

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ СВОБОДНОЙ КОВКЕ

THE STRESS-STRAIN STATE IN THE HAMMER FORGING

А.Н. Бабайлова, С.П. Буркин

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г.Екатеринбург
spb@mtf.ustu.ru

Abstract

The mathematical models of metal flow in the hammer forging processes were developed by means of CAE-system DEFORM. The strain-stress state of deformed workpiece was defined in the article.

Моделирование процессов свободнойковки заготовки произведено в программе инженерного анализа DEFORM 3D, предназначенной для моделирования процессов обработки металлов давлением, термической и механической обработки. Программа DEFORM позволяет проверить, отработать и оптимизировать технологические процессы непосредственно за компьютером, а не в ходе физических экспериментов на производстве на основе метода проб и ошибок. Благодаря этому существенно сокращаются сроки выпуска продукции, повышается ее качество и снижается себестоимость.

В работе исследуется технологияковки (рис.1), при которой цилиндрическая литая заготовка осаживается на гладких плитах, затем кантуется и осаживается по диаметру до формирования поперечного сечения, близкого квадратному. Полученная поковка протягивается плоскими бойками до квадратного сечения или обкатывается до круглого сечения. Вторая осадка после кантовки поковки также выполняется на гладких плитах с относительной высотной деформацией $\varepsilon = 0,4 \dots 0,6$, как и в первом случае.

Особенностью такой технологической схемы является то, что вторая осадка осуществляется в направлении перпендикулярном оси исходной заготовки, т.е. оси слитка. Это обеспечивает лучшую, чем при противонаправленной ковке проработку литой структуры.

Далее заготовка снова кантуется и осаживается в направлении третьей оси, перпендикулярной направлениям двух предыдущих осадок. Если набранная степень уковки или степень деформации сдвига удовлетворяет предписанным требованиям, то передельная поковка протягивается, как правило, в направлении оси исходного слитка на пластину или плиту заданных размеров. Если деформация, накопленная при ковке по данной схеме, признается недостаточной, то применяется схемаковки с тремя осадками.

Такая схема деформации существенно повышает степень уковки и, как правило, удовлетворяет условиям достаточной проработки литой структуры практически любых металлов и сплавов. Показанная на рис.1 схемаковки удовлетворяют условиям набора достаточно большой степени уковки и разнонаправленности

деформаций. Однако выполнение всех операций этойковки на гладких плитах или бойках при неудовлетворительной пластичности литого металла и низких значениях коэффициента трения на контактных поверхностях может сопровождаться местным разрушением металла из-за неблагоприятных схем напряженного состояния.

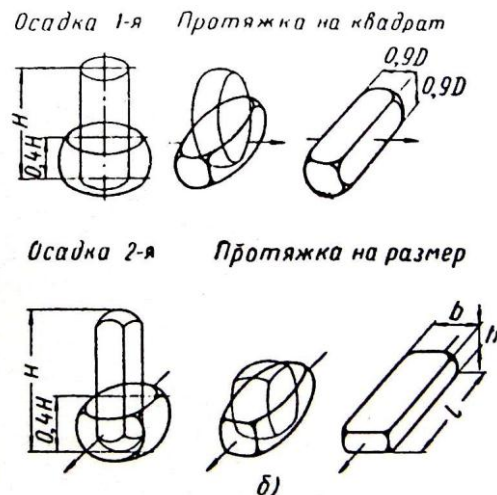


Рис.1. Схемаковки пластин и плит с двумя осадками

В работе представлены результаты математического моделирования технологииковки труднодеформируемых металлов и сплавов, которая разработана на кафедре Обработки металлов давлением УрФУ. Предложенный в работе вариант всестороннейковки заготовок из литой цилиндрической заготовки эффективен во всех случаях пластической обработки, когда требуется большая степень уковки или формирование однородной изотропной структуры и свойств металла. Число циклов деформирования с периодическим восстановлением формы и размеров заготовки может быть произвольно большим (ограничений по суммарной накопленной степени деформации в данной технологии нет).

Технология пластической обработки малопластичных металлов и сплавов должна включать операции деформирования в условиях отрицательных значений σ/T . Например, в кузнечно-штамповочном производстве широко применяетсяковка в вырезных радиальных или

треугольных (90° , 120°) бойках [1, 2]. Даже при малых напряжениях контактного трения удается значительно повысить пластичность обрабатываемых металлов за счет бокового подпора со стороны боковых откосов вырезных бойков.

Разработанная технологияковки реализует более благоприятную для повышения пластичности металла схему напряженного состояния. При этом заготовка сохраняет устойчивость даже при непредвиденных искажениях формы передельных заготовок, вызванных неоднородностью свойств

сплава и температурных полей, а также нестабильностью контактных условий трения.

Исходной заготовкой при математическом моделировании операцийковки является цилиндрическая заготовка диаметром $d=56$ мм и высотой $h=72$ мм (рис.2, а). Размеры плоских бойков (сталь 5ХНМ): диаметр $D=200$ мм, высота $H=80$ мм (рис. 2, б). Радиус выреза в бойке для второй и третьей операцииковки составляет 28 мм (рис. 2, в). Начальная температура для заготовки принимается 1600°C , а для бойков – 400°C . Коэффициент трения по Кулону равен $\mu=0,4$.

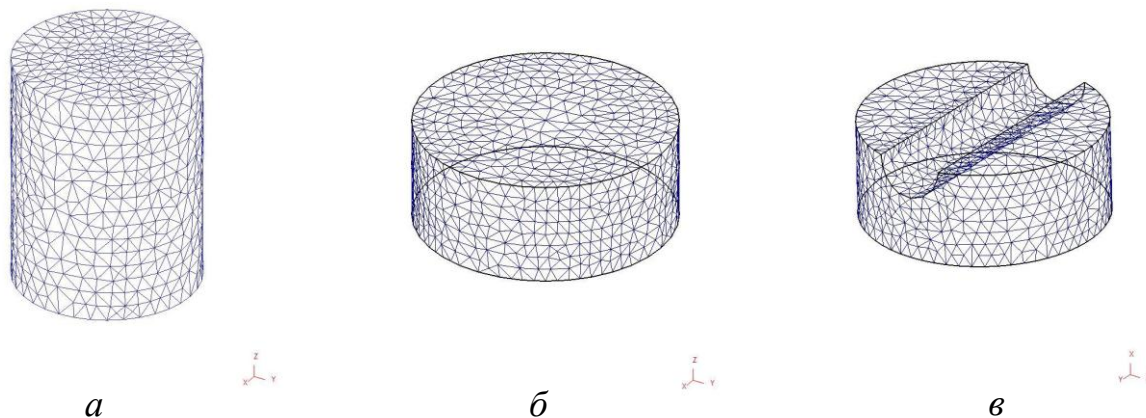


Рис. 2. Конечно-элементное разбиение заготовки и бойков:
а – исходная заготовка; б – плоский боек; в – вырезной боек

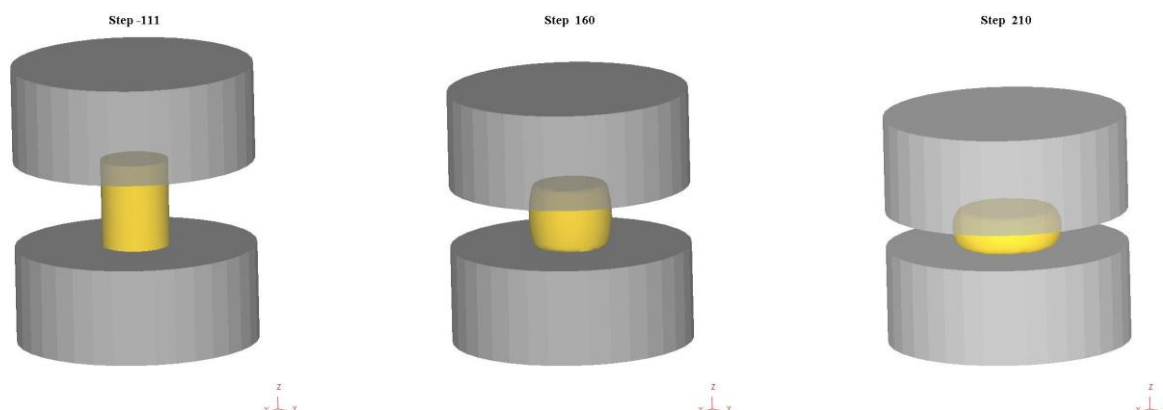
Технологияковки заготовки состоит из следующих операций:

- Осадка цилиндрической заготовки на плоских бойках по оси Z (рис.3, а).
- Осадка заготовки в вырезных бойках по оси X до смыкания верхнего и нижнего бойков (рис.3, б).
- Осадка заготовки в вырезных бойках по оси Y до смыкания верхнего и нижнего бойков (рис.3, в).

DEFORM 3D позволяет осуществить анализ напряженного состояния заготовки. Для примера приведены поля напряжений σ_{zz} для операции осадки цилиндрической заготовки на плоских

бойках и поля напряжений σ_{yy} для операции обжатия в направлении диаметра осажённой заготовки в радиальных вырезных бойках. На рис.4 и 5 приведены сечения заготовки первого и третьего этапа деформирования, на которых изолиниями изображено распределение напряжений в объеме.

По результатам расчета можно отследить формоизменение заготовки и изменение накопленной степени деформации по всем этапам деформирования, на которых изолиниями изображено изменение накопленной степени деформации в объеме.



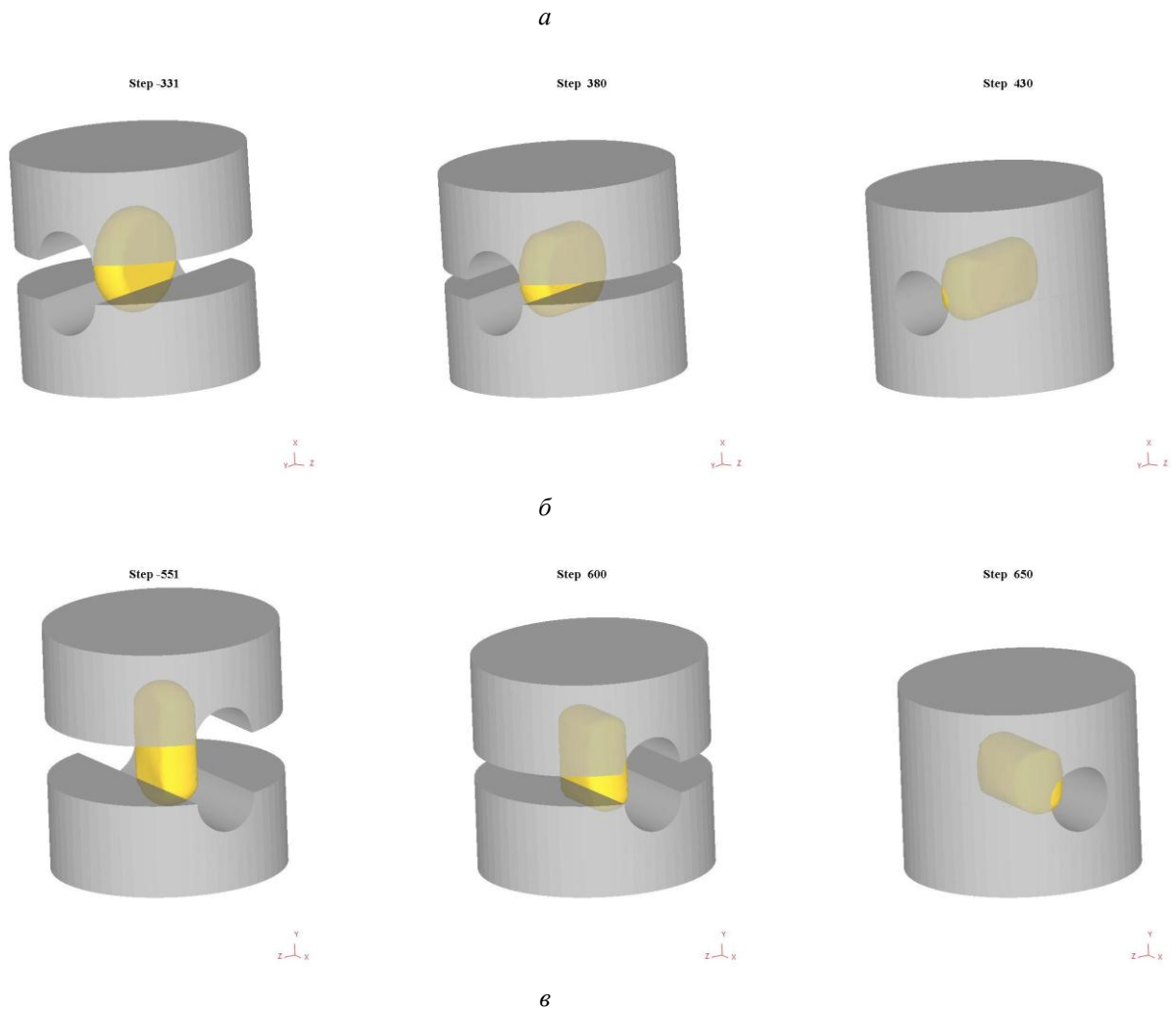


Рис.3. Этапы деформирования заготовки

В работе определены энергосиловые параметры процесса, в т.ч. для всех этапов деформированияковки получены зависимости силы деформации по времени (рис.6). Для осуществления первой операции деформирования

по оси Z необходимо усилие прессы 1,08 МН, для второй операции деформирования по оси X – 0,54 МН, а для третьей операции деформирования по оси Y – 0,78 МН.

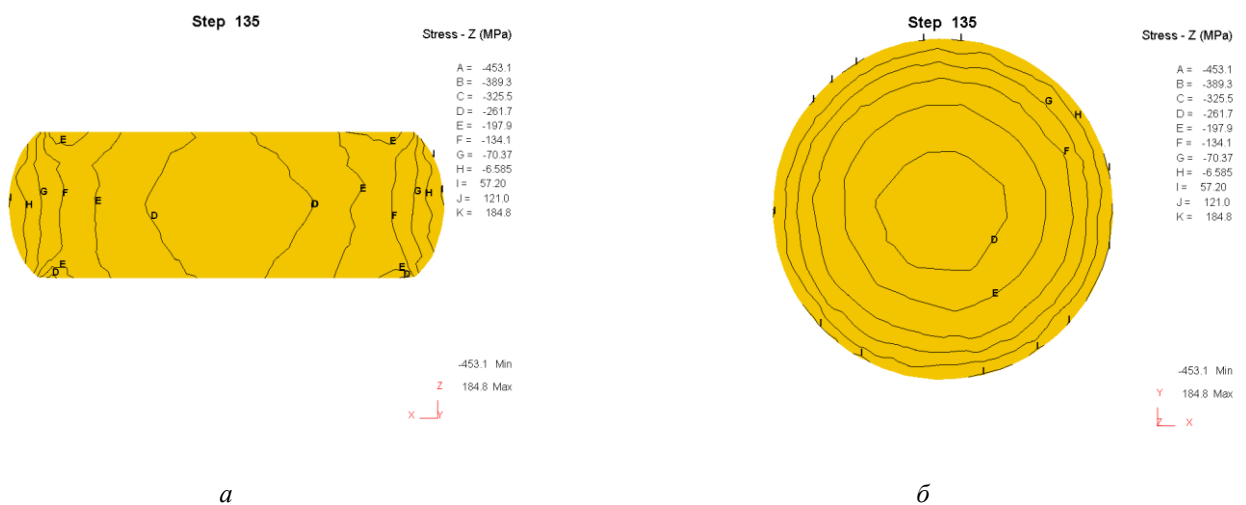
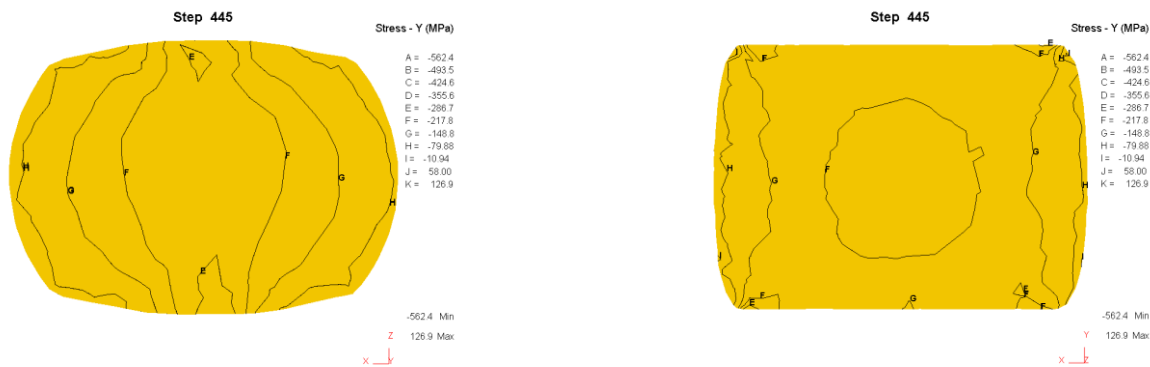
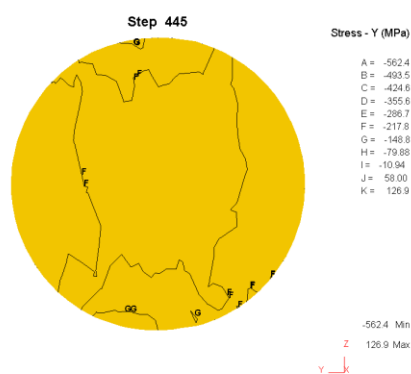


Рис. 4. Поля напряжений σ_{zz} для первого этапа деформирования:
a – сечение XZ; *б* – сечение XY



a

б



в

Рис.5. Поля напряжений σ_{yy} для третьего этапа деформирования:
a – сечение XZ; *б* – сечение XY; *в* – сечение YZ

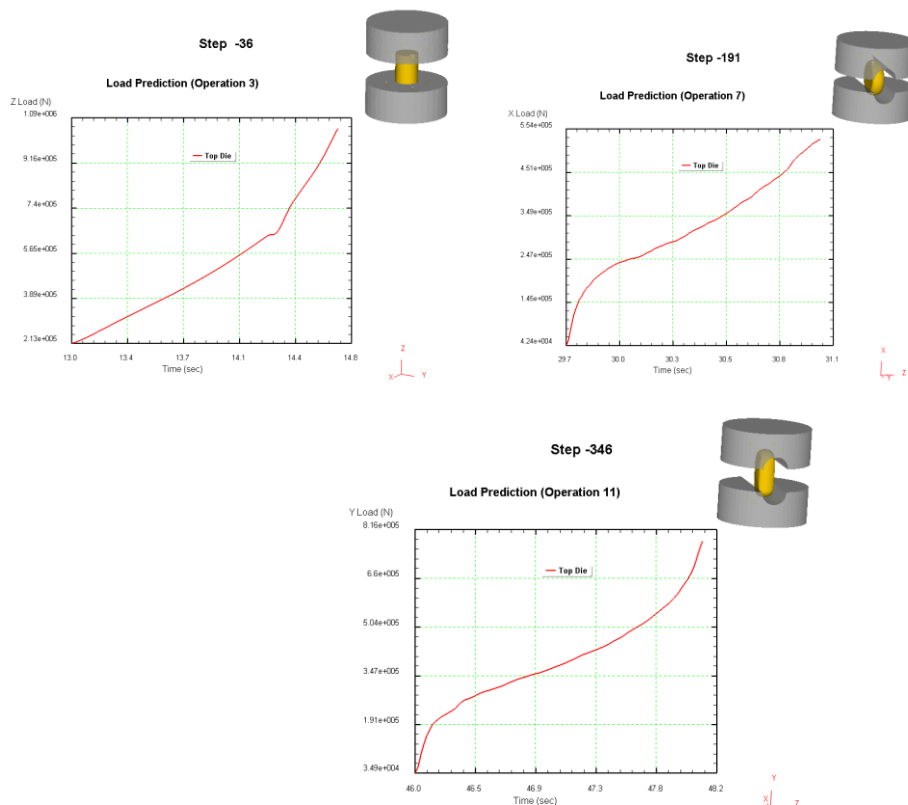


Рис. 6. Усилие верхнего бойка на этапах деформирования заготовки

В исследовательской работе осуществлен расчет напряженно-деформированного состояния при всесторонней ковке заготовок (с учетом неоднородных температурных полей в заготовке и инструменте). Осуществлен анализ теплового режимаковки заготовки и построены поля температуры по сечению заготовки при средней скорости деформации $\dot{\epsilon}=1 \text{ с}^{-1}$ и коэффициенте трения на контакте заготовки с бойками $\mu=0,4$.

Произведен расчет накопленной степени деформации. Для всех этапов деформирования циклаковки были получены графики зависимости силы деформации по времени.

Список литературы

1. Ковка и штамповка цветных металлов. Справочник. Н.И.Корнеев, В.М. Аржаков, Б.Г.Бармашенко и др. М.: Машиностроение, 1971. 232 с.
2. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. М.: Машиностроение, 1976. 560 с.