

УДК 621.77.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНО ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Станислав Владимирович Путырский

*Студент 5 курса,
кафедра «Материаловедение»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.И. Плохих,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

Перспективным подходом в решении задачи создания субмикро- и наноструктурированных материалов конструкционного назначения, является использование высокопроизводительного метода горячей прокатки компактных многослойных заготовок. Разработка технологии получения подобных материалов является проблемой достаточно сложной, требующей проведения многочисленных экспериментов. Поэтому, для исследования пластической деформации многослойной заготовки в процессе прокатки актуально применение метода конечно элементного моделирования с использованием современных программных комплексов. Метод конечного элемента включает различные подходы, в которых для определения напряжения, деформации и перемещения материал условно разбивают на отдельные элементы, соединённые в узловых точках [1]. Применение такого метода исследования даёт возможность комплексно оценить влияние структурных и технологических факторов на поведение материала при пластической деформации.

Объектом моделирования является процесс, представляющий собой высокотемпературный прокат многослойного сортамента, состоящего из 100 чередующихся между собой слоёв толщиной 0,5 мм, сталей разных марок, с различными механическими свойствами. Количество слоёв каждой марки одинаковое, по 50 в заготовке. по результатам исследования установлена общая закономерность образования оптимальной структуры многослойного материала методом горячей прокатки. Аналитическим образом функционально она может быть выражена следующим образом [2]:

$$L = f(T_p, \Delta\sigma, \varepsilon, v_d, K_p, K_d),$$

L – ламинарность структуры многослойного материала;

T_p – температура деформирования многослойной заготовки, 0С;

$\Delta\sigma$ – разница между величинами сопротивления деформации твердой (σ) и мягкой (σ_0) составляющими заготовки, МПа;

ε – степень деформации, %;

v_d – скорость деформации, с⁻¹

K_p – коэффициент межслойной релаксации;

K_d – диффузионный коэффициент, при $K_d = 1$ диффузии легирующих элементов нет, при K_d меньше 1, но больше 0 диффузия есть.

После анализа задачи для моделирования был выбран программный пакет LS-Dyna разработанный для решения задач, предусматривающих значительные пластические деформации.

Моделирование поведения указанных материалов в процессе прокатки, использует результаты металлографических исследований и данные о механических свойствах, полученных на разных стадиях структуризации. Процесс проводится при повышенной температуре. Во время прокатки, слои подвергаются значительным пластическим деформациям. На первых этапах материал является изотропным. В процессе прокатки, зёрна приобретают определённую ориентировку, что отражается в приобретаемой анизотропии механических свойств слоёв. Для моделирования анизотропии свойств выбирается соответствующая модель материала из базы программного комплекса [3,4].

Процессу прокатки предшествует высокотемпературное компактирование заготовки. Основываясь на проводимых исследованиях соединения слоёв, с целью упрощения задачи мы можем считать связь между слоями неразрывной – границы слоёв деформируются совместно.

При пластической деформации металлические материалы упрочняются. В условиях деформации тонких слоёв при высоких температурах в материале развивается процесс динамической полигонизации и обратный ей процесс рекристаллизации. Это позволяет нам сделать допущение о том, что материал не испытывает деформационного упрочнения и выбрать для моделирования упруго-пластическую модель поведения материала.

Литература

1. Унксов Е.П., Джонсон У., Колмогоров В.Л. Теория пластических деформаций металлов. – М.: Машиностроение, 1983. – 598 с.
2. Колесников А.Г., Плохих А.И., Комиссарчук Ю.С., Михальцевич И.Ю. Исследование особенностей формирования субмикро- и наноразмерной структуры в многослойных материалах методом горячей прокатки / МиТОМ. – 2010. – № 6. – С. 44–49
3. LS-Dyna keyword user's manual. LSTC, 2007.
4. LS-Dyna theoretical manual. LSTC, 2006.