

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ВЫСОКИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ОСАДКЕ ВЫПУКЛЫМИ ПЛИТАМИ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАГРУЗКИ

Выполнено конечно-элементное моделирование профилирования относительно высоких заготовок осадкой выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки. Получены графики зависимостей показателей формоизменения профилированной заготовки от степени обжатия при фиксированном эксцентриситете нагрузки и различных величинах отношения радиуса выпуклости плит к диаметру заготовки.

Ключевые слова: высокая заготовка, профилирование, осадка, выпуклые плиты, эксцентриситет, формоизменение.

Введение. Предварительное профилирование заготовок перед объемной штамповкой является эффективным способом сокращения потерь материала с облоем, снижения затрат на последующую механическую обработку поковок, повышения стойкости штампового инструмента. Наиболее актуальными вопросы профилирования заготовок остаются для процессов горячей объемной штамповки, в которых штампы, подвергаясь интенсивному ударно-абразивному износу, воздействию высоких температур и давлений, работают в весьма неблагоприятных условиях [1]. Подготовка формы заготовки позволяет перераспределить силовые нагрузки по переходам, улучшить заполнение ручьев, снизить контактные давления, обеспечив лучшее напряженно-деформированное состояние инструмента. Введение предварительного профилирования позволяет в 1,4...2 раза повысить стойкость окончательных ручьев [1]. К профилированию заготовок предъявляют требования экономической целесообразности и быстрой перестройки на новую структуру технологического процесса, что затрудняет использование дополнительного специализированного профилирующего оборудования.

Наибольшую перспективу представляет развитие способов профилирования на основном штамповочном оборудовании, причем на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) использование подготовительно-заготовительных переходов является особо сложным из-за постоянства величины рабочего хода главного исполнительного механизма. В настоящее время разработан ряд бесштамповых технологий подготовки заготовок под объемную штамповку [2], в частности, основанных на процессах осадки выпуклыми плитами. Данные технологии успешно применены при производстве при производстве поковок пластин, пластин с отростками и со сложной формой поперечного сечения [3].

Анализ последних исследований и публикаций. Осадка выпуклыми продолговатыми плитами достаточно изучена как с точки зрения развития формоизменения [4], так и с точки зрения изменений напряженно-деформированного состояния [5]. Технологии, включающие осадку выпуклыми плитами, успешно использованы в промышленности [3], однако номенклатура изделий, под которые данный способ профилирования оптимально подходит, не является распространенной. Для расширения технологических возможностей заготовительных операций, выполняемых на КГШП, предложено рассмотреть процесс осадки выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом их внедрения в торец цилиндрической заготовки. В работах [6, 7] начато исследование процесса осадки заготовок выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки. В частности изучено развитие напряженно-деформированного состояния [6] и формоизменения [7] при осадке заготовок с отношением высоты (H_0) к диаметру (D_0) $H_0/D_0 = 1,0$ плитами с радиусом выпуклости $R = 30$ мм, 50 мм, 75 мм, 112,5 мм, т. е. с отношением $R/D_0 = 0,6; 1,0; 1,5$ и 2,25.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Заготовки с отношением $H_0/D_0 > 1,0$ называют относительно высокими [8] из-за особенностей напряженно-деформированного состояния (уменьшение влияния условий контактного трения на напряженно-деформированное состояние заготовки). Предварительно полученные данные свидетельствуют о том, что осадка выпуклыми плитами заготовок с отношением $H_0/D_0 > 1,5$ с эксцентриситетом осей заготовки и инструмента сопровождается продольным изгибом. Данное явление целесообразно положить в основу технологических решений по производству поковок с изогнутой осью, однако закономерности формоизменения относительно высоких заготовок при профилировании осадкой выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки до настоящего времени не изучены. Для ориентации подготовительной операции на последующее окончательное формоизменение заготовки необходимо комплексное исследование закономерностей формоизменения при принятом способе получения фасонной заготовки.

Постановка цели и задач исследования. Целью работы является выявление закономерностей формоизменения заготовок с отношением $H_0/D_0 = 2,0$ при осадке выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом внедрения данных плит в торец заготовки.

Для достижения указанной цели исследований необходимо выполнить моделирование процесса осадки относительно высоких заготовок в пакете конечно-элементного анализа, выделить основные показатели формоизменения и установить их зависимость от степени осадки и отношения радиуса выпуклых плит к диаметру заготовки (R/D_0). Изучение формоизменения целесообразно провести при обоснованной в работах [6, 7] максимальной величине эксцентриситета $e = 0,25D_0$.

Основной материал и результаты. Исследование проводили с использованием пакета для конечно-элементного анализа Deform 3D. Объектом моделирования был процесс осадки цилиндрической заготовки с диаметром $D_0 = 50$ мм и высотой $H_0 = 100$ мм (отношение $H_0/D_0 = 2,0$). Материал заготовки — сталь 45, при этом модель упрочнения материала для широкого диапазона температурно-скоростных условий, также как и граничные условия, приняты в виде, рекомендованном пакетом для моделирования. Температурные условия принимали изотермическими. Температура деформации 1100 °С, что соответствует первому переходу штамповки-профилирования. Заданное количество конечных элементов составляло 10 000 шт., однако, после генерации сетки, количество элементов было принято 8 242 шт. Коэффициент контактного трения при деформации, согласно рекомендациям источника [9], принимаем $f = 0,3$. Результаты моделирования в широком диапазоне отношений радиуса осадочных плит R к диаметру заготовки D_0 предполагается, в перспективе, проверить экспериментально путём осадки на испытательной машине, поэтому скорость деформирования принимали $v = 1$ мм/с.

Моделировали процесс осадки до относительных степеней обжатия $\varepsilon = (\Delta h/H_0) \times 100 = 70$ %, где $\Delta h = (H_0 - H)$ – величина хода инструмента (абсолютное обжатие), мм. Значение эксцентриситета при осадке,

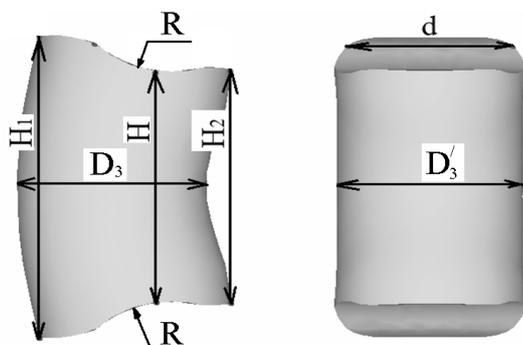


Рис. 1. Твердотельная модель заготовки после осадки

т. е. несовпадение оси заготовка и вертикальной оси осадочных плит, принимали $e = 12,5$ мм. Для исследования формоизменения заготовок предложена схема контролирования конечных размеров профилированной заготовки. Отношения конечных геометрических размеров заготовки являются безразмерными показателями, характеризующими развитие неравномерности деформации в продольном, поперечном и высотном направлениях. За основные показатели приняты отношения (рис. 1): H_1/H_0 ; H_2/H_0 ; H_1/H_2 ; D_3/D_0 ; D_3/D'_3 ; d/D_3 , где H_1 и H_2 – высота краевых

участков полуфабриката после осадки, D_3 и D'_3 – диаметральные размеры полуфабриката в центральной зоне по длине и ширине после осадки, d – ширина приторцевой зоны.

Исследование формоизменения проводили в диапазоне степеней обжатий ε от 20 до 70 %. Для определения влияния величины радиуса R выпуклости осадочных плит на параметры формоизменения принимали значения $R = 30; 50; 75$ и $112,5$ мм, т. е. относительный радиус составлял $R/D_0 = 0,6; 1,0; 1,5$ и $2,25$.

Результаты моделирования изменения принятых макропоказателей в процессе осадки выпуклыми плитами с различным отношением R/D_0 и эксцентриситетом нагрузки $e = 10,5$ мм представлены на рис. 2.

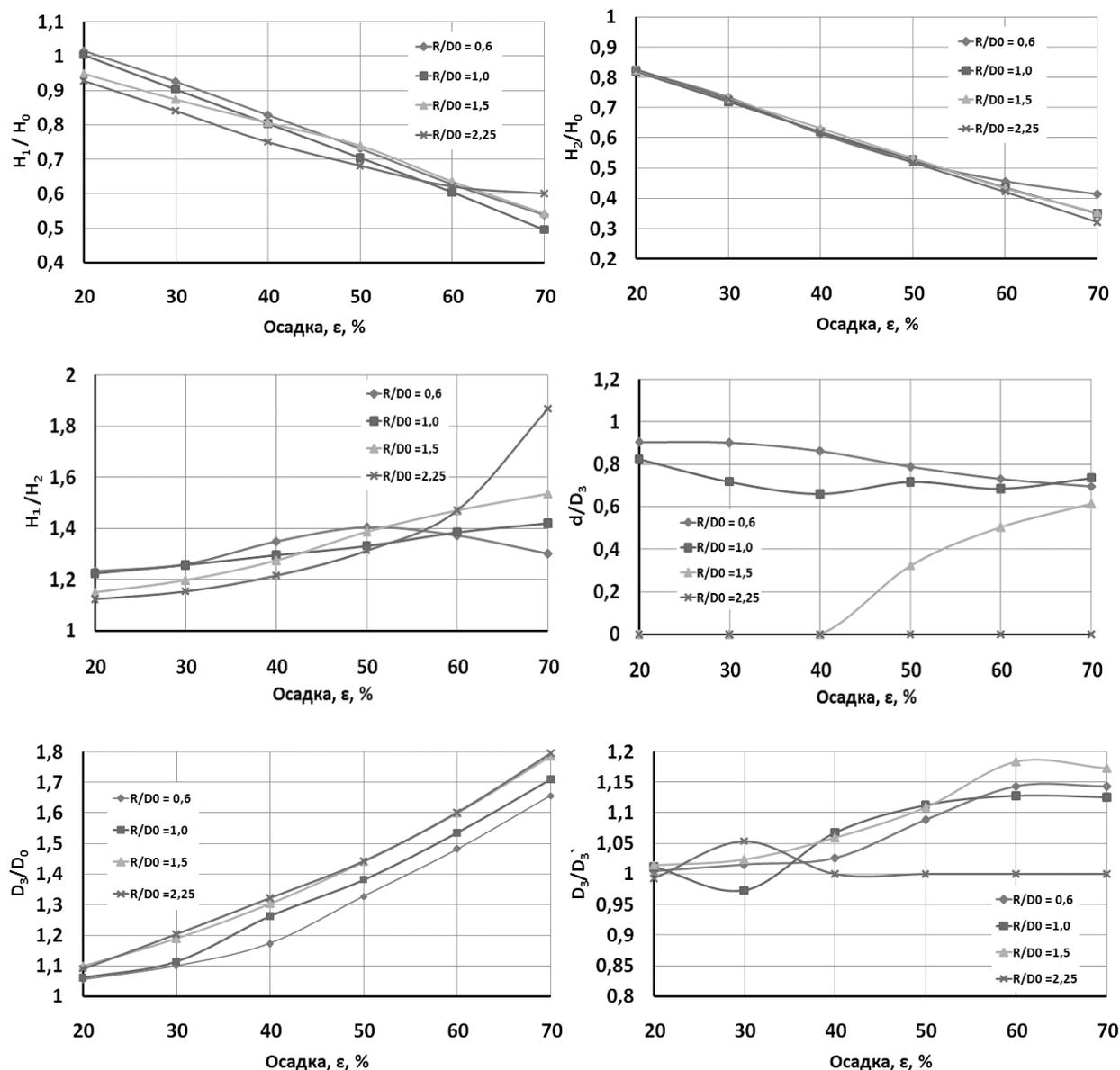


Рис. 2. Зависимости макропоказателей формоизменения при осадке заготовок

График зависимости $H_1/H_0 = f(R/D_0; \varepsilon)$ при $e = 12,5$ мм показывает, что при значениях от $R/D_0 = 0,6$ до $R/D_0 = 2,25$ происходит пропорциональное уменьшение высоты краевого участка противоположного направлению смещения эксцентриситета нагрузки, однако при значениях $R/D_0 > 2,25$ и степени деформации $\varepsilon > 60$ % значение параметра H_1 возрастает за счёт полного обтекания металла поверхности рабочего инструмента. В тоже время значение показателя $H_2/H_0 = f(R/D_0; \varepsilon)$ с ростом степени обжатия уменьшается, а влияние параметра R/D_0 проявляется незначительно.

Для обеспечения стабильности формоизменения было предложено ограничивать высоту выпуклости профиля плиты h_p (рис. 3). При такой конструкции инструмента продольно изогнутая заготовка со стороны максимальной высоты упирается в плоскость осадочной плиты, на которой крепиться профиль выпуклой вставки, что исключает выкалывание заготовки из зоны деформации (см. рис. 3).

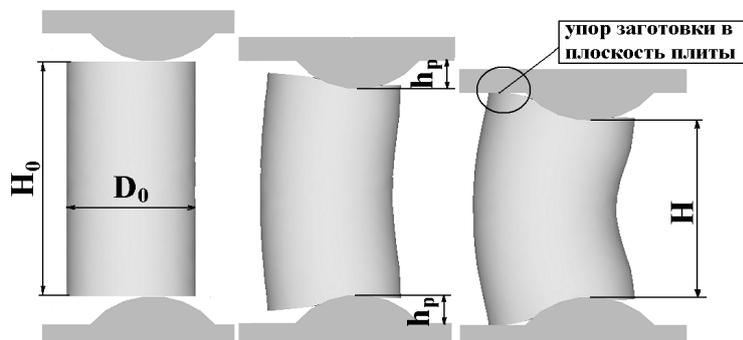


Рис. 3. Процесс осадки с искусственным упором

Выводы. На основе использования метода конечных элементов изучены основные закономерности формоизменения при осадке с эксцентриситетом внедрения выпуклых продолговатых плит в торцы заготовок с отношением $H_0/D_0 = 2,0$. Выявлено, наличие эксцентриситета внедрения выпуклых плит в торцы относительно высоких заготовок приводит к их продольному изгибу. Показано, что изменение радиуса выпуклости профиля осадочных плит оказывает существенное влияние на показатели формоизменения. Для повышения стабильности формоизменения при осадке относительно высоких заготовок предложено ограничивать высоту профиля выпуклых плит.

Литература

1. Довнар, С.А. Термомеханика упрочнения и разрушения штампов объёмной штамповки [Текст] / С.А. Довнар. – М.: Машиностроение, 1975. – 254 с.
2. Гринкевич, В.А. Бесштамповое профилирование на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях [Текст] / В.А. Гринкевич, В.В. Кухарь, К.К. Диамантопуло // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2010. – № 5. – С. 19–23.
3. Совершенствование технологии штамповки на КГШП поковок для деталей поглощающих аппаратов [Текст] / В.В. Кухарь, В.А. Бурко, С.А. Короткий, Е. Ю. Балалаева // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. – Краматорск: ДГМА, 2010 – № 3 (24). – С. 69–75.
4. Кухарь, В.В. Моделирование формоизменения металла при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми продолговатыми плитами [Текст] / В.В. Кухарь, С.А. Короткий, В.А. Бурко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2008. – № 5. – С. 204–208.
5. Кухарь, В.В. Влияние радиусности выпуклых продолговатых осадочных плит на деформированное состояние и степень использования запаса пластичности при кузнечной осадке [Текст] / В.В. Кухарь // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2012. – № 1 (30). – С. 105–111.
6. Кухарь, В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки [Текст] / В.В. Кухарь, Р.С. Николенко // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2012. – № 3. – С. 132–136.
7. Кухарь, В.В. Исследование формоизменения заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки [Текст] / В.В. Кухарь, Б.С. Каргин, Р.С. Николенко // Вісник національного технічного університету «ХПИ». – Харків: НТУ «ХПИ», 2012. – № 46 (952). – С. 71–76.
8. Теория обработки металлов давлением [Текст] / И.Я. Тарновский, А.А. Поздеев, О.А. Ганаго и др.; под ред. И.Я. Тарновского. – М.: Металлургиздат, 1963. – 672 с.
9. Грудев, А.П. Трение и смазки при обработке металлов давлением [Текст]: справ. / А.П. Грудев, Ю.В. Зильберг, В.Т. Тилик. – М.: Металлургия, 1982. – 312 с.

© В.В. Кухарь, Р.С. Николенко

В.В. Кухар, к.т.н., проф., Р.С. Ніколенко, магістр, інженер
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМОЗМІНИ ВІДНОСНО ВИСОКИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ОСАДЖУВАННІ ОПУКЛИМИ ПЛИТАМИ З ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАВАНТАЖЕННЯ

Виконано скінчено-елементне моделювання профілювання відносно високих заготовок осаджуванням випуклими плитами з ексцентриситетом навантаження. Отримані графіки залежностей показників формозміни профільованої заготовки від ступеня обтиснення при фіксованому ексцентриситеті навантаження та різних величинах відношення радіуса опуклості плит до діаметра заготовки.

Ключові слова: висока заготовка, профілювання, осаджування, опуклі плити, ексцентриситет, формозміна.

V.V. Kukhar, Ph.D., Professor, R.S. Nikolenko, M.Sc., Engineer
SHEI «Priazovskyi State Technical University», Mariupol

SIMULATION OF THE FORM CHANGING OF RELATIVITY HIGH WORKPIECES DURING UPSETTING BY CONVEX PLATES WITH ECCENTRICITY OF THE LOAD

Finite element simulation of profiling of upsetting of relativity high billets by convex plates with eccentricity of the load was executed. Graphics of depending of form-changing indexes of profiled work-piece from degree of upsetting with fixed eccentricity of the load and different relations of radius of convexity plates to diameter of the work-piece were obtained.

Keywords: high billet, profiling, upsetting, convex plates, eccentricity, form-changing.

УДК 621.979

Ю.П. Бородий, ассист., В.А. Маковей, к.т.н., доц.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗНОСОСТОЙКОГО СЛОЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ

В материалах статьи приведены результаты экспериментальных исследований влияния различных комбинированных методов поверхностного упрочнения рабочих элементов штампов для разделительных операций. Определены наиболее оптимальные режимы их обработки на основе поверхностного пластического деформирования шариком и электроискровым легированием различных материалов режущих кромок оснастки.

Ключевые слова: штамп, поверхностное упрочнение, комбинированное упрочнение, электроискровое легирование, поверхностное пластическое деформирование (ППД).

Актуальность проблемы. В современных условиях рыночной экономики повышается спрос на конкурентоспособную промышленную продукцию, современные технически совершенные изделия. Это требует систематического и быстрого их внедрения в производство, повышения производительности и качества изделий.