

**Кухарь В.В.,
Николенко Р.С.**
Приазовский государственный
технический университет,
г. Мариуполь, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВОК ПРИ ПРОФИЛИРОВАНИИ ВЫПУКЛЫМИ ПЛИТАМИ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАГРУЗКИ

Введение

Внедрение в производство прогрессивных процессов обработки материалов давлением с максимальным приближением формы заготовки к форме готового изделия, т.е. с предварительным профилированием, позволяет значительно сократить потери материала в облой и заусенец, снизить затраты на последующую механическую обработку, а также повысить стойкость штампового инструмента.

Наиболее актуальными вопросы профилирования заготовок остаются для процессов горячей объёмной 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 режимы по переходам, улучшить заполнение ручьев, снизить контактные давления, обеспечив лучшее напряженно-деформированное состояние (НДС) инструмента, которое напрямую связано с НДС штампуемого материала. Введение предварительного профилирования позволяет в 1,4 ... 2 раза повысить стойкость окончательных ручьев [1]. Кроме того, выбранный способ профилирования заготовки должен быть экономически целесообразным и соответствовать требованиям быстрой перестройки структуры технологических процессов на новую номенклатуру изделий без использования дополнительного специализированного оборудования.

С данной точки зрения наиболее перспективным направлением является развитие способов профилирования на основном штамповочном оборудовании, причем на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) использование подготовительно-заготовительных переходов особо затруднено из-за постоянства величины рабочего хода главного исполнительного механизма. Поэтому в настоящее время разработан ряд бесштамповых технологий подготовки заготовок под объёмную штамповку [2], в частности процессы осадки выпуклыми плитами, которые дают достаточно хорошие результаты.

Анализ последних исследований и публикаций

Применение осадки выпуклыми сферическими плитами известно в процессахковки [3], когда данная операция способствует улучшению проработки внутренних слоёв слитков. Осадку выпуклыми продолговатыми плитами достаточно изучена как с точки зрения развития формоизменения [4], так и с точки зрения изменений НДС [5]. Технологии, включающие осадку выпуклыми плитами, успешно использованы в промышленности [6], однако номенклатура изделий, под которые данный способ профилирования оптимально подходит, не является распространённой. Для расширения технологических возможностей заготовительных операций, выполняемых на КГШП, предложено рассмотреть процесс осадки выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом их внедрения в торец цилиндрической заготовки (рис. 1). Исследование НДС позволит технологам научно-обоснованно выбирать режимы профилирования с ориентацией на последующие формоизменяющие (штамповочные) операции.

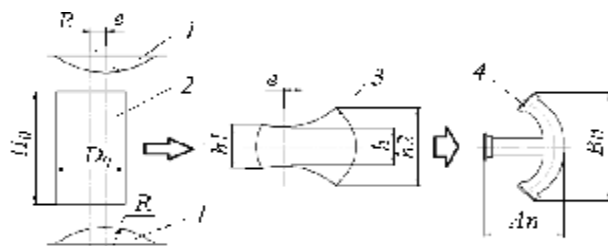


Рис. 1 – Переходы штамповки сложной поковки с предварительным профилированием заготовки осадкой выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом:

- 1 – осадочные плиты с радиусом выпуклости R ; 2 – исходная заготовка диаметром D_0 и высотой H_0 ;
- 3 – профилированная заготовка (размеры h , h_1 и h_2); 4 – поковка без облой (габариты A_n и B_n);
- e – эксцентриситет оси плит и оси заготовки

Цель исследований

Целью работы является исследование влияния величины радиуса выпуклых осадочных продолговатых (цилиндрических) плит при пластической осадке с фиксированным эксцентриситетом внедрения данных плит в торец заготовки на напряженно-деформированное состояние материала.

Изложение основного материала

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 $H_0 = 50$ мм (отношение $H_0/D_0 = 1,0$). Температурные условия принимали изотермическими, температура деформации 1100 °С. Заданное количество конечных элементов составляло 10000 шт., однако, после генерации сетки, количество элементов было принято 7847 шт. Материал заготовки – сталь 45, при этом модель упрочнения, также как и граничные условия, взяты в соответствии с условиями, предложенными программой. Коэффициент контактного трения при деформации, согласно рекомендациям источника [7], принимаем $f = 0,3$. В связи с тем, что результаты моделирования в широком диапазоне отношений радиуса осадочных плит R к диаметру заготовки D_0 предполагается проверить экспериментально путём осадки на испытательной машине, скорость деформирования принята $v = 1$ мм/с.

Осадку выполняли до относительных степеней обжатия $\varepsilon_h = (\Delta h / H_0) \times 100\% = 70\%$, где Δh – величина хода инструмента (абсолютное обжатие), мм. Значение эксцентриситета при осадке, т.е. несовпадение оси заготовки и вертикальной оси осадочных плит, принимали $e = 12,5$ мм. Для определения влияния величины радиуса выпуклости осадочных плит на характеристики НДС заготовки, проводили моделирование осадки при $R = 30$ мм; 50 мм; 75 мм и 112,5 мм, т.е. относительный радиус составлял $R/D_0 = 0,6; 1,0; 1,5$ и $2,25$.

Результаты моделирования в виде осажённых заготовок с распределением интенсивностей напряжений σ_i и интенсивностей деформаций ε_i на боковой поверхности приведены в табл. В связи с наличием эксцентриситета при осадке параметры НДС на поверхности заготовки распределяются неравномерно. Наибольшие значения параметров НДС характерны для середины высоты заготовки в областях, находящихся на оси движения осадочных плит.

Для удобства отслеживания изменений ε_i и σ_i на различных участках заготовки с ростом величины ε_h от 20 % до 70 %, выделим в твердотельной модели характерные точки-маркеры (рис. 2), в которых будем проводить идентификацию НДС:

- точка № 1 – на середине высоты боковой поверхности левой части заготовки;
- точка № 2 – на середине высоты боковой поверхности правой части заготовки;
- точка № 3 – на контактной поверхности по оси симметрии плит (в плоскости максимального локального обжатия);
- точка № 4 – на боковой поверхности по оси симметрии плит;
- точка № 5 – в центральной части заготовки на пересечении оси симметрии плит с горизонтальной осью симметрии заготовки.



Рис. 2 – Твердотельная модель осажённой заготовки (а) и её половина по продольному разрезу (б) с обозначенными точками-маркерами для исследования изменений НДС

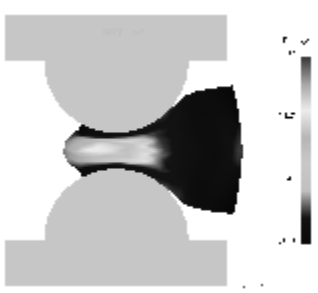
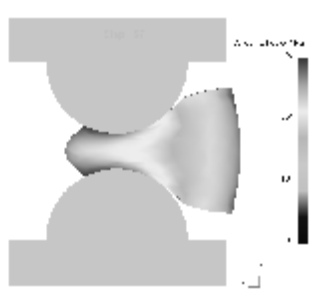
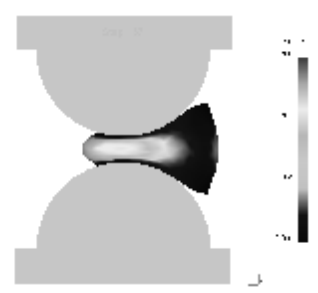
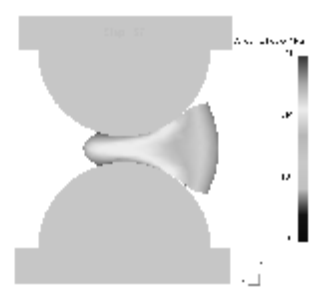
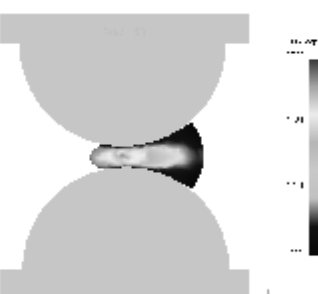
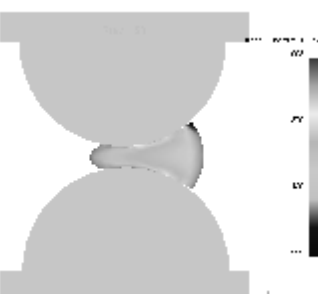
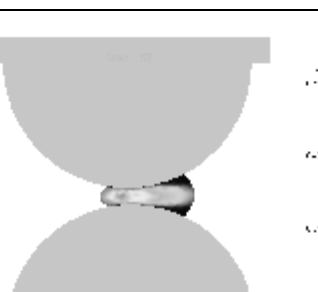
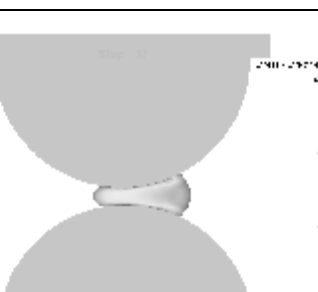
Изменение интенсивностей напряжений и интенсивностей деформаций в указанных точках с увеличением обжатия ε_h при различном отношении R/D_0 показано на рис. 3.

Анализируя график $\sigma_i = f(\varepsilon_h; R/D_0)$ (рис. 3) отметим общую тенденцию к увеличению значений интенсивности напряжений с ростом обжатия ε_h . Причём наименьшие значения σ_i соответствуют точке № 2, а максимальные – точке № 3, где сильно влияние давления на контакте. Отметим, что при малых величинах R/D_0 в точке № 2 наблюдаются меньшие значения σ_i , чем при большем соотноше-

нии R/D_0 . С увеличением отношения R/D_0 при осадке наблюдается уменьшение значений σ_i в точке № 3, что связано с перераспределением давления на контакте по большей опорной площади.

Таблица

**Результаты моделирования эксцентричной осадки заготовки ($H_0 = 50$ мм, $D_0 = 50$ мм)
выпуклыми продолговатыми осадочными плитами до $\varepsilon_h = 70$ %**

Радиус (относительный радиус) выпуклости осадочных плит	Интенсивность деформаций, ε_i	Интенсивность напряжений, σ_i , МПа
$R = 30$ мм ($R/D_0 = 0,6$)		
$R = 50$ мм ($R/D_0 = 1,0$)		
$R = 75$ мм ($R/D_0 = 1,5$)		
$R = 112,5$ мм ($R/D_0 = 2,25$)		

Аналогичным образом представлены графики изменения распределения ε_i в различных точках с увеличением деформационных обжатий (рис. 3).

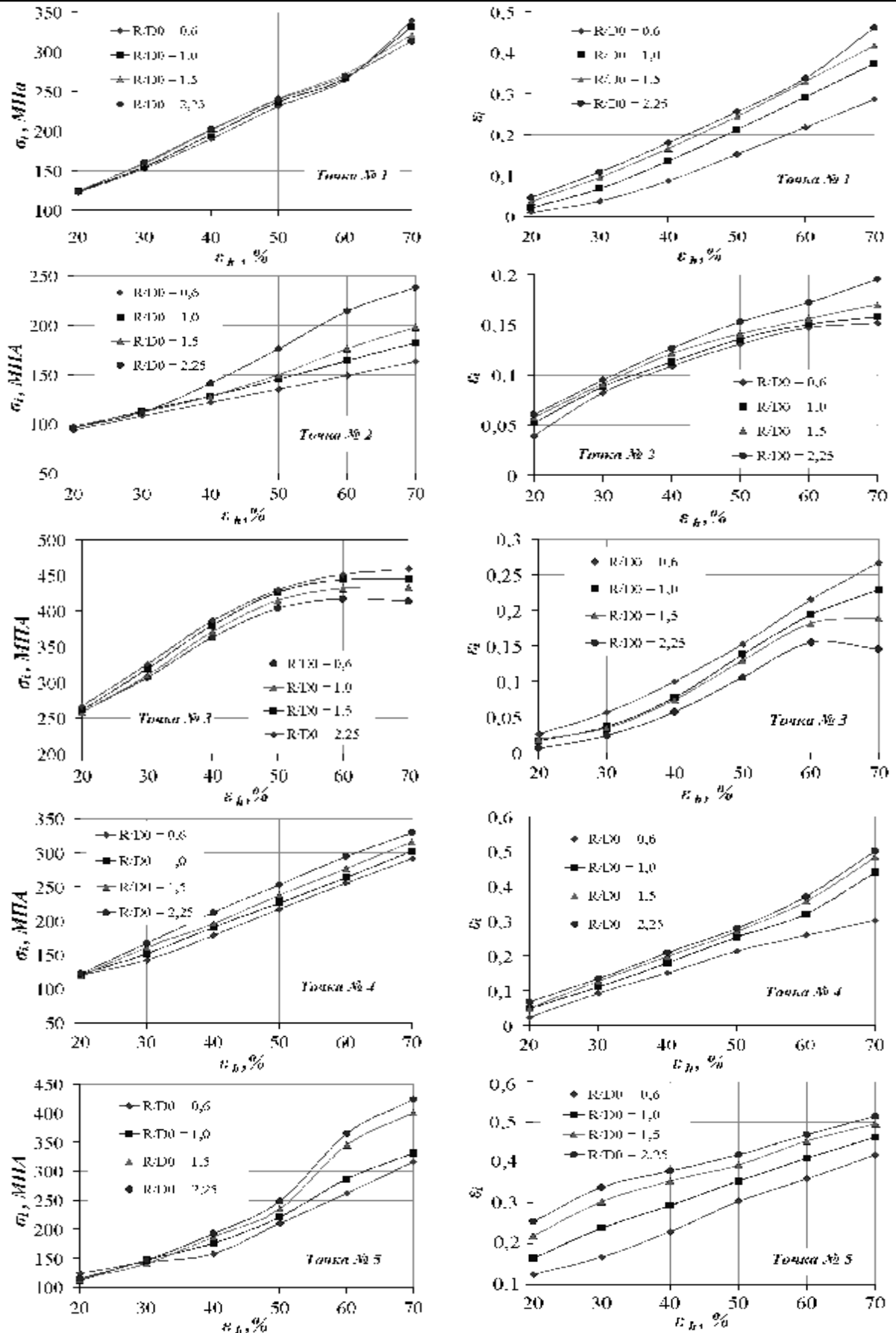


Рис. 3 – Зависимости распределения интенсивностей напряжений (σ_i) и интенсивностей деформаций (ϵ) в процессе осадки с эксцентриситетом ($e = 12,5$ мм) от отношения R/D_0 для различных точек-маркеров ($R/D_0 = R/D_0$)

Анализируя график $\varepsilon_i = f(\varepsilon_h; R/D_0)$ необходимо отметить, что с ростом обжатия ε_h также наблюдается общее увеличение значений интенсивностей деформаций. Причём наименьшее значение ε_i соответствует точке № 2, а максимальное – точке № 4. Следует заметить, что в точке № 3, несмотря на существенные значения полей интенсивностей напряжений, величины интенсивностей деформаций сравнительно невелики, что связано с незначительным искажением сетки из-за влияния сил трения на контакте инструмента и пластически деформируемой заготовки. При малых величинах R/D_0 значения ε_i в точке № 2 регистрируются меньшие, чем при большем соотношении R/D_0 . С увеличением отношения R/D_0 при осадке происходит возрастание значений ε_i в точке № 4. Для контактной точки № 3 характерно увеличение значений ε_i с ростом отношения R/D_0 .

Также значительное изменение в сторону увеличения характеристик НДС наблюдается в точке № 5, причём с ростом R/D_0 величины σ_i и ε_i возрастают.

Выводы

На основе полученных результатов моделирования установлено, что в начальный момент осадки интенсивности напряжений и деформаций локализируются в контактных зонах заготовки с инструментом, а увеличение обжатия приводит к переносу акцента значений параметров НДС от контактной поверхности к центру и периферии заготовки в её горизонтальной плоскости симметрии.

Выявлено, что при осадке с эксцентриситетом приложения нагрузки параметры НДС материала на боковой поверхности зависят от величины отношения R/D_0 и распределяются неравномерно. Области максимальных значений σ_i и ε_i смещаются к левому краю заготовки (в сторону эксцентриситета приложения нагрузки). Во всех точках, кроме точки № 3, с увеличением R/D_0 наблюдается общее увеличение значений интенсивности напряжений и интенсивности деформаций.

Перспективным направлением исследований процесса осадки выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом приложения нагрузки является изучение и аналитическое описание закономерностей формоизменения заготовки при предварительном профилировании с точки зрения разработки методики расчета переходов штамповки, а также оценка преимуществ профилирования, связанных со снижением опасных напряжений в штамповых ручьях для окончательных переходов.

Литература

1. Довнар С.А. Термомеханика упрочнения и разрушения штампов объёмной штамповки / С.А. Довнар. – М.: Машиностроение, 1975. – 254 с.
2. Гринкевич В.А. Бесштамповое профилирование на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях / В.А. Гринкевич, В.В. Кухарь, К.К. Диамантопуло // Кузнечно-штамповочное пр-во. Обработка материалов давлением. – 2010. – № 5. – С. 19-23.
3. Гарновский И.Я. Свободная ковка на прессах / И.Я. Гарновский, В.Н. Трубин, М.Г. Златкин – М.: Машиностроение, 1967. – 328 с.
4. Кухарь В.В. Моделирование формоизменения металла при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми продолговатыми плитами / В.В. Кухарь, С.А. Короткий, В.А. Бурко // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – 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 / В.В. Кухарь // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2012. – № 1 (30). – С. 105-111.
6. Совершенствование технологии штамповки на КГШП поковок для деталей поглощающих аппаратов / В.В. Кухарь, В.А. Бурко, С.А. Короткий, Е.Ю. Балалаева // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2010. – № 3 (24). – С. 69-75.
7. Грудев А.П. Трение и смазки при обработке металлов давлением: справочник / А.П. Грудев, Ю.В. Зильберг, В.Т. Тилик. – М.: Металлургия, 1982. – 312 с.

Надійшла 14.08.2012