

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ

NUMERICAL SIMULATION OF THE STRESS – STRAIN STATE OF TECHNOLOGICAL TOOLS FOR FINE DRAWING

А.В. Порубов, Т.Е. Мельникова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
г. Пермь, dpm@pstu.ru

Abstract

An urgent task is to ensure the long life of the technological tool, namely the expensive diamond dies, which can significantly improve the efficiency of the production of wire.

Strength Evaluation of technological tools, numerical simulation of the stress – strain state of the diamond drawing tool in the finite – element package ANSYS.

Calculation of strain and stress state of the diamond drawing tool for drawing copper and nickel – plated wire with the operating pressure and the pressing force. According to the results of calculation of strains and stresses evaluated the strength of the diamond drawing dies for consideration of technological schemes.

Большое значение в развитии и совершенствовании промышленного производства имеет автоматизация производственных процессов, позволяющая повысить точность и скорость обработки металлов. Обработка металлов давлением отличается высокой производительностью и экономным расходом металла по сравнению с литьем и механической обработкой и, кроме того, улучшает механические свойства литого металла. Численное моделирование процессов обработки металлов давлением позволяет оптимизировать технологические параметры с целью получения изделий высокой точности и улучшенного качества, основываясь на прогнозировании поврежденности технологического инструмента. Одной из наиболее широко используемых технологических операций обработки материалов давлением является волочение. Алмазный волочильный инструмент широко применяется при производстве проволоки из труднодеформируемых металлов и сплавов и особенно проволоки малых диаметров (менее 1 мм).

Исследовано напряженное состояние алмазного волочильного инструмента, включающего кристалл алмаза (фильеру), запрессованный в бронзовый капсюль, который в свою очередь запрессован в латунную обойму. Размеры конструктивных элементов алмазного волочильного инструмента приняты в соответствии с действующими технологическими стандартами.

Рассмотрено напряженно - деформированное состояние алмазного волочильного инструмента для производства проволоки диаметром 0,12 мм из заготовки диаметром 0,26 мм по маршруту 0,26-0,246-0,227-0,210-0,194-0,179-0,165-0,152-0,140-0,129-0,120 мм. Принято, что смазка, используемая в волочильном инструменте, маловязкая 2-2,6 процентная мыльная эмульсия, обеспечивающая граничный режим трения при волочении. Используемый алмаз - изотропное тело с модулем упругости $E=1050\text{ ГПа}$ при температуре 20°C и коэффициентом Пуассона $\nu=0,215$, так как при тонком волоче-

нии применяются в основном волокна из синтетического алмазного сырья, например, баллас марки АСБ.

Ввиду малости зоны деформации среднее давление на инструмент при волочении считалось постоянным и принималось для медной проволоки равным 400 МПа, для никелированной - 900 МПа; коэффициент трения в зоне деформации задавался равным 0,04; угол конусности волочильного отверстия - 6° . В расчетах учтены следующие характеристики материалов элементов технологического инструмента: бронзовый капсюль БРАЖН10-4-4л: $E=115000\text{ МПа}$ $\nu=0,4$; латунная обойма ЛС-59-1л $E=93000\text{ МПа}$ $\nu=0,4$. Расчеты проведены для инструмента с высотой кристалла алмаза: $h=1,9\text{ мм}$.

Усилие запрессовки капсюля в обойму рассчитано от величины заданного натяга.

На рис. 1 представлена схема алмазного волочильного инструмента.

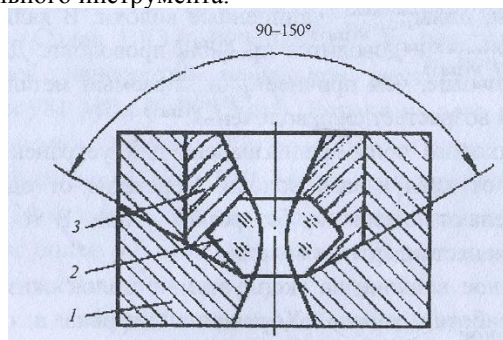


Рис. 1 Алмазный волочильный инструмент:

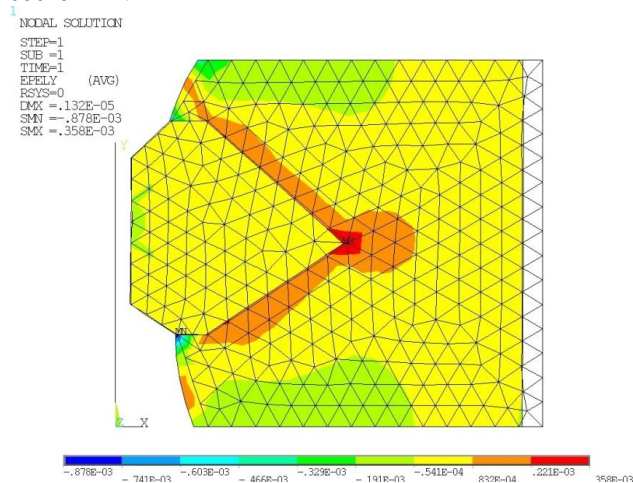
1 – обойма;
2 – алмазный кристалл; 3 – капсюль.

Решена осесимметричная задача теории упругости. Расчетная схема учитывала влияние на напряженно – деформированное состояние алмазного волочильного инструмента силовых факторов и режима трения при волочении проволоки.

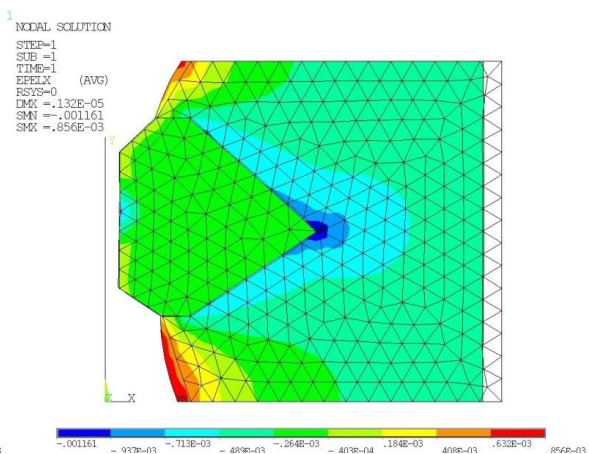
Численное моделирование алмазного волочильного инструмента и расчеты деформированно-

го и напряженного состояния алмазного волоочильного инструмента при волочении медной и никелированной проволоки с учетом рабочего давления и усилия запрессовки реализованы в пакете ANSYS. Численное моделирование процесса тонкого и тончайшего волочения основано на теоретических разработках и исследованиях [1,2], полученных в этой области обработки металлов давлением.

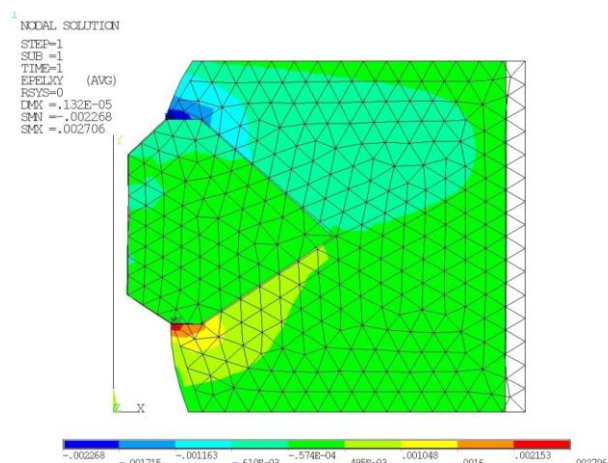
Получена схема конечно-элементного алмазного волоочильного инструмента с учетом осевой симметрии конструкции и прилагаемой нагрузки. В качестве конечного элемента был выбран двухмерный треугольный элемент с промежуточным узлом на грани объемного напряженно – деформированного состояния с восемью узлами PLANE183, так как он может использоваться для моделирования осесимметричного напряженного состояния.



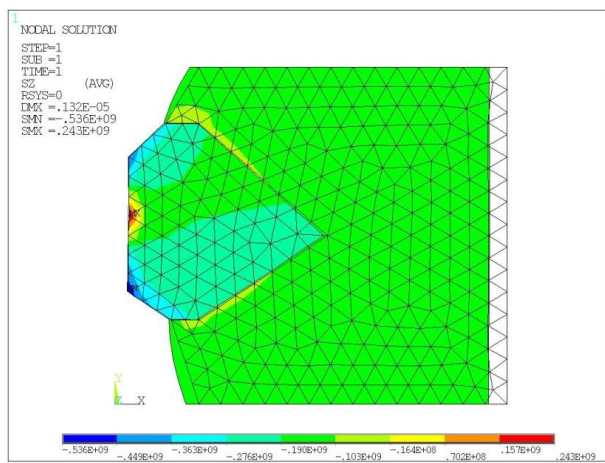
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Распределение деформаций при волочении никелированной проволоки через алмазный волоочильный инструмент с учетом усилия запрессовки 129МПа: а – осевые, б – радиальные, в – сдвиговые, г – окружные деформации.

Получены так же картины распределения осевых, радиальных, окружных и сдвиговых напряжений по сечению инструмента при анализе исследуемого технологического процесса. Оценка прочности инструмента в целом проведена при

Построенная численная модель напряженно – деформированного состояния алмазного волоочильного инструмента использована при анализе рациональных технологических параметров при волочении тонкой и тончайшей проволоки с учетом условий трения и граничных условий по перемещениям границ и действующим на них напряжениям. При этом рассчитано распределение перемещений, деформаций и напряжений по объему алмазного волоочильного инструмента в зависимости от технологических параметров процесса. В качестве примера полученных результатов на рисунке 2 представлены картины распределения деформаций по сечению алмазного волоочильного инструмента при волочении никелированной проволоки с учетом усилия запрессовки 129МПа.

анализе распределения эквивалентных напряжений по теории Мизеса.

Результаты работы показали, что в объеме технологического инструмента имеются области, где наблюдается повышенный уровень деформации.

ций, следовательно, и напряжений, что впоследствии может привести к расколу кристалла алмаза (фильеры).

Численное моделирование напряженного состояния алмазного волочильного инструмента по сравнению с экспериментальным анализом позволяет подробно исследовать напряженное состояние технологического инструмента, прогнозировать возможность образования микроповреждений кристалла алмаза, корректировать технологические условия процесса волочения с учетом исключения образования микродефектов в материале инструмента, обеспечения точности геометрических размеров волочильного канала инструмента и высокого качества получаемого изделия.

Список литературы

1. Колмогоров Г. Л., Трофимов В. Н. и др. Механика пластического деформирования трансверсально - изотропных композиционных сверхпроводниковых материалов. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. 2011, 217 с.
2. Мельникова Т. Е., Колмогоров Г. Л., Напряженное состояние алмазной волоки. // Сверхтвердые материалы. М., 1990, № 5, с. 45-49.