

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЙ-МАГНИЕВОГО СПЛАВА 1560

В.А. КРАСНОВЕЙКИН^{1,2}, В.А. СКРИПНЯК, А.А. КОЗУЛИН¹, Ю.В. ЛИ²

¹Томский государственный университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: volodia74ms@yandex.ru

Повышенный интерес к ультрамелкозернистым (УМЗ) легким сплавам на основе алюминия обусловлен более высокими прочностными свойствами, твердостью, износостойкостью по сравнению с крупнокристаллическими аналогами [1, 2]. Значительное удешевление технологий получения УМЗ легких сплавов методами интенсивной пластической деформации (ИПД) расширяет возможности их использования в качестве конструкционных материалов в автомобильной, авиационной и космической промышленности [3, 4]. При всем разнообразии методов, поиск эффективных технологий реализации ИПД в сплавах до сих пор является актуальной задачей [5].

В работе, на основе численного моделирования, предложен подход создания новых оптимальных схем прессования для реализации ИПД в цилиндрических алюминиевых заготовках. Исследованы процессы развития ИПД в конструкционном алюминиевом сплаве 1560, при обработке с использованием нового метода динамического прессования. Создана физико-математическая модель для описания больших пластических деформаций и развития повреждений при высоких скоростях в схеме динамического канального прессования образцов из легких сплавов в широком диапазоне скоростей деформации от 200 до 15000 с⁻¹ и диапазоне температур от 300 до 473 К. Решение выполнено методом сглаженных частиц (SPH). Для моделирования интенсивной пластической деформации использованы эволюционные уравнения [6, 7], учитывающие упругопластическое поведение с упрочнением, описывающие изменение средних размеров зерна в объеме материала, и изменение параметра поврежденности вследствие возникновения пор и микротрещин.

Константы определяющих уравнений для описания деформационного поведения крупнокристаллического и ультрамелкозернистого сплава 1560 получены из результатов экспериментальных работ, проведенных авторами [3, 4]. Ранее разработанная физико-математическая модель [6] апробирована на решении задач высокоскоростного деформирования образцов из легких сплавов при динамическом угловом прессовании (ДКУП), результаты численных исследований хорошо согласуются с результатами экспериментальных работ.

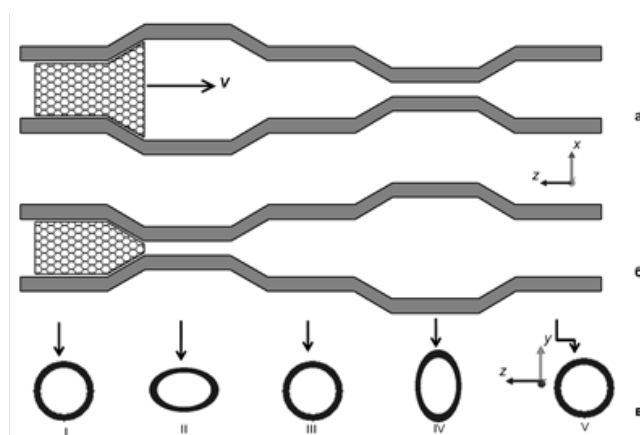


Рисунок 1 – Схема канала переменной формы с эллиптическими сечениями а, б – вид канала в двух ортогональных проекциях, в – сечения канала в разных проекциях

Описанная модель получила развитие в данной работе при разработке нового метода обработки материалов при динамическом прессовании через каналы переменной формы (КППФ), схема которых представлена на рисунке 1. Впервые исследованы закономерности деформационного упрочнения и повреждения алюминиевых сплавов при динамическом прессовании по новой схеме, использующей каналы эллиптического сечения с переменной ориентацией осей. Суть метода заключается в том, что цилиндрический образец разгоняется в начале первого канала до требуемой скорости за счет давления сжатых газов, и, проходя через сопряжения каналов, претерпевает большие пластические деформации. На основе анализа напряженно-деформированного состояния показано, что новая схема КППФ, с применением каналов эллиптического сечения обеспечивает интенсивную пластическую деформацию сплава и может быть применена для производства мелкозернистых и ультрамелкозернистых легких сплавов. Сопряжения каналов конструктивно выполнены таким образом, чтобы возникающие пластические деформации были равномерно распределены по образцу. За один проход через КППФ предполагается накопление пластической деформации не меньше чем при ДКУП, однако предложенная схема обработки является более мягкой, чем сопряжение каналов под углом.

Применение методики численного моделирования позволяет описывать закономерности развития интенсивной пластической деформации. Проведен анализ схем динамического прессования, когда образец движется с высокой скоростью и деформируется в местах сопряжения каналов за счет давления сжатых газов. Определены рациональные формы и параметры каналов в пресс-формах, а также режимы прессования, обеспечивающие получение однородной пластической деформации в объеме обрабатываемой заготовки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-5914.2016.1.

Список литературы

1. Валиев Р.З. Объемные наноструктурные металлические материалы / Р.З. Валиев, И.В. Александров. М.: Академкнига, 2007. 397 с.
2. Валиев Р.З., Рааб Г.И., Гундеров Д.В. и др. Развитие методов интенсивной пластической деформации для получения объемных наноструктурных материалов с уникальными механическими свойствами // Нанотехника. – 2006. – № 2. – С. 32–13.
3. Козулин А.А., Красношейкин В.А., Скрипняк В.В., Хандаев Б.В., Ли Ю.В. Механические свойства алюминий магниевых сплавов после интенсивной пластической деформации // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 888.
4. Скрипняк В.А., Скрипняк Н.В., Скрипняк В.В., Козулин А.А., Скрипняк Е.Г. Влияние зеренной структуры материалов на усталостную долговечность в малоцикловой области // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 7-3. – С. 83–85.
5. Маркушев М.В. К вопросу об эффективности некоторых методов интенсивной пластической деформации, предназначенных для получения объемных наноструктурных материалов // Письма о материалах. – 2011. – Т. 1. – №1. – С. 36–42.
6. Красношейкин В.А., Скрипняк В.А., Козулин А.А. Численное моделирование процессов интенсивной пластической деформации тел при динамическом канальном прессовании // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55. – № 9-3. – С. 67–71.
7. Vladimir K., Vladimir S., Alexander K., Olga S. Numerical simulation of severe plastic deformation of titanium specimens under dynamic channel pressing // Advanced Materials Research. – 2014. – V. 1040. – P. 107–112.