

УДК 621.77.001

**РАЗРАБОТКА НОВОГО ЗАКОНА ТРЕНИЯ, УЧИТЫВАЮЩЕГО ОТНОСИТЕЛЬНУЮ СКОРОСТЬ СКОЛЬЖЕНИЯ МЕТАЛЛА, ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ**

Виктор Юрьевич Пиндрус

*Студент 6 курса,**кафедра «Технологии обработки давлением»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.А. Гладков,**доцент кафедры «Технологии обработки давлением», к.т.н.*

В моделировании процессов обработки металлов давлением необходимо учитывать контактное трение между инструментом и заготовкой. В большинстве специализированных программ используются такие законы трения, как закон Прандля-Зибеля, закон Амонтона-Кулона, закон Леванова. Однако данные законы не учитывают относительную скорость скольжения металла, которая может значительно влиять на результаты моделирования.

Моделирование проводилось в программном комплексе QForm V8. Из рисунка 1 видно несовпадение формы облоя, выдавливаемого через мостик облойной канавки, то есть там, где скорость скольжения металла велика. Моделирование проводилось с использованием закона трения Леванова со стандартными параметрами (фактор трения  $m=0.4$ , коэффициент Леванова  $b=1,25$ ).

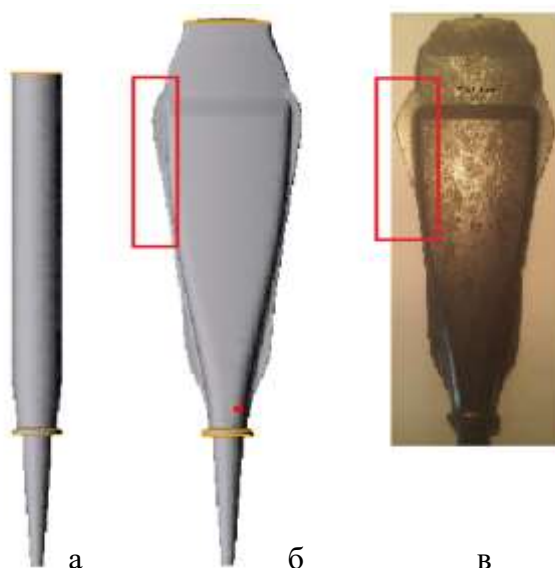


Рис. 1. Сравнение результатов моделирования с реальной штамповкой:

а – заготовка, б – поковка в конце моделирования, в – фото реальной поковки. Показаны зоны несовпадения формы облоя

Для поиска причины отличия формы облоя были проведены численные эксперименты с варьированием значений следующих параметров: фактор трения, коэффициент Леванова, коэффициент теплопередачи, реологическая модель материала (изменена зависимость сопротивления деформации для зоны высоких скоростей деформации,  $> 1 \text{ с}^{-1}$ ). Однако, изменение указанных параметров не дают требуемого увеличения точности формы облоя.

Сделано предположение, что причиной являются высокие значения контактных касательных напряжений в зонах высокой скорости скольжения по поверхности инструмента,

например, на мостике облойной канавки. Поэтому, на основе вышеуказанных моделей трения, а так же других моделей (модель Ньюмаера, модель Боугеши-Беренса), предложена новая модель трения, учитывающая относительную скорость скольжения металла.

### Литература

1. Белевич А.В., Бабин Д.М., Гладков Ю.А. Моделирование и исследование технологических процессов обработки металлов давлением : монография.- Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. – 181 с.
2. Биба Н.В., Стебунов С.А., Гладков Ю.А., Мордвинцев П.С. QForm – универсальная и эффективная программа для моделированияковки и штамповки / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением.2011. №1. С. 36–42.
3. Гладков Ю.А., Пешеходов И.А., Вучетич М., Бугеши А., Беренс Б.-А. Реализация критерия разрушения Бая-Вержбицки в QForm и его использование в моделировании процессов холодной деформации на примере глубокой вытяжки листовой высокопрочной стали / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2015. № 1.- с. 33 – 39.
4. Леванов А.Н. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1975. - 352 с.
5. Власов А.В., Маркечко И.В., Штеле В.Г. Основы теории напряженного и деформированного состояний. Основы теории пластичности: учеб. пособие.- Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – 164 с.
6. Behrens B.-A., Bouguecha A., Hadifi T., Mielke J. Advanced friction modeling for bulk metal forming processes. *Institute of Metal Forming and Metal-Forming Machines (IFUM)*, 2011, DOI:10.1007/s11740-011-0344-8.
7. Behrens B.-A., Alasti M., Bouguecha A., Hadifi T., Mielke J. *Numerical and experimental investigation an extension of friction and heat transfer model for an improved simulation of hot forging processes*. 12th ESAFORM2009 conference on material forming, Twente, Netherlands, 2009.