

УДК 621.73.02

**Каргин Б. С.
Липчанский А. А.****ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
В ЗОНЕ ПРИЖИМНОГО КОЛЬЦА ПРИ ШТАМПОВКЕ ДЕТАЛИ «ДНИЩЕ»**

Во многих отраслях машиностроения растёт количество изделий, конструкции которых содержат множество емкостей, резервуаров, сосудов, автоклавов, цистерн, баков, баллонов, работающих при значительных внутренних и внешних давлениях, в активных химических средах, а также применяемых для длительного или кратковременного хранения и перевозки различных материалов. Значительное место среди этих деталей занимают оболочковые конструкции, обеспечивающие им прочность, лёгкость, технологичность, совершенство формы, экономичность.

К числу наиболее важных оболочковых деталей изделий машиностроения относятся крупногабаритные тонкостенные днища двойной кривизны сферообразной, эллиптической, куполообразной и других форм, большинство которых изготавливается способами листовой штамповки на прессах: формовкой, местной вытяжкой, вытяжкой с интенсивным перемещением фланца заготовки и обжимом. Это объясняется высокой производительностью процессов штамповки днищ на прессах, наличием значительного парка прессового оборудования в стране.

Существенным недостатком штамповки на прессах крупногабаритных деталей при мелкосерийном и крупносерийном производстве, к которому относится производство котлостроительных заводов и заводов химического и нефтяного машиностроения, является большая стоимость штампов. В связи с этим особое значение имеет правильный выбор технологического процесса и конструкции штампа, применение групповых методов штамповки и использование универсальных штампов, а также предварительное опробование выбранного процесса штамповки на модельных штампах.

В настоящее время разработано достаточно много способов изготовления крупногабаритных днищ. К одним из наиболее часто используемых способов можно отнести горячую штамповку с применением верхнего прижима, устанавливаемого для предупреждения образования складок на наружном участке заготовки, находящемся за пределами рабочего скругления матрицы, т. е. на участке, называемом фланцем заготовки. Посредством прижима этот участок зажимается между матричным и прижимным кольцами, что препятствует образованию складок. [1]. Во многих случаях рабочие поверхности прижимного кольца и матрицы выполняются плоскими, и значительное влияние оказывает усилие прижима, однако данная 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.

Как показывают работы [4–7] достаточно актуальным является исследование технологических параметров изготовления днищ. Для рассмотрения устойчивости заготовок при пластическом деформировании требуется предварительное установление напряженно-деформированного состояния на исследуемых участках заготовки. Однако в литературе отсутствуют данные о влиянии вытяжного ребра матрицы на величину напряженно-деформированного состояния при деформировании заготовки прижимным кольцом, что является одним из ключевых факторов определяющих качество производимой продукции.

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния металла тонколистовой заготовки и силовых режимов ее деформирования в области прижимного кольца.

Исследование проводили, используя пакет конечно-элементного анализа DeForm-2D. Объектом моделирования был процесс деформирования прижимным кольцом 1 листовой заготовки 2 (рис. 1) из стали 09Г2С с диаметром $D = 3\ 800$ мм и толщиной $S = 10$ мм. Для этого предварительно в программном комплексе КОМПАС были построены физические модели рабочего инструмента. Матрица 3 была выполнена, согласно технологии, с вытяжным ребром. Из библиотеки программы был подобран аналог стали, близкий по химическому составу и механическим свойствам. Анализ производственных наблюдений показал, что заготовку нагревают в камерной печи до температуры $950\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

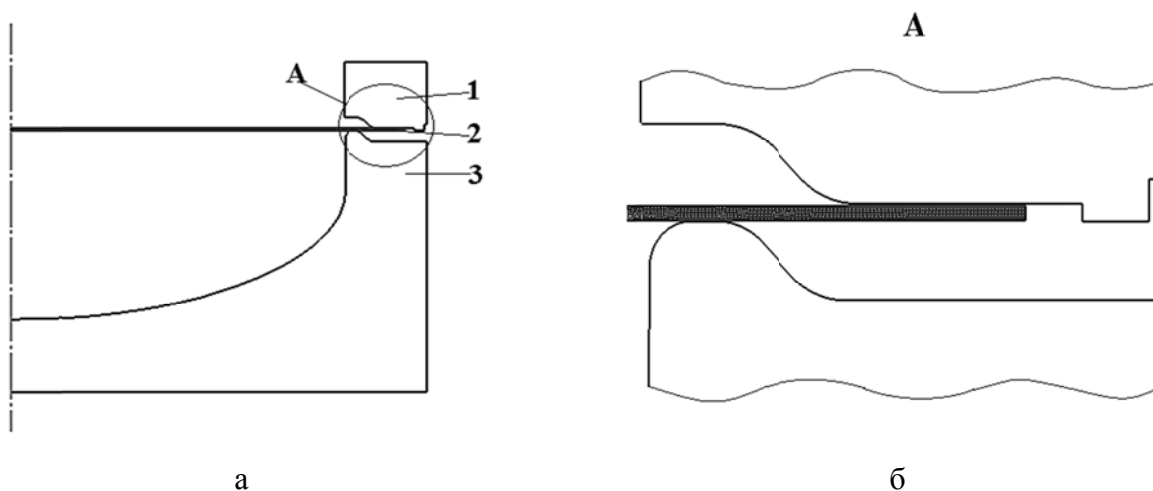


Рис. 1. Схема деформирования заготовки в области прижимного кольца:
1 – прижимное кольцо; 2 – заготовка; 3 – матрица

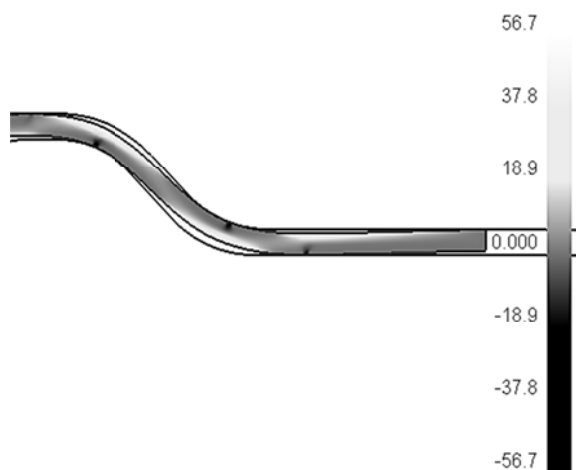


Рис. 2. Распределение максимальных напряжений на торце заготовки

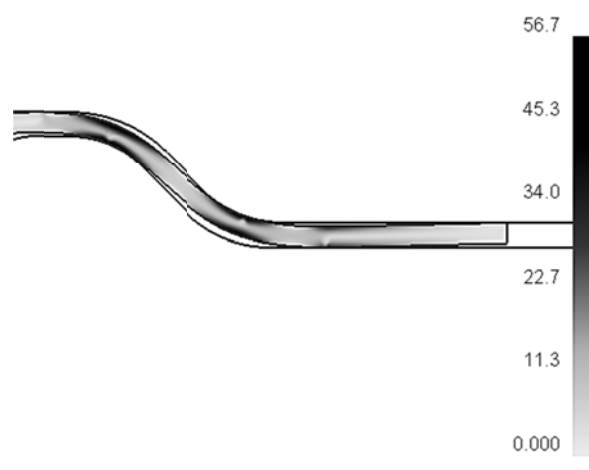


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений на торце заготовки

В результате моделирования получены картины распределения максимальных напряжений и интенсивности напряжений в заготовке после ее деформирования в области прижимного кольца. На рис. 2 приведено распределение максимальных напряжений в торцевой зоне заготовки на конечной стадии прижима. Как показывает рисунок, максимальное количество растягивающих напряжений сосредоточено в зоне внутреннего изгиба вытяжного ребра

матрицы и в зоне внутреннего изгиба прижимного кольца и достигает 57 МПа. Максимальное количество сжимающих напряжений сосредоточено на внешних вытяжных кромках матрицы и прижимного кольца и составляет – 25 МПа. Рис. 3 показывает распределение интенсивности напряжений в торцевой зоне заготовки. Максимальное количество интенсивности напряжений сосредоточено в зонах перегиба заготовки прижимным кольцом и вытяжным ребром матрицы и составляет 45 МПа.

По результатам исследований построены графики зависимости силы деформирования прижимным кольцо P заготовки от его перемещения X (рис. 4) и зависимость интенсивности напряжений σ_i от перемещения прижимного кольца X (рис. 5). Анализ графика, приведенного на рис. 4, показывает, что с увеличением перемещения прижимного кольца его сила возрастает до 1280 кН. Резкое скачкообразное увеличение силы объясняется деформацией вытяжным ребром торца заготовки и увеличением площади контактной поверхности. График, приведенный на рис. 5, показывает, что с увеличением перемещения прижимного кольца интенсивность напряжений увеличивается до 58 МПа.

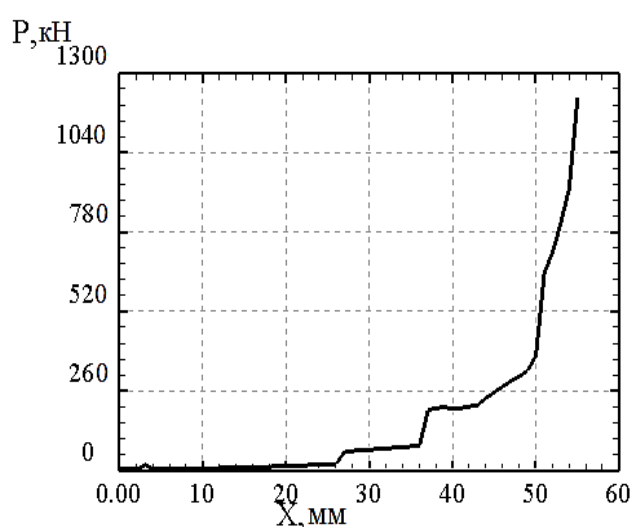


Рис. 4. Зависимость силы деформирования заготовки P от перемещения прижимного кольца X

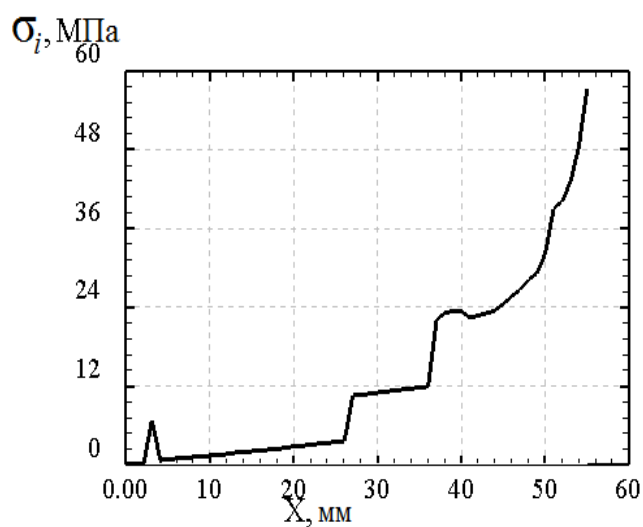


Рис. 5. Зависимость интенсивности напряжений σ_i от перемещения прижимного кольца X

Для удобства отслеживания изменений максимальных напряжений σ_{\max} и эффективных напряжений σ_i на различных участках торцевой области заготовки выделяли четыре характерных точки-маркера, которые располагались в местах с наибольшей интенсивностью напряжений. На рис. 6 показана зависимость максимальных напряжений от перемещения прижимного кольца в четырёх точках. Как видно из графика, точки 1 и 4 расположены в местах с наибольшей интенсивностью сжимающих напряжений вблизи кромки вытяжного ребра матрицы и вблизи кромки ребра прижимного кольца соответственно. Их кривые практически идентичны, однако на последней стадии перемещения прижимного кольца, напряжения в точке 1 составляет – 31 МПа, а в точке 2 находится в области – 36 МПа. Точки 2 и 3 расположены в местах с наибольшей интенсивностью растягивающих напряжений, в зоне прижима внутреннего изгиба прижимного кольца и внутреннего изгиба матрицы. Напряжения при прижиме в точке 2 – 62 МПа, в точке 3 составляет 52 МПа. На графике, приведенном на рис. 7, показана зависимость интенсивности напряжений от перемещения прижимного кольца указанных выше четырех точек. График показывает, что при прижиме эффективных напряжения достигают в точке 1 – 41 МПа, в точке 2 – 54 МПа, точке 3 – 45 МПа, точке 4 – 39 МПа.

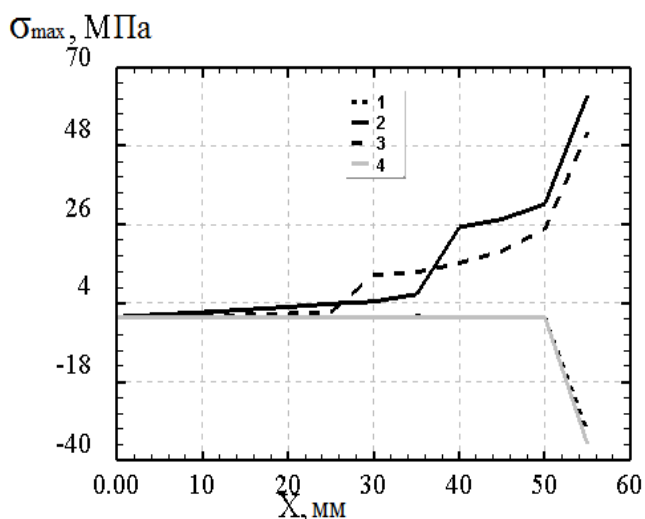


Рис. 6. Зависимость максимальных напряжений σ_{\max} от перемещения прижимного кольца X

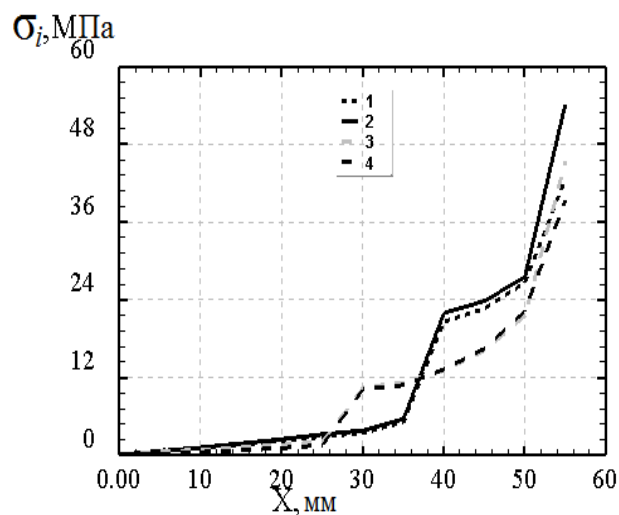


Рис. 7. Зависимость интенсивности напряжений σ_i от перемещения прижимного кольца X

Анализ полученных результатов показал, что предлагаемая технология является перспективной благодаря матрице, выполненной с вытяжным ребром. При этом создается необходимое натяжение металла при штамповке тонкостенных днищ большого диаметра за один переход, тогда как ранее приходилось использовать большее количество переходов.

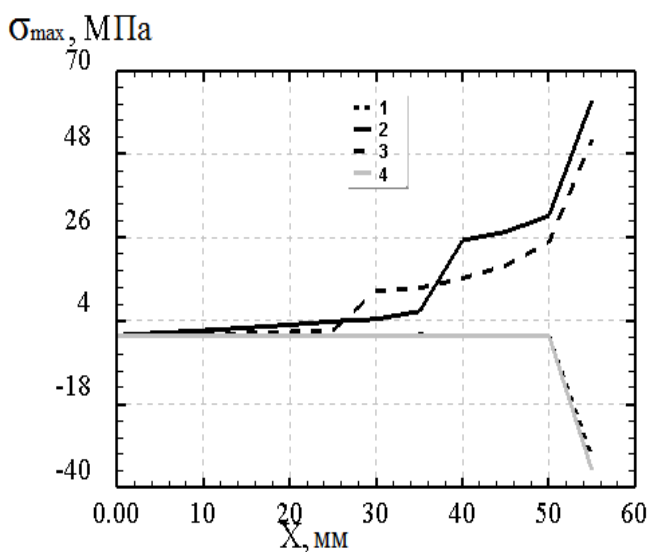


Рис. 6. Зависимость максимальных напряжений σ_{\max} от перемещения прижимного кольца X

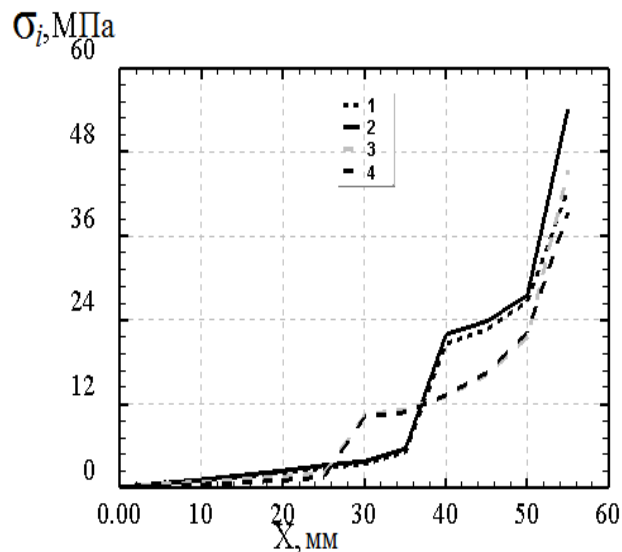


Рис. 7. Зависимость интенсивности напряжений σ_i от перемещения прижимного кольца X

Прижимное кольцо только деформирует заготовку, оставляя незначительный зазор, и отпадает необходимость контроля силы прижима.

ВЫВОДЫ

1. Установлено распределение максимальных напряжений и интенсивности напряжений в заготовке при вытяжке с прижимом. По характерным точкам-маркерам установлена величина напряжений на торцевом участке заготовки.

2. Рекомендуемая технология изготовления деталей «днищ» с помощью применения матрицы с вытяжным ребром является достаточно перспективной и требует дальнейшего исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мошин Е. Н. *Технология штамповки крупногабаритных деталей* / Е. Н. Мошин. – 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 материалов 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. *Tehnologija shtampovki krupnogabaritnyh detalej* / E. N. Moshnin. – M. : Mashinostroenie, 1973. – 240 s.
2. Popov E. A. *Tehnologija i avtomatizacija listovoj shtampovki* / E. A. Popov, V. G. Kovalev, I. N. Shubin. – M. : Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2000. – 480 s.
3. Zubcov M. E. *Listovaja shtampovka* / M. E. Zubcov. – 3-e izd., pererab. i dop. – L. : Mashinostroenie, 1980. – 432 s.
4. Fomichev A. F. *Komp'juternoe issledovanie tehnologicheskikh parametrov pri shtampovke* / A. F. Fomichev, Je. E. Jurgenson, S. Ju. Panin // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem.* – 2010. – № 8. – S. 38–42.
5. Movshovich I. Ja. *Opyt shtampovki tonkostennyh sfericheskikh dnishh na gidravlicheskih pressah* / I. Ja. Movshovich, V. I. Ber // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo. Obrabotka metallov davleniem.* – 2008. – № 3. – S. 27–29.
6. Romashko N. I. *Tehnologija izgotovlenija krupnogabaritnyh tolstyh плит i vytjazhka besshovnyh dnishh bol'shogo diametra* / N. I. Romashko, A. G. Tokarev, O. A. Kobelev // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem.* – 2008. – № 7. – S. 22–26.
7. Demin V. A. *Gorjachaja listovaja shtampovka dnishh* / V. A. Demin // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem.* – 2002. – № 8. – S. 16–18.

Каргин Б. С. – канд. техн. наук, проф. ПГТУ

Липчанский А. А. – аспирант ПГТУ

ПГТУ – Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь.

E-mail: SashaLipchanskiy@mail.ru