

# СЕКЦИЯ 3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.777;004.942

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТОДОМ «ПРЕССОВАНИЕ–ВОЛОЧЕНИЕ»

С. Н. Лежнев<sup>1</sup>, Е. А. Панин<sup>1</sup>, И. Е. Волокитина<sup>1</sup>, А. В. Волокитин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Рудненский индустриальный институт, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный индустриальный технический университет  
имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

Для исследования влияния нового непрерывного способа деформирования «прессование–волочение» на размер зерна металла деформируемой проволоки проводился моделируемый эксперимент с помощью программы DEFORM-3D, а точнее, при помощи его вспомогательного модуля MICROSTRUCTURE-3D. Этот модуль позволяет рассматривать эволюцию микроструктуры на каждом шаге деформирования с целью определения необходимого числа циклов деформирования для получения наноструктуры, не прибегая к реальному эксперименту.

В качестве материала заготовки была выбрана сталь Ст.3 (A 570 Grade 36). Реологические свойства материала были взяты из базы данных DEFORM. Материал заготовки до деформации является изотопным, в нем отсутствуют какие-либо напряжения и деформации. Заготовка, используемая для анализа, имела цилиндрическую форму диаметром 7,0 мм и длиной 300 мм и была разбита на 180000 конечных элементов, со средней длиной ребра элемента 0,5 мм. С целью исключения застревания проволоки в каналах матрицы при моделировании было принято условие минусового допуска на диаметр проволоки и плюсового допуск на отверстие равноканальной ступенчатой матрицы. Материал равноканальной матрицы и пуансона были приняты абсолютно жесткими. Модель заготовки была принята как упругопластическая. Температура заготовки, как и температура матрицы, была выбрана равной 20 °С – для получения оптимальных значений параметров НДС и усилий деформирования.

Также для моделируемого эксперимента, согласно литературному обзору, были заданы значения коэффициента трения между заготовкой, матрицей  $\mu = 0,08$ ; коэффициент теплообмена с окружающей средой, равный 1; скорость волочения была равна действующей скорости на волочильном стане 1,5 м/с. Скорость прессования была установлена в соответствии с согласованием скоростей в 1,36 раз меньше скорости волочения и равна 1,1 м/с.

После расчета модели были получены следующие результаты эволюции микроструктуры (рис. 1). После прохождения каналов матрицы за счет реализации сдвиговой деформации происходит измельчение зерна с 20 до 12 мкм. После стадии волочения размер зерна также изменяется, но менее интенсивно – с 12 до 9 мкм.

Центральные слои заготовки во время обеих стадий деформирования прорабатываются менее интенсивно – здесь размер зерна меняется с 20 до 15 мкм после РКУ-прессования и до 13 мкм после волочения. Таким образом, после одного цикла

деформирования разница значений размера зерна между поверхностной и центральной зоной составляет 4 мкм.

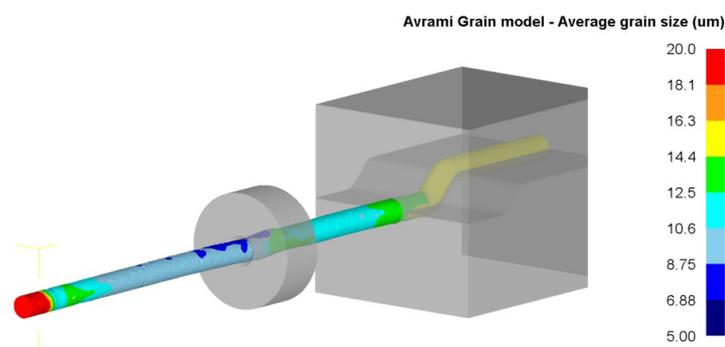


Рис. 1. Изменение размера зерна

Это позволяет сделать вывод, что при осуществлении данного совмещенного процесса проработки заготовки по сечению осуществляется неравномерно и для выравнивания свойств по сечению необходимо проводить несколько циклов деформирования.

Многопроходное деформирование осуществлялось при следующих условиях:

- 1-й проход: заготовка диаметром 7,0 мм проходила через матрицу с диаметром канала 7,0 мм и далее подвергалась волочению через волоку диаметром 6,5 мм;
- 2-й проход: заготовка диаметром 6,5 мм проходила через матрицу с диаметром канала 6,5 мм и далее подвергалась волочению через волоку диаметром 6,0 мм;
- 3-й проход: заготовка диаметром 6 мм проходила через матрицу с диаметром канала 6,0 мм и далее подвергалась волочению через волоку диаметром 5,5 мм.

В результате были получены следующие данные (рис. 2). После второго прохода измельчение зерна уже не такое интенсивное, как в первом проходе. Здесь средний диаметр зерна после РКУП в поверхностной зоне составил 5 мкм, в центральной зоне – 8 мкм, т. е. разница составила 3 мкм. После волочения размер зерна в поверхностной зоне составил 4 мкм, в центральной зоне – 6 мкм, разница составила 2 мкм.

После третьего прохода средний диаметр зерна после РКУП в поверхностной зоне составил 2 мкм, в центральной зоне – 3 мкм, т. е. разница составила лишь 1 мкм. После волочения размер зерна в поверхностной зоне составил 1 мкм, в центральной зоне – 2 мкм, разница также составила 1 мкм.

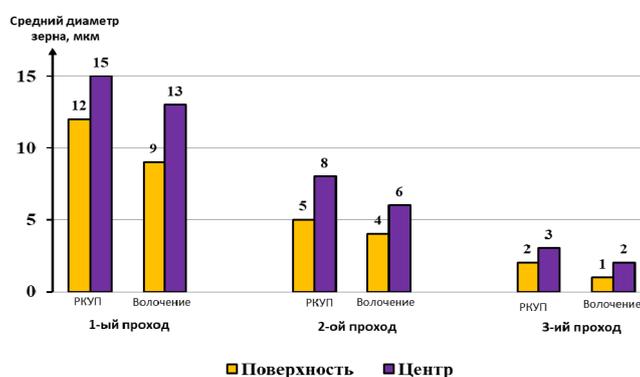


Рис. 2. Изменение размера зерна при многопроходном деформировании

Таким образом, в результате изучения модели с несколькими циклами деформирования было выявлено, что с увеличением числа проходов происходит не только общее снижение среднего диаметра зерна, но и постепенное выравнивание данного параметра между центральной и поверхностной зоной.