

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОЛОКИ В ПРОГРАММЕ DEFORM-2D

Огородникова О. М., *доцент, канд. физ.-матем. наук*  
Бородин Е. М., *доцент, канд. техн. наук*  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

### Введение

Изготовление проволоки из сплавов на основе благородных металлов с повышенными конструкционными и функциональными свойствами сопровождается особыми требованиями к эффективности и экономии, выполнению которых способствуют современные методы конечно-элементного моделирования технологических процессов. В данной работе средствами программы DEFORM-2D исследовано напряженное состояние инструмента при волочении упорядочивающегося сплава Pt-Ni эквиатомного состава при комнатной температуре. Производительность процесса во многом зависит от стойкости инструмента и определяется уровнем напряжений в контактной зоне.

Вычислительная модель включает цилиндрическую заготовку и волоку в соответствии с ГОСТ 6271-90 для диаметра калибрующего отверстия 0.5 мм (См. рисунок). Основные размеры волоки соответствуют типу Т, предназначенному для холодного волочения металлов и сплавов с временным сопротивлением разрушению более 500 МПа.

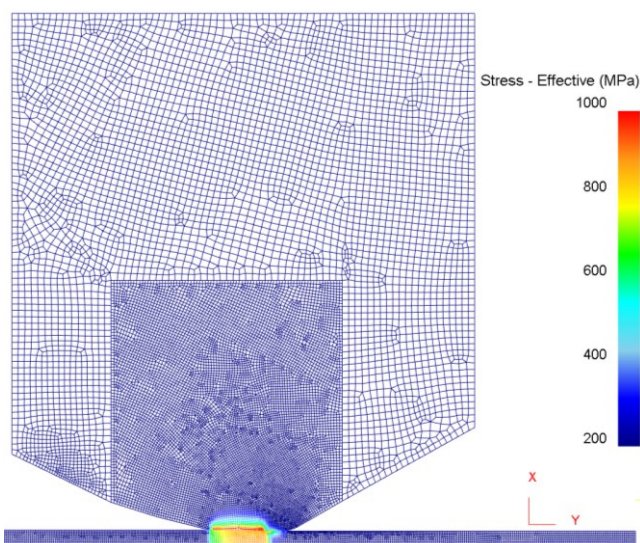


Рисунок. Конечно-элементная модель и распределение напряжений Мизеса в рабочей зоне

Геометрическая модель волоки построена таким образом, что алмазный инструмент внедрен в матрицу из карбида вольфрама. На границе алмазного инструмента и матрицы заданы контактные условия, исключающие взаимное перемещение. Ограничение степеней свободы применяется к внешнему цилиндрическому контуру матрицы на границе с оправой в виде нулевых значений скорости. Рассмотрена осесимметричная задача на этапе установившегося процесса, граничные и начальные условия приложены к половине продольного сечения с положительными пространственными координатами.

Волочение сплава производится в разупорядоченном состоянии после высокотемпературного отжига и моделируется в рамках упруго-пластической модели поведения. Степенная зависимость изменения механических свойств заготовки при пластическом деформировании составлена обработкой экспериментальных кривых деформационного упрочнения, полученных нами для проволоки соответствующего диаметра:

$$\sigma = \sigma_0 + A\varepsilon^B = 578.8 + 1607\varepsilon^{0.588}.$$

Аналізу подвергнут процесс волочения, близкий по интенсивности нагружения к имеющимся экспериментальным данным. Определяемая геометрией рабочего канала относительная степень обжатия заготовки (коэффициент вытяжки) составляет 10 %. Стандартом для выбранного типа волоки рекомендуется превышение исходного диаметра проволоки над диаметром калибрующего отверстия от 5 до 10 %, что соответствует относительной степени обжатия в интервале 9-17 %. Задана скорость 3 и 1 мм/с.

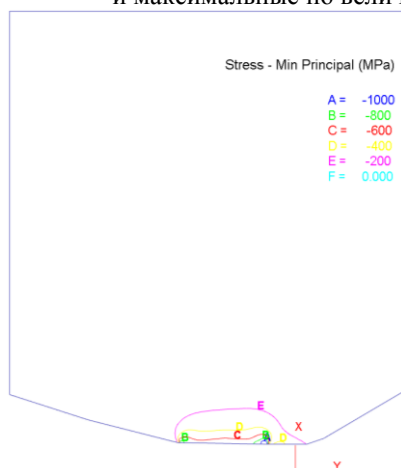
Рассмотрены различные варианты геометрии алмазного инструмента при неизменных габаритных размерах оправы. Расчетное распределение сжимающих напряжений в контактной зоне волоки (главное напряжение  $S_3$ ) для трех конструктивных вариантов, а также максимальные по величине напряжения  $\sigma_3$  в волоке и эквивалентные напряжения Мизеса  $\sigma_M$  в заготовке приведены в таблице.

Исходный вариант с цилиндрическим внешним контуром алмазного инструмента имеет диаметр, соответствующий стандартному габариту. Во втором варианте бочкообразный контур эквидистантно повторяет изопараметрическую поверхность равных значений сжимающих напряжений. В третьем варианте предлагаемый нами вогнутый внешний контур снижает жесткость инструмента и уровень напряжений на 20 % как в алмазном инструменте, так и в металлической заготовке.

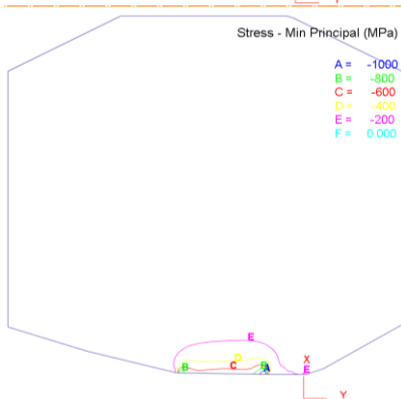
### Заключение

Методом конечных элементов в программе DEFORM-2D исследован процесс холодного волочения платинового сплава, упрочненного легированием. Предложена геометрия волокна, понижающая жесткость инструмента и уровень напряжений.

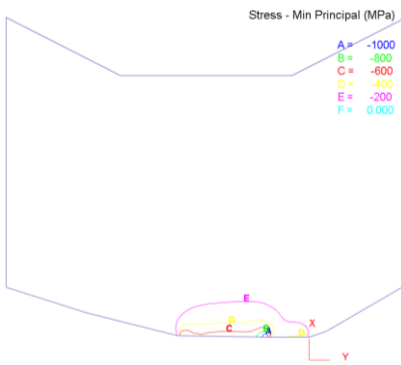
Таблица. Распределение сжимающих напряжений в контактной зоне волокна  $\sigma_3$  и максимальные по величине расчетные напряжения



Вариант 1:  
 $\sigma_M = 1385$  МПа  
 $\sigma_3 = -1115$  МПа  
 $V = 1$  мм/с  
 $\delta = 10\%$



Вариант 2:  
 $\sigma_M = 1350$  МПа  
 $\sigma_3 = -1160$  МПа  
 $V = 1$  мм/с  
 $\delta = 10\%$



Вариант 3:  
 $\sigma_M = 1295$  МПа  
 $\sigma_3 = -1010$  МПа  
 $V = 1$  мм/с  
 $\delta = 10\%$