

Липчанский А.А.¹, асп., Каргин Б.С.¹, к.т.н., проф.

¹ - Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина, SashaLipchanskiy@mail.ru

АНАЛИЗ НАПРЯЖЁНО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКЕ ДНИЩ

Lypchanskiy O.O.¹, Kargin B.S.¹.

¹ - State higher educational institution «Priazovsky state technical University», Mariupol, Ukraine, SashaLipchanskiy@mail.ru

ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE AT HOT SHEET STAMPING OF BOTTOMS

Представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния при вытяжке днищ в матрице с вытяжным ребром. Использован пакет конечно-элементного анализа DeForm-2D. Установлено распределение логарифмической деформации, интенсивность деформации и интенсивности напряжения в заготовке при вытяжке с прижимом. Отмечено, что предлагаемая методика расчета горячей листовой штамповки днищ позволяет более достоверно прогнозировать появление признаков брака при проектировании технологических операций листовой штамповки.

Ключевые слова: моделирование, напряженно-деформированное состояние, заготовка, матрица, вытяжное ребро.

Введение

К числу наиболее важных оболочковых деталей машиностроения относятся крупногабаритные тонкостенные днища двойной кривизны сферообразной, эллиптической, куполообразной и других форм, большинство которых изготавливается способами листовой штамповки на прессах, что объясняется высокой производительностью данного метода и наличием значительного парка прессового оборудования в стране.

В настоящее время разработано достаточно много способов изготовления крупногабаритных днищ. К одному из наиболее часто используемых способов можно отнести горячую штамповку с применением верхнего прижима, устанавливаемого для предупреждения образования складок на верхнем участке заготовки, находящемся за пределами рабочего скругления матрицы, т. е. на участке, называемом фланцем заготовки. Во многих случаях рабочие поверхности прижимного кольца и матрицы выполняются плоскими, однако такая конструкция не позволяет штамповать тонкостенные днища большого диаметра за один переход.

Нами предложено изготавливать днища за один переход используя матрицу с вытяжным ребром (рис.1). Конструкции подобного типа применяют при вытяжке полусферических днищ [2, 3]. Предложенная конструкция матрицы позволяет штамповать днища толщиной 10 мм и диаметром 3200 мм за один переход без контроля силы прижима, так как прижимное кольцо только изгибает фланец заготовки, а на конечной стадии прижима остается зазор между прижимным кольцом и матрицей.

Как показывают работы [4-7], достаточно актуальным являются исследование технологических параметров изготовления днищ, основным из которых является напряженно-деформированное состояние. Анализ производственных наблюдений показал, что при горячей листовой штамповке днищ на наружной поверхности заготовки образуются риски, что может повлечь к дальнейшему ухудшению качества изготавливаемой продукции и браку готовых изделий. Для решения данной проблемы важно знать величину напряженно-деформированного состояния в заготовке. Однако в литературе отсутствуют данные о влиянии вытяжного ребра матрицы на величину напряженно-деформированного состояния в заготовке при горячей листовой штамповке днищ.

Цель

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния металла заготовки и силовых режимов ее деформирования при горячей листовой штамповке днищ.

Результаты исследований

Исследование проводили, используя пакет конечно-элементного анализа DeForm-2D. Объектом моделирования был процесс вытяжки пуансоном 1 листовой заготовки 2 в полость матрицы 3 с использованием прижимного кольца 4 с вытяжным ребром (рис. 1). Применяли заготовку из стали 09Г2С с диаметром $D = 3800$ мм и толщиной $S = 10$ мм. Для этого предварительно в программном комплексе КОМПАС были построены физические модели рабочего инструмента. Матрица была выполнена, согласно технологии, с вытяжным ребром. Из библиотеки программы был подобран аналог стали, близкий по химическому составу и механическим свойствам. Температурные условия принимали изотермическими. Анализ производственных наблюдений показал, что заготовку нагревают в камерной печи до температуры 950°C . Время транспортировки манипулятором заготовки от печи к прессу составляет 50–60 с. За это время заготовка остывает, поэтому начальная температура заготовки перед штамповкой была принята равной 800°C . Вытяжка заготовки происходит в две стадии: перегиб листовой заготовки для создания натяжения металла за счет силы прижимного кольца, что, в свою очередь, создает имитацию процесса обратной вытяжки и вытяжка непосредственно пуансоном.

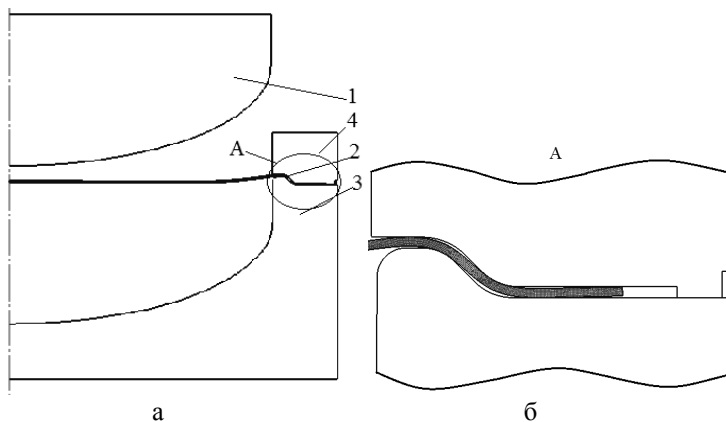


Рис. 1. Схема вытяжки заготовки (1 - пуансон; 2 - заготовка; 3 - матрица; 4 - прижимное кольцо)

В результате моделирования получено распределение логарифмической деформации, интенсивности деформации и интенсивности напряжений в заготовке после ее деформирования. На рис. 2 а приведено распределение логарифмической деформации в торцевой зоне заготовки на конечной стадии вытяжки. Как показывает анализ, максимальная вероятность разрушения сосредоточена во фланце заготовки на внутренней и внешней поверхности и на внешней переходной поверхности к эллипсоиду, максимальное значение логарифмической деформации достигает 0,308. Рис. 2 б показывает распределение интенсивности деформации в торцевой зоне заготовки. Максимальная интенсивность деформации сосредоточена на обеих поверхностях фланцевой зоны и составляет 0,516 мм/мм. Интенсивность напряжения, изображенная на рис 2 с, показывает, что напряжения, возникающие во фланце заготовки, распределяются равномерно и достигают максимальной отметки в 148 МПа.

По результатам исследований построены графики зависимости силы вытяжки P пуансоном заготовки от его перемещения X (рис. 3 а), зависимость логарифмической деформации ε_l от перемещения пуансона X (рис. 3 б), зависимость интенсивность напряжения σ_i от перемещения пуансона X (рис. 4 а) и зависимость интенсивность деформации ε_i от перемещения пуансона X (рис. 4 б).

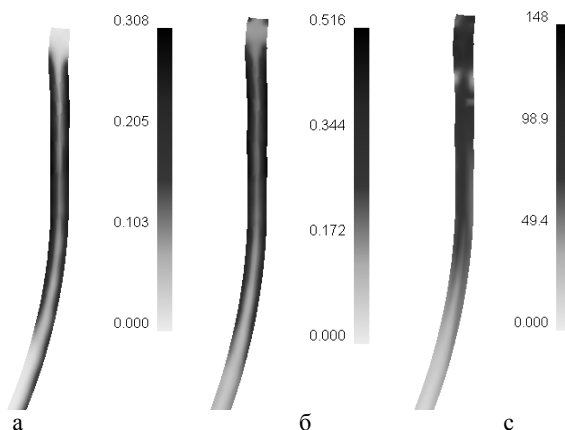


Рис. 2. Распределение напряжений и деформаций во фланце заготовки на конечной стадии вытяжки: а – логарифмической деформации; б – интенсивность деформации; с – интенсивность напряжений

Анализ графика, приведенного на рис. 3 а показывает, что с увеличением перемещения пуансона сила возрастает до 2800 кН, что связано с вытяжкой фланца заготовки из области перегиба вытяжным ребром, после чего сила падает. График, приведенный на рис. 3 б, показывает, что вероятность разрушения значительно возрастает на полпути от общего перемещения пуансона и достигает максимума в 0,308 на конечном этапе штамповки. Из графика, представленного на рис. 4 а, видно, что с увеличением перемещения пуансона интенсивность напряжений возрастает и достигает 148 МПа, однако на конечной стадии штамповки уменьшается и достигает 120 МПа. График зависимости интенсивности деформации от перемещения (рис. 4 б) показывает, что после перемещении пуансона половины путь интенсивность деформации возрастает и достигает отметки в 0,51 мм/мм.

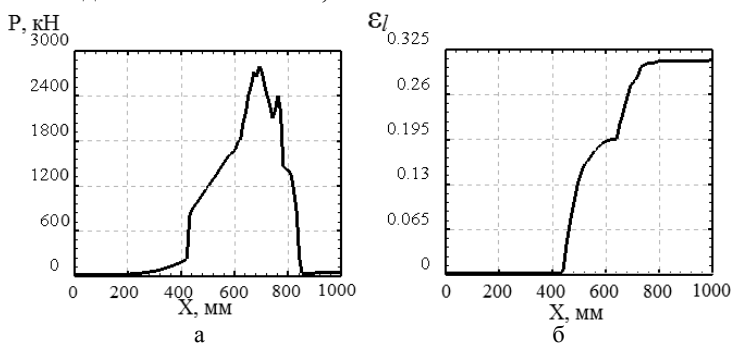


Рис. 3. Зависимость: а - силы вытяжки P от перемещения пуансона X ; б - логарифмической деформации ε_l от перемещения пуансона X

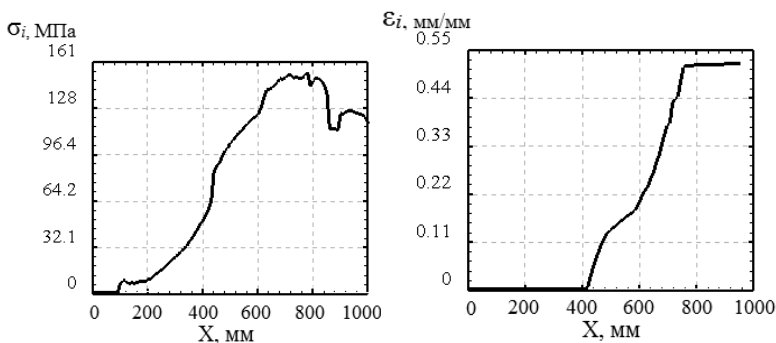


Рис. 4. Зависимость: а – интенсивность напряжения σ_i от перемещения пуансона X; б - интенсивность деформации ε_i от перемещения пуансона X

Анализ полученных результатов показал, что предлагаемая технология является перспективной за счет применения матрицы, выполненной с вытяжным ребром. Использование данной технологии позволит уменьшить количество переходов и повысить производительность.

Выводы

Установлено распределение логарифмической деформации, интенсивности деформации и интенсивности напряжения в заготовке при вытяжке с прижимом. Предлагаемая методика расчета горячей листовой штамповки днищ позволяет более достоверно прогнозировать появление признаков брака при проектировании технологических операций листовой штамповки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мошнин Е.Н. Технология штамповки крупногабаритных деталей / Е.Н. Мошнин. - М.: Машиностроение, 1973. – 240 с.
2. Попов Е.А. Технология и автоматизация листовой штамповки / Е.А. Попов, В.Г. Ковалев, И.Н. Шубин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 480 с.
3. Зубцов М.Е. Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.
4. Фомичев А.Ф. Компьютерное исследование технологических параметров при штамповке / А.Ф. Фомичев, Э.Е. Юргенсон, С.Ю. Панин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2010. – № 8. – С. 38-42.
5. Мовшович И.Я. Опыт штамповки тонкостенных сферических днищ на гидравлических прессах / И.Я. Мовшович, В.И. Бер // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2008. – № 3. – С. 27-29.
6. Ромашко Н.И. Технология изготовления крупногабаритных толстых плит и вытяжка бесшовных днищ большого диаметра / Н.И. Ромашко, А.Г. Токарев, О.А. Кобелев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2008. – № 7. – С. 22-26.

7. Демин В.А. Горячая листовая штамповка днищ / В.А. Демин // Кузнечно–штамповочное производство. Обработка материалов давлением.— 2002.— №8.— С. 16-18.

REFERENCES

1. Moshnin, E.N., 1973. Tehnologija shtampovki krupnogabaritnyh detalej, Moscow, Mashinostroenie, 240 p.
2. Popov, E.A., Kovalev, V.G., Shubin, I.N., 2000. Tehnologija i avtomatizacija listovoj shtampovki, Moscow, Bauman MSTU, 480 p.
3. Zubcov, M.E., 1980. Listovaja shtampovka, Leningrad, Mashinostroenie, 432 p.
4. Fomichev, A.F., Jurgenson, Je.E., Panin, S.Ju., 2010. Komp'juternoe issledovanie tehnologicheskikh parametrov pri shtampovke, Kuznečno–shtampovочное производство. Obrabotka materialov davleniem, No 8, pp. 38-42.
5. Movshovich, I.Ja., Ber, V.I., 2008. Opyt shtampovki tonkostennyh sfericheskikh dnishh na gidravlicheskikh pressah, Kuznečno–shtampovочное производство, Obrabotka metallov davleniem, No 3, pp. 27-29.
6. Romashko, N.I., Tokarev, A.G., Kobelev, O.A., 2008. Tehnologija izgotovlenija krupnogabaritnyh tolstyh plit i vytjazhka besshovnyh dnishh bol'shogo diametra, Kuznečno–shtampovочное производство. Obrabotka materialov davleniem, No 7, pp. 22–26.
7. Demin, V.A., 2002. Gorjachaja listovaja shtampovka dnishh, Kuznečno–shtampovочное производство, Obrabotka materialov davleniem, No 8, pp. 16-18.

Липчанський О.О., Каргін Б.С. Аналіз напружено-деформованого стану при гарячому листовому штампуванні днищ.

Представлені результати дослідження напружено-деформованого стану при витяжці днищ в матриці з витяжним ребром. Використаний пакет скінчено-елементного аналізу DEFORM – 2D. Встановлено розподіл логарифмічної деформації, інтенсивності деформації та інтенсивності напружень у заготовці при витяжці з притиском. Відзначено, що запропонована методика розрахунку гарячого листового штампування днищ дозволяє більш достовірно прогнозувати появу ознак браку при проектуванні технологічних операцій листового штампування.

Ключові слова: моделювання, напружено-деформований стан, заготовка, матриця, витяжне ребро.

Lipchansky O.O., Kargin B.S. Analysis of stress-strain state at hot sheet stamping of bottoms.

The results of investigation of the stress-strain state at drawing of bottoms in the matrix with a pull edge have presented. The DEFORM – 2D package was implemented for finite element analysis.

This paper aims on investigation of stress-strain state of the metal billet and power modes of deformation during hot sheet stamping of bottoms.

Distributions of logarithmic strain, strain rate and intensity of stress into the billet at drawing with backpressure. The proposed method for calculating modes of hot stamping of bottoms ensures more reliable prediction of defects' formation during development technologies of sheet stamping operations.

It has established that the proposed technique is promising due to using of the matrix with a pull edge. Implementation of this technology will reduce the number of strokes and increase productivity.

Keywords: modeling, stress-strain state, billet, die, pulled edge.