

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ DEFORM ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ШТАМПОВКИ ОБКАТЫВАНИЕМ НА СПЕЦИАЛЬНОМ ВИНТОВОМ ПРЕССЕ

Церна Игорь Анатольевич, канд.техн.наук, доцент<sup>1</sup>, Сидоров Александр Александрович<sup>2</sup>  
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия<sup>1</sup>, Тесис, Москва, Россия<sup>2</sup>

Одним из прогрессивных способов производства круглых в плане поковок с большим отношением диаметра к высоте ( $D/H=10—50$ ) является штамповка обкатыванием, обеспечивающая локализацию очага деформации и, как следствие, получение ряда известных положительных технологических эффектов.

Наиболее эффективным путем промышленной реализации процесса штамповки обкатыванием является использование специального оборудования, разработанного на базе гидравлических, винтовых или кривошипных прессов, конструкция которых обеспечивает наклонную установку одного из инструментов (обычно верхнего — пуансона при неподвижном нижнем — матрицы) с сообщением ему поступательного и кругового качательного движений. При этом выбор существующего и проектирование нового оборудования предполагает предварительное определение энергосиловых показателей процесса, характера течения материала заготовки и параметров очага деформации. Такая задача была решена с использованием программного комплекса [DEFORM](#) применительно к экспериментальной модели специального винтового пресса для случая штамповки обкатыванием поковки типа «ступица с фланцем» из свинцового образца в холодном состоянии до конечных размеров фланца по диаметру  $D=60$  мм и высоте  $H=3$  мм при варьируемом угле наклона пуансона (угле обкатывания) в интервале значений  $\gamma=0—5^\circ$  с шагом  $1^\circ$ .

Анализ полученных результатов выполнен сравнением параметров формоизменения на идентичных шагах моделирования в DEFORM процессов деформирования заготовки при традиционной штамповке ( $\gamma=0^\circ$ ) и штамповке обкатыванием  $\gamma=1—5^\circ$  для двухпереходной штамповки. При этом заготовка после первого перехода имеет размеры ступицы, обеспечивающие её контакт с пуансоном одновременно по верхним поверхностям ступицы и фланца и свободную от контакта наклонную поверхность ступицы.

1. Для определения характера течения материала при штамповке обкатыванием выполнен анализ изменения геометрии принятой заготовки в процессе деформирования, который представлен выборочно при  $\gamma=0^\circ$  (рис. 1) и  $\gamma=3^\circ$  (рис. 2) и позволил установить следующее.

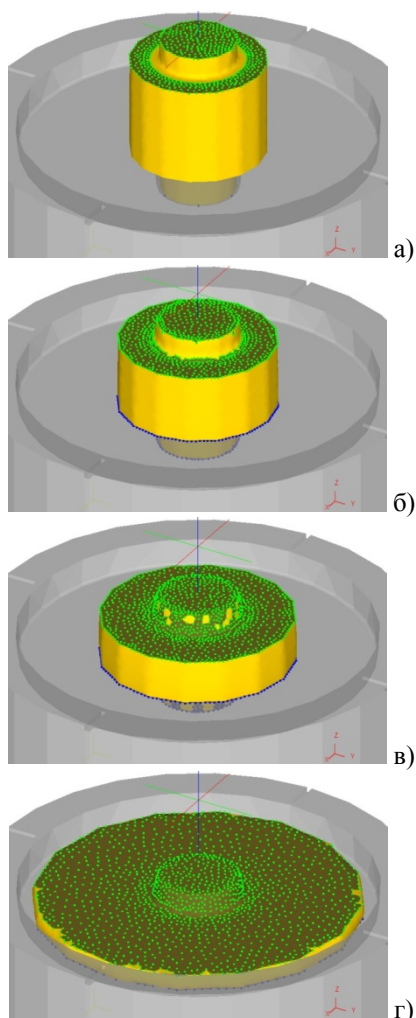


Рис. 1. Изменение геометрии заготовки при  $\gamma=0^\circ$

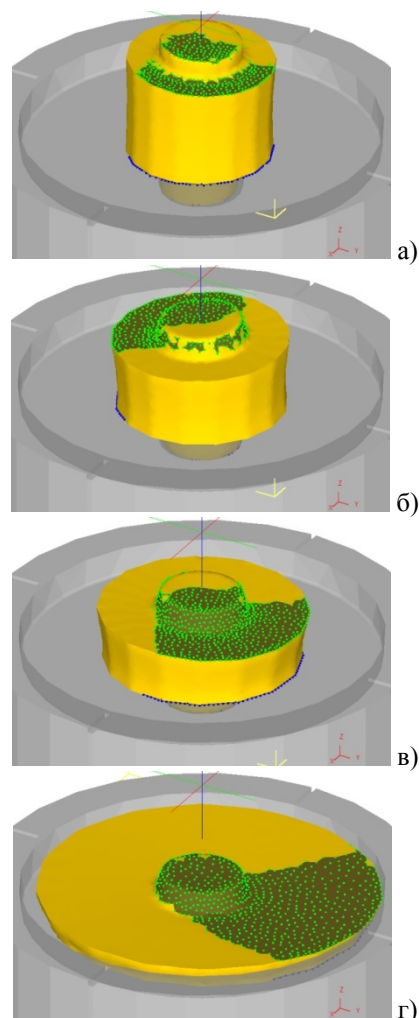


Рис. 2. Изменение геометрии заготовки при  $\gamma=3^\circ$

1.1. В обоих случаях в начале хода деформирования преимущественное формоизменение происходит во фланце. Течение металла в ступице практически отсутствует и пятно контакта заготовки с пуансоном полностью не охватывает наклонную поверхность ступицы.

Заметное заполнение ступицы начинается только к началу второй половины хода деформирования и при штамповке обкатыванием это заполнение начинается раньше, чем при традиционной штамповке (рис. 1б, 2б). Заполнение ступицы становится близким к полному только при значении толщины фланца 9 мм (рис. 1в, 2в), что соответствует 60—65% хода деформирования.

1.2. Вертикальная образующая фланца при традиционной штамповке имеет выгнутую форму на протяжении всего процесса формоизменения, образуя известную «бочку» (рис. 1, 3а). При штамповке обкатыванием вертикальная образующая фланца имеет явную вогнутую внутрь форму. Такая картина формоизменения сохраняется в течение большей части хода пуансона (рис. 1а–в) и, если заготовка не встречает внешнего радиального ограничения течению, поковка получает характерную форму (рис. 3б) с меньшим диаметром по нижней контактной поверхности и большим диаметром по верхней контактной поверхности, что связано с различными условиями контактного взаимодействия для них.

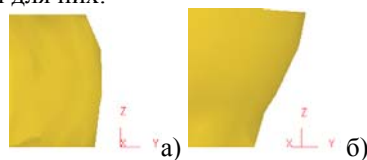


Рис. 3. Форма вертикальной образующей фланца в конце традиционной штамповки (а) и штамповки обкатыванием (б)

1.3. Площадь пятна контакта заготовки с пуансоном уменьшается с увеличением угла обкатывания (рис. 4). При этом максимальные значения данного параметра в конце хода деформирования составляют 71.4% (при  $\gamma=1^\circ$ ), 50.4% (при  $\gamma=2^\circ$ ), 41.3% (при  $\gamma=3^\circ$ ), 34.0% (при  $\gamma=4^\circ$ ), 28.6% (при  $\gamma=5^\circ$ ) относительно площади пятна контакта при традиционной штамповке. Таким образом, наиболее существенное снижение площади пятна контакта имеет место при  $\gamma=2-3^\circ$ .

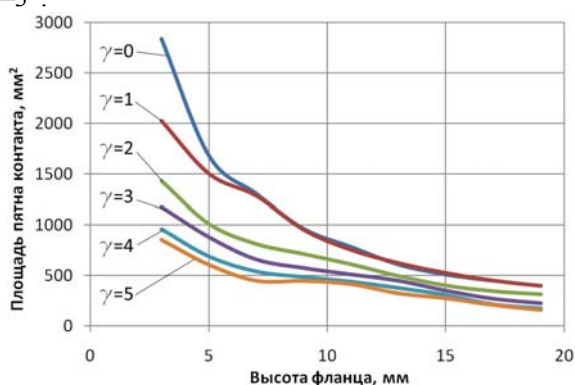


Рис. 4. Изменение площади пятна контакта заготовки с пуансоном

2. Для определения энергосиловых параметров процесса штамповки обкатыванием выполнен анализ изменения вертикальных сил и моментов деформирования в процессе формоизменения, который позволил установить следующее.

2.1. Сила деформирования (рис. 5) уменьшается с увеличением угла обкатывания и ее максимальные значения в конце хода пуансона составляют 69.8% (при  $\gamma=1^\circ$ ), 47.6% (при  $\gamma=2^\circ$ ), 41.3% (при  $\gamma=3^\circ$ ), 35.7% (при  $\gamma=4^\circ$ ), 31.3% (при  $\gamma=5^\circ$ ) относительно силы деформирования при традиционной штамповке, которая достигает величины 153.7 кН. Таким образом, существенное снижение силы деформирования имеет место при  $\gamma=2-3^\circ$ .

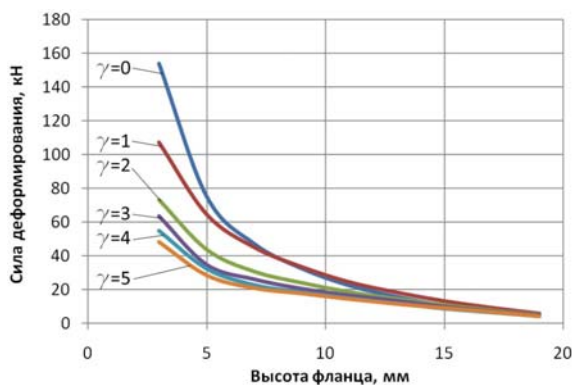


Рис. 5. Изменение силы деформирования

2.2. Момент деформирования (рис. 6) возрастает с увеличением угла обкатывания и его максимальное значение в конце хода пуансона соответствует углу обкатывания  $\gamma=4^\circ$  и достигает величины 20.5 Нм. Относительно данной максимальной величины момент деформирования при других углах обкатывания составляет 26.1% (при  $\gamma=1^\circ$ ), 69.1% (при  $\gamma=2^\circ$ ), 79.5% (при  $\gamma=3^\circ$ ), 86.8% (при  $\gamma=5^\circ$ ). Таким образом, существенный рост момента деформирования имеет место при  $\gamma=2-5^\circ$ .

2.3. Работа силы деформирования (рис. 7) уменьшается с увеличением угла обкатывания и ее максимальные значения в конце хода пуансона составляют 92.6% (при  $\gamma=1^\circ$ ), 67.7% (при  $\gamma=2^\circ$ ), 57.4% (при  $\gamma=3^\circ$ ), 51.7% (при  $\gamma=4^\circ$ ), 48.7% (при  $\gamma=5^\circ$ ) относительно работы деформирования традиционной штамповки, которая достигает величины 574.6 Дж. Таким образом, существенное снижение энергозатрат на преодоление силы деформирования имеет место при  $\gamma=2-5^\circ$ .

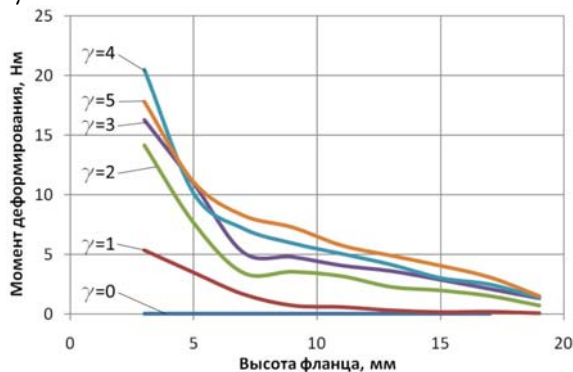


Рис. 6. Изменение момента деформирования

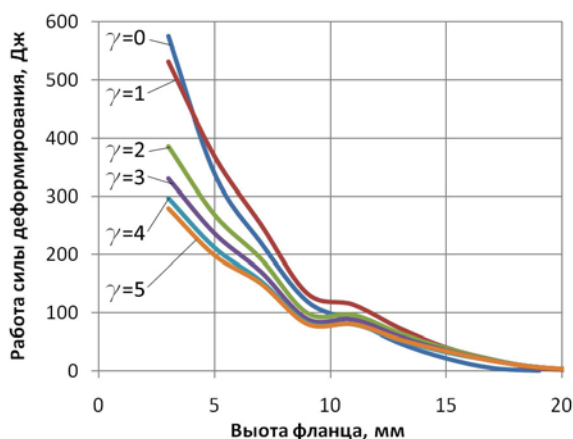


Рис. 7. Изменение работы силы деформирования

2.4. Работа момента деформирования (рис. 8) возрастает с увеличением угла обкатывания и ее максимальное значение в конце хода пуансона соответствует углу обкатывания  $\gamma=5^\circ$  и достигает величины 446.4 Дж. Относительно данной максимальной величины работа момента деформирования при других углах обкатывания составляет 17.8% (при  $\gamma=1^\circ$ ), 56.6% (при  $\gamma=2^\circ$ ), 77.8% (при  $\gamma=3^\circ$ ), 89.3% (при  $\gamma=4^\circ$ ). Таким образом, существенный рост затрат энергии на преодоление момента деформирования имеет место при  $\gamma=3-5^\circ$ .

Выполненное моделирование в системе DEFORM процесса штамповки обкатыванием позволило определить параметры очага деформации и характер течения материала заготовки, а также выбрать энергосиловые параметры технической характеристики экспериментальной модели специального винтового пресса.

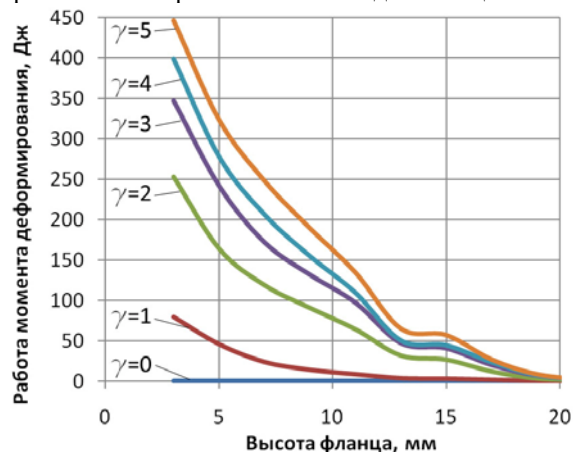


Рис. 8. Изменение работы момента деформирования