

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЯВЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА ПРИ ОСАДКЕ ВЫСОКИХ ЗАГОТОВОК ВЫПУКЛЫМИ РАДИУСНЫМИ БОЙКАМИ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАГРУЗКИ В DEFORM 3D

Р. С. Николенко^{1,a}, В. В. Кухарь¹, А. А. Сидоров²

¹ Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, Украина.

² ООО «ТЕСИС», Россия, г. Москва

Данная статья посвящена исследованию влияния различных факторов на появление продольного изгиба в процессе осадки заготовки выпуклыми радиусными бойками с эксцентриситетом нагрузки. Исследование факторов, влияющих на изогнутость заготовки, является достаточно важным при составлении технологического процесса штамповки поковок сложной конфигурации и поковок с изогнутой осью с точки зрения ресурсосбережения и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, когда необходимо достичь максимально близкого приближения формы заготовки к форме готового изделия. Исследование проводили путём моделирования процесса эксцентричной осадки в программном пакете для конечно-элементного анализа Deform 3D. По результатам исследования выявлены условия появления продольного изгиба относительно высокой заготовки при эксцентричной осадке.

Введение

В современной кузнечно-штамповочной отрасли широко используют операции предварительного профилирования заготовок для приближения их формы к конфигурации поковки. Такая подготовка формы заготовки позволяет перераспределить силовые режимы по переходам, улучшить заполнение ручьев, снизить давления на контакте инструмента и заготовки, обеспечив равномерное напряженно-деформированное состояние штампов. Различные операции предварительного профилирования позволяют в 1,4...2,0 раза повысить стойкость окончательных ручьев штампов [1]. При предварительном профилировании заготовок эксцентричной осадкой выпуклыми бойками формоизменение металла сопровождается скольжением торцевых областей заготовки по поверхности бойков, в результате чего могут возникнуть нежелательные условия выскальзывания заготовки из рабочего пространства бойков.

Известны способы подготовки формы заготовки с использованием операции предварительного деформирования осадочными плитами или штамповыми вставками вогнутого или выпуклого профиля [2]. Осадка выпуклыми продолговатыми вставками достаточно изучена как с точки зрения формоизменения, так и с точки зрения изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) [2–4]. Применение эксцентриситета при внедрении выпуклых штамповых вставок (бойков) в процессе осадки цилиндрических заготовок увеличивает варианты конфигураций предварительно профилированных заготовок, расширяя технологические возможности оборудования и номенклатуру штампуемых поковок.

Ход исследования

Исследования предварительного профилирования заготовок при эксцентричной осадке выпуклыми вставками перед последующей штамповкой начаты авторами в работах [5, 6], где получены сведения об изменении НДС и показателей формы заготовок. Очевидно, что для различных технологий возможны разные варианты реализации профилирования выпуклыми вставками в широком диапазоне эксцентриситетов при осадке, радиусов выпуклости бойков, соотношений габаритов заготовки, степеней деформаций и т.д. При этом на формоизменение существенное влияние оказывают такие граничные условия на контакте заготовки с выпуклыми бойками, как фактор трения, значение которого в предыдущих исследованиях, выполненных в программных пакетах для конечно-элементного анализа, принимали фиксированным.

Целью исследования является определение условий появления продольного изгиба в процессе эксцентричной осадки выпуклыми радиусными бойками, который зависит от ряда факторов: отношение исходной высоты заготовки к исходному диаметру H_0/D_0 , отношение радиуса выпуклости вставок деформирующего инструмента к исходному диаметру заготовки R/D_0 , степень деформации ε_n и эксцентриситета нагрузки e/D_0 .

Необходимость данного исследования обуславливается тем, что исследование факторов, влияющих на изогнутость заготовки, является достаточно важным при составлении технологического процесса штамповки поковок сложной конфигурации и поковок с изогнутой осью с точки зрения ресурсосбережения и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, когда необходимо достичь максимально близкого приближения формы заготовки к форме готового изделия.

Для относительно низких заготовок с $H_0/D_0 < 1,5$ продольный изгиб возникать не будет, а в процессе эксцентричной осадки наблюдается характерная неравномерность деформации с ярко-выраженным бочкообразованием.

Исследование проводили путём моделирования процесса эксцентричной осадки (рис. 1) в программном комплексе для конечно-элементного анализа Deform 3D (лицензия № 8145).

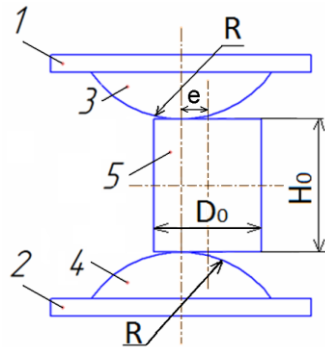


Рис. 1 – Схема выпуклых плит:

1-верхняя осадочная плита; 2- нижняя осадочная плита; 3-верхний выпуклый профиль; 4-нижний выпуклый профиль; 5-заготовка;
 R – радиус выпуклых плит; D_0 – исходный диаметр заготовки; H_0 – исходная высота заготовки; e – величина эксцентриситета

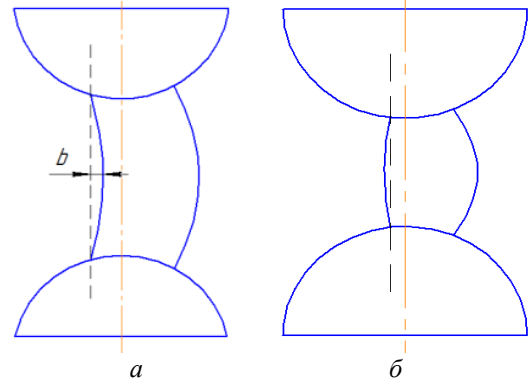


Рис. 2 – Появление продольного изгиба (а) и бочкообразования (б) в процессе осадки выпуклыми радиусными бойками с эксцентриситетом нагрузки: b – величина прогиба заготовки в процессе осадки

Материал заготовки – сталь 40, модель упрочнения взята в соответствии с условиями, предложенными пакетом. Температурные условия принимали изотермическими, температура деформации 1100 С. Моделировали осадку заготовок диаметром $D_0 = 50$ мм, высотой от $H_0 = 75$ мм до 100 мм с шагом 5 мм, т.е. соблюдали отношение $H_0 / D_0 = 1,5 - 2,0$ с шагом 0,1. Виртуальное деформирование проводили при радиусах закругления выпуклых бойков $R = 30; 50; 75$ и 112,5 мм, т.е. выдерживали отношение $R / D_0 = 0,6; 1,0; 1,5$ и 2,25. При осадке обеспечивали эксцентриситет вертикальной оси выпуклых плит и заготовки $e = 5$ мм; 7,5 мм и 12,5 мм, т.е. отношение e / D_0 составляло соответственно 0,1; 0,15 и 0,25.

На рис. 3 – 5 показаны модели заготовок, осаженных до критической степени деформации $\varepsilon_{кр}$, при которой возникает продольный изгиб, при разном значении эксцентриситета и радиуса выпуклых плит.

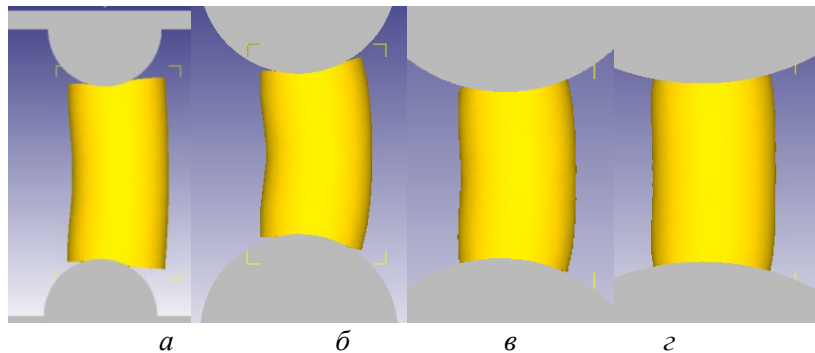


Рис. 3 – Осадка заготовки с высотой $H_0 / D_0 = 2$ и $e / D_0 = 0,1$: а - $R / D_0 = 0,6$;
 б - $R / D_0 = 1,0$; в - $R / D_0 = 1,5$; г - $R / D_0 = 2,25$

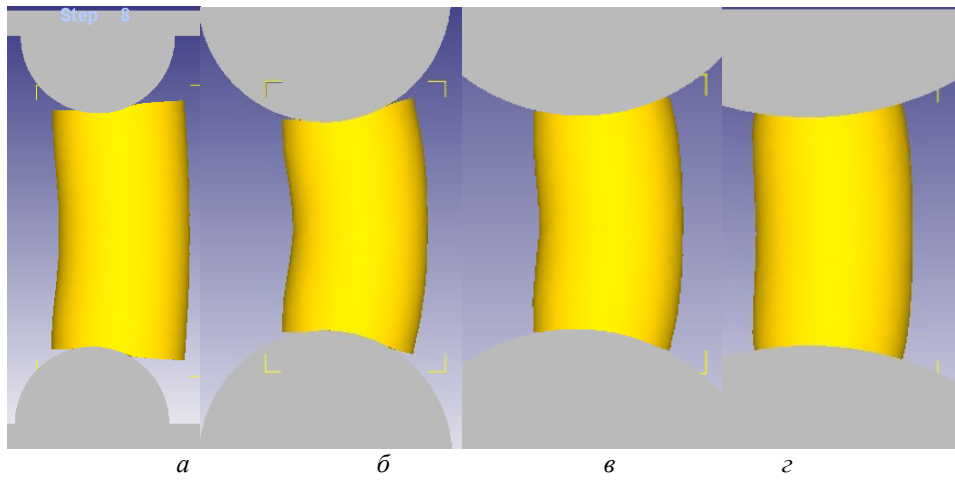


Рис. 4 – Осадка заготовки с высотой $H_0/D_0 = 2$ и $e/D_0 = 0,15$: а - $R/D_0 = 0,6$; б - $R/D_0 = 1,0$; в - $R/D_0 = 1,5$; г - $R/D_0 = 2,25$

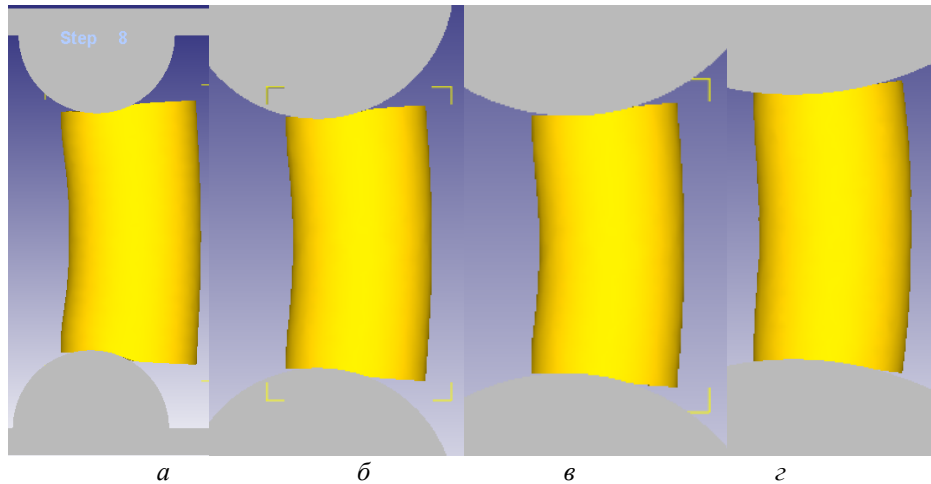


Рис. 5 – Осадка заготовки до с высотой $H_0/D_0 = 2$ и $e/D_0 = 0,25$: а - $R/D_0 = 0,6$; б - $R/D_0 = 1,0$; в - $R/D_0 = 1,5$; г - $R/D_0 = 2,25$

По результатам моделирования проведён анализ факторов, влияющих на условие появления продольного изгиба и построены графики зависимости критической степени деформации $\mathcal{E}_{кр}$ при которой возникает изгиб заготовки от величины размеров исходной заготовки H_0/D_0 , эксцентриситета нагрузки e/D_0 и радиуса выпуклой части рабочего инструмента R/D_0 (рис. 6)

Изгиб при осадке заготовки будет сохраняться только для условий $R/D_0 = 0,6$, в других случаях ($R/D_0 = 1; 1,5; 2,25$) продольный изгиб будет сохраняться до определённой степени деформации, достигнув которой, заготовка будет приобретать бочкообразную форму.

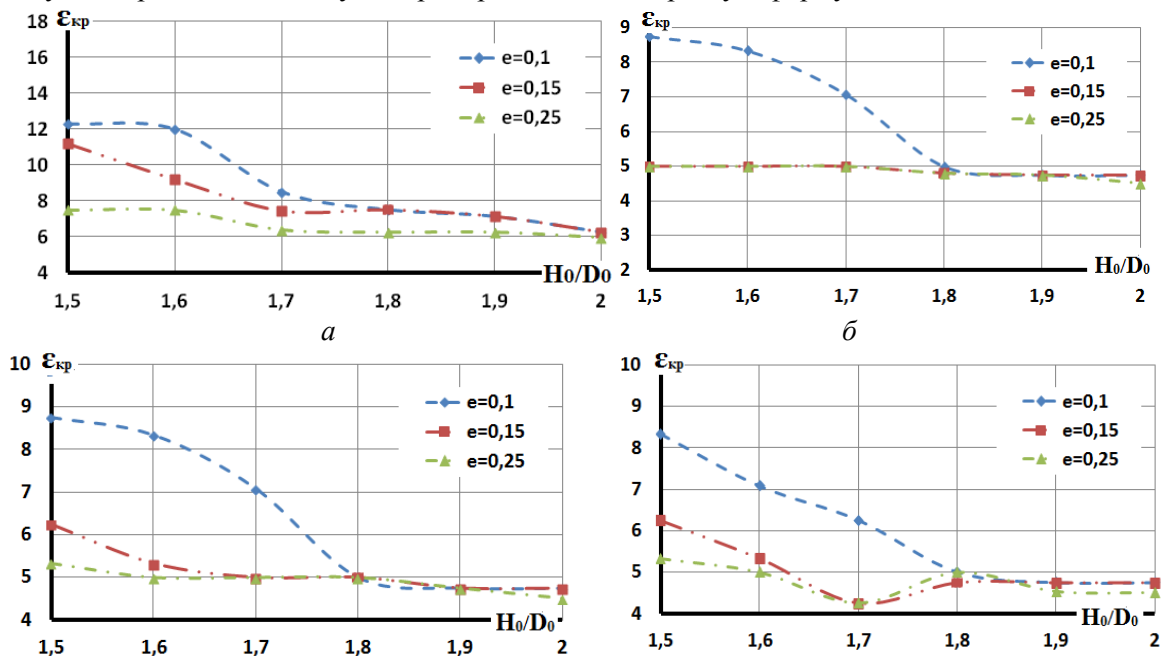


Рис. 6 – Степень деформации при которой возникает скольжение: а - $R/D_0=0,6$; б - $R/D_0=1$; в - $R/D_0=1,5$; г - $R/D_0=2,25$

По результатам моделирования построены графические зависимости появления бочкообразования от геометрических параметров заготовки и деформирующего инструмента и от эксцентриситета нагрузки (рис. 7).

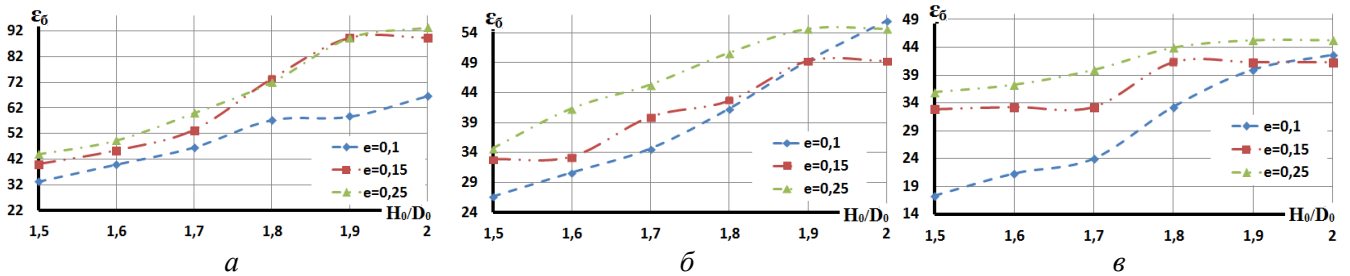


Рис. 7 – Степень деформации при которой возникает бочкообразование: а - $R/D_0=0,6$; б - $R/D_0=1$; в - $R/D_0=1,5$;

Из графиков видно, что сам процесс возникновения продольного изгиба для заготовок с $H_0/D_0 > 1,5$ происходит при малых степенях деформации и при минимальном значении эксцентриситета $e/D_0 = 0,1$. При осадке заготовок с высотой $H_0/D_0 = 1,5 - 2$; $e/D_0 = 0,1$ наблюдается минимальный продольный изгиб на малых степенях деформации, который полностью исчезает при повышении степени деформации, и заготовка приобретает выраженную бочкообразную форму. С увеличением значения H_0/D_0 и e/D_0 возрастает и степень деформации при которой исчезает продольный изгиб.

Выводы

1. Выявлены условия появления продольного изгиба относительно высокой заготовки при эксцентричной осадке выпуклыми радиусными бойками с применением пакета для конечно-элементного анализа Deform 3D.
2. Установлено, что появление продольного изгиба возможно при условии $H_0/D_0 > 1,5$ и $R/D_0 = 0,6; 1; 1,5$. При $R/D_0 = 2,25$ продольный изгиб возникает, но дуга изгиба минимальна и исчезает при незначительном увеличении степени деформации.
3. С увеличением значения H_0/D_0 , критическая степень деформации при которой возникает продольный изгиб уменьшается, а значение эксцентриситета $e/D_0 = 0,1$ не оказывает влияния на изменение критической степени деформации.
4. В перспективе, полученные данные могут быть положены в методику расчёта заготовки и технологических режимов штамповки поковок с изогнутой осью на основе предварительного профилирования заготовки выпуклыми радиусными бойками.

Список литературы

- Довнар С.А. Термомеханика упрочнения и разрушения штампов объёмной штамповки. М.: Машиностроение, 1975. 254 с.
- Гринкевич В.А., Кухарь В.В., Краев М.В., Бурко В.А. Анализ пластического формоизменения в частных задачахковки и штамповки: монография / Мариуполь: изд-во ЗАО «Газета «Приазовский рабочий», 2011. 336 с.
- Кухарь В.В., Короткий С.А., Бурко В.А. Моделирование формоизменения металла при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми продолговатыми плитами // ВісникХмельницького нац. ун-ту. – Хмельницький. 2008. № 5. С. 204–208.
- Кухарь В.В. Влияние радиусности выпуклых продолговатых осадочных плит на деформированное состояние и степень использования запаса пластичности при кузнечной осадке // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. Краматорск. 2012. № 1 (30). С. 105–111.
- Кухарь В.В., Николенко Р.С. Исследование напряженно-деформированного состояния заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки // Проблеми трибології (Problems of Tribology). 2012. № 3. С. 132–136.
- Кухарь В.В., Каргин Б.С., Николенко Р.С. Исследование формоизменения заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки // ВісникНаціонального технічного університету «ХПІ»: Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2012. № 46. С. 71–76.