической деформации однофазных материалов на основе теории Тейлора, с применением которого удалось установить закономерности текстурообразования в молибденовом сплаве ЦМ-2А при различных схемах прокатки [1]. Дополнена модель текстурообразования в однофазных материалах при горячей деформации путем учета процессов динамической рекристаллизации и на ее основе выявлены закономерности формирования текстуры горячей прокатки листов из молибденового сплава ЦМ-2А [2]

Рисунок 1 – Структура горячекатаного листа молибдена, смоделированная для перекрестной, представленная ориентационными картами (нормальное направление)

С использованием конечно-элементного моделирования и адаптации алгоритма пересоздания сетки КЭ разработана методика изучения текстурообразования в двухфазных материалах и установлено влияние фазового состава, а также межфазного взаимодействия на формирование текстуры в сплавах системы медь–ниобий [3].

Рисунок 1 – Схема работы алгоритма по пересозданию сетки КЭ двухфазного материала с числом зерен $N = 50$ при плоской прокатке до степени деформации $\epsilon = 50\%$ Разработана модель и алгоритм

учета двойникования в металлах с ГПУ-структурой при пластической деформации и на её основе выявлены закономерности текстурообразования в двухфазных $\alpha+\beta$ титановых сплавах и влияния на них содержания β -фазы [4].

Рисунок 3 – Эволюция текстуры α -Ti на ПППФ (0001): А – в эксперименте; В – в модели с учетом только систем скольжения, С – с учетом скольжения и двойникования; а также текстуры β -Ti на ПППФ {110}: D – в эксперименте, Е – в модели с учетом скольжения и двойникования в α -Ti при степенях деформации: а – 0%, b – 21%, с – 31%, d – 50% Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030», проект СП-1. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (соглашение от 31.07.2024 No24-79-10289 <https://rscf.ru/project/24-79-10289/>)

1. Tyutin V.P., Krymskaya O.A., Isaenkova M.G. / Pisma v Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki, 52:9 (2026), – pp. 11–

15 doi: 10.61011/PJTF.2026.09.62701.20603 2. 4. Исаенкова М.Г., Крымская О.А., Тютин В.П., Болдырева О.Р., Фе-сенко В.А. / Materials. Technologies. Design, т.7 №4 (23), (2025), – С. 111–123. https://doi.org/10.54708/26587572_2025_7423111

3. 3. Tyutin V.P., Isaenkova M.G., Sukhorukov D.S. / Russ. Metall. 2026, – С. 155–163. <https://doi.org/10.1134/S0036029526700230>

4. Tyutin V.P., Isaenkova M.G., Sadovskiy O.A., Krymskaya O.A. / Non-Ferrous Metals, 2026, No. 1. pp. 47–53 doi: 10.17580/nfm.2026.01.07

Primary author(s): ТЮТИН, Владислав (НИЯУ МИФИ); ИСАЕНКОВА, Маргарита; КРЫМСКАЯ, Ольга; САДОВСКИЙ, Олег; БОЛДЫРЕВА, Ольга

Presenter(s): ТЮТИН, Владислав (НИЯУ МИФИ)