

Выбор геометрических параметров инструмента для малоотходной безуклонной горячей объёмной штамповки воротниковых фланцев методом “раздача-выдавливание”

Радионова Л.В., Иванов В.А., Стругов С.С., Колышников В.В.

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)
г. Челябинск, Российская Федерация

radionovalv@rambler.ru, ivanovva@susu.ru, strugov_s174@mail.ru

Аннотация. В ходе проведения компьютерного моделирования на базе программного комплекса DEFORM 3D был проведен эксперимент по определению оптимальных параметров инструмента для проведения процесса раздача-выдавливание. Моделирование проводилось при варьировании углом конуса ножа, а также при изменении условий контактного трения. Определены удовлетворительные геометрические параметры конуса ножа, а именно угол отклонения (10°) и коэффициент трения (0,25). Моделирование проводилось на модели поковки воротникового фланца 50-16-11-1-В. Определение указанных выше параметров позволит оптимизировать технологический процесс штамповки, исключив операцию калибровки.

Ключевые слова: горячая объемная штамповка, воротниковые фланцы, DEFORM 3D, компьютерное моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

С учетом роста экономики и расширения сфер человеческой деятельности увеличивается потребность в высококачественной продукции в таких сферах как машиностроение и металлургия. Однако при обеспечении должного качества необходимо снижение себестоимости продукции за счет оптимизации производственных процессов. Процессы горячей объемной штамповки последние 20 лет находятся по большей части в состоянии застоя из-за сложившейся экономической ситуации и консервативной точки зрения руководителей предприятий. Одним из наиболее реальных способов обеспечения конкурентоспособной продукции является улучшение классических производственных технологий при минимальных затратах [1-2].

В связи с тенденциями развития экономики Российской Федерации, основанной на добыче полезных ископаемых и их частичной переработке, необходимо строительство трубопроводов и инженерных сетей. Одним из ключевых составляющих трубопровода, обеспечивающее прочное и герметичное соединение, является фланец [3].

К фланцам предъявляются повышенные требования прочности и надежности, основанные на режимах работы в условиях высоких давлений и температур [4].

В рамках продолжения работы по разработке технологии малоотходной безуклонной горячей объемной штамповки воротниковых фланцев на основе комбинированного метода «раздача-выдавливание» проведено исследование процесса с целью оптимизации геометрических параметров и определения благоприятных параметров кон-

тактного терния [5-6]. Исследование проводили в лаборатории суперкомпьютерного моделирования ЮУрГУ с помощью программного комплекса DEFORM 3D, реализующего метод конечных элементов (МКЭ) [7].

Целью работы является проведение аналитических исследований для определения оптимального угла конуса ножа и выбора наиболее подходящего коэффициента трения для уменьшения отклонения фланцевой части поковки.

МЕТОДЫ

Для проведения моделирования процесса «раздача-выдавливание» использовали программный комплекс DEFORM 3D. Количество конечных элементов – 50 тысяч. Трение варьировали в промежутке 0,25-0,4 по закону Зибеля с шагом 0,03. Данный интервал обусловлен необходимостью учесть реальные производственные условия и возможности, прежде всего: культура производства, разновидности используемых смазок. Угол конусности ножа от 9 до 10 градусов. Эти значения обоснованы конструктивным исполнением инструмента, а также величиной очага деформации и площадью контактного трения между заготовкой и ножом. Сталь AISI-1020, что является аналогом стали 20. Схема процесса моделирования представлена на рис. 1, где: 1 – матрица, 2 – нож, 3 – пуансон, 4 – поковка, 5 – облой.

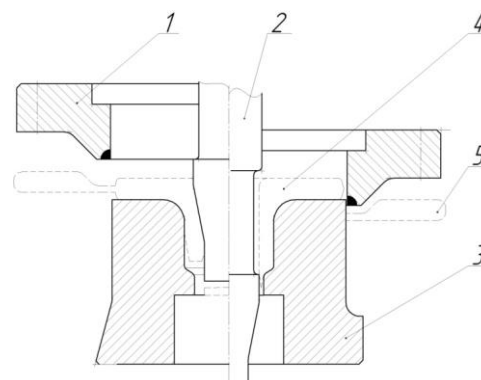


Рис. 1. Схема процесса «раздача-выдавливание»

В ходе моделирования рассматривался только процесс деформации воротника фланца. Операции прошивки перемычки и обрезки облоя в расчетах не учитывались ввиду необоснованности затрат вычислительных мощностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По итогам моделирования процесса “раздача-выдавливание” получены и измерены следующие данные: угол отклонения фланцевой части и усилие процесса. Результаты моделирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты моделирования процесса “раздача-выдавливание”

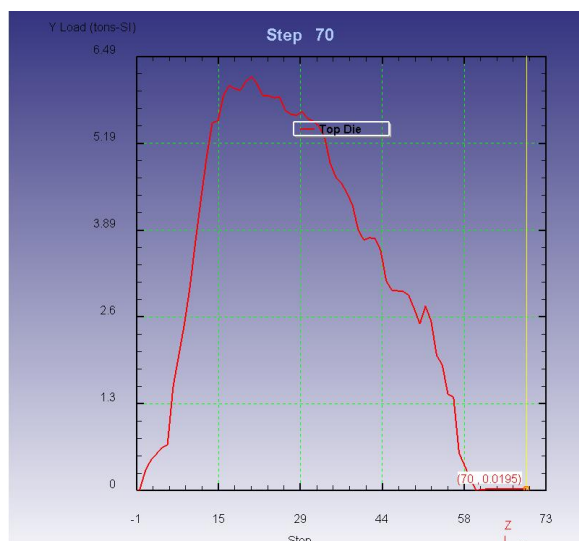
Угол ножа	Коэф. трения	Усилие, тс	Угол отклонения фланца
9	0,25	5,85	1°53'
	0,28	6,13	1°55'
	0,31	6,45	1°27'
	0,34	6,69	1°32'
	0,37	7,00	1°55'
	0,40	7,29	1°28'
10	0,25	6,18	1°07'
	0,28	6,48	1°25'
	0,31	6,78	1°25'
	0,34	7,05	1°30'
	0,37	7,29	0°58'
	0,40	7,57	1°01'

Графики зависимости усилия процесса от перемещения рабочего инструмента представлены на рис. 1 и рис. 2.

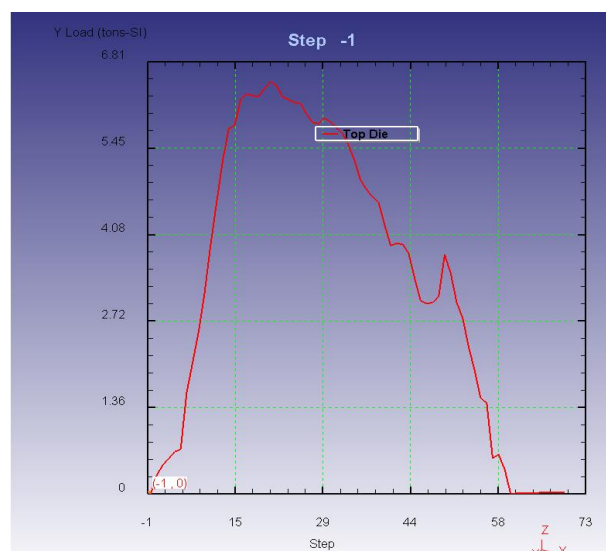
ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам моделирования, которые приведенные выше, можно определить, что наиболее благоприятная деформация происходит при угле конуса ножа в 10° и коэффициенте трения 0,37. Однако если проанализировать результаты при том же конусе ножа, но при разных условиях трения, то видно, что при увеличении коэффициента трения увеличивается усилие, а, следовательно, и угол отклонения фланцевой части. В случае с коэффициентом трения 0,37 аналогично наблюдается увеличение усилия, однако угол отклонения фланцевой части поковки меньше на 32' в отличие от предыдущего опыта. При данной схеме деформации увеличение энергосиловых параметров процесса приведет к изменению геометрии фланцевой части поковки в любом случае, так как воротник фланца деформируется в открытом штампе и усилие процесса переносится на опорную фланцевую часть. Так как моделирование проводилось при достаточно малом шаге изменения величины контактного трения, то результаты для данного эксперимента нельзя назвать достоверными и логически обоснованными. Поэтому логично будет рассмотреть результат, полученный при угле конуса ножа 10° и коэффициенте трения 0,25. Усилие процесса в результате моделирования составляет 6,18 тс, угол отклонения фланцевой части 1°07'. В первую очередь уменьшение угла отклонения фланцевой части поковки обусловлено увеличением конуса ножа, что снижает площадь контакта при деформации, а, следовательно, уменьшает очаг деформации. Усилие деформации снижается за счет прямопропорциональной зависимости от площади контактного трения.

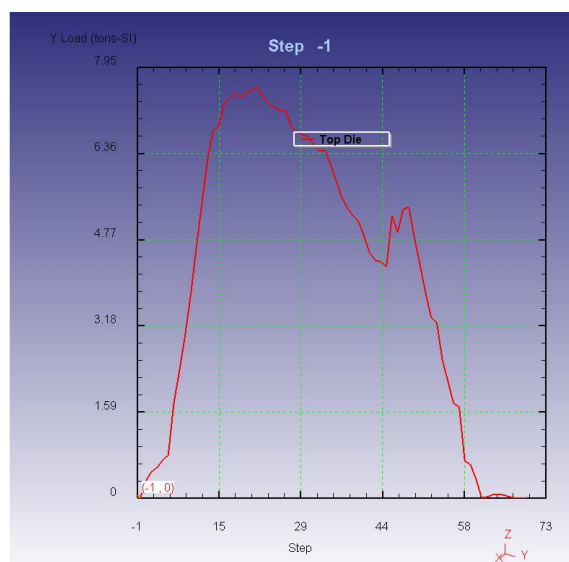
Следует так же отметить первый опыт в табл. 1, где моделирование процесса проводилось при коэффициенте контактного трения 0,25 и конусе ножа 9°. В данном эксперименте усилие деформации составляет 5,85 тс, что является наименьшим значением среди всех результатов



а

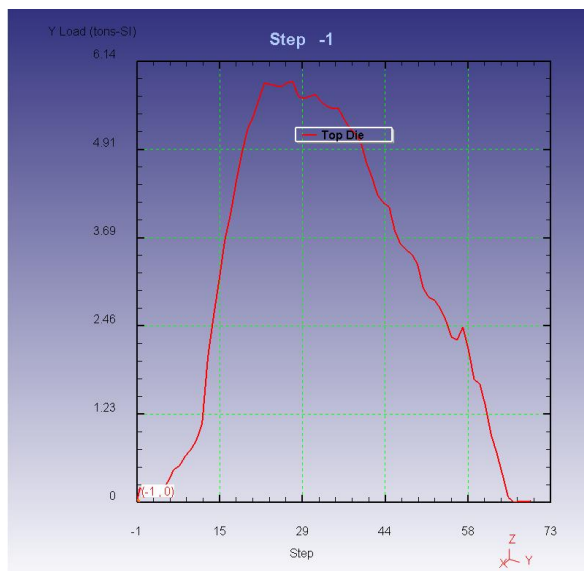


б

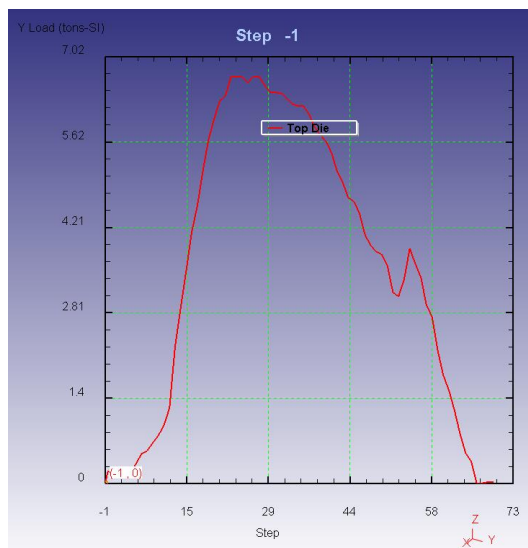


в

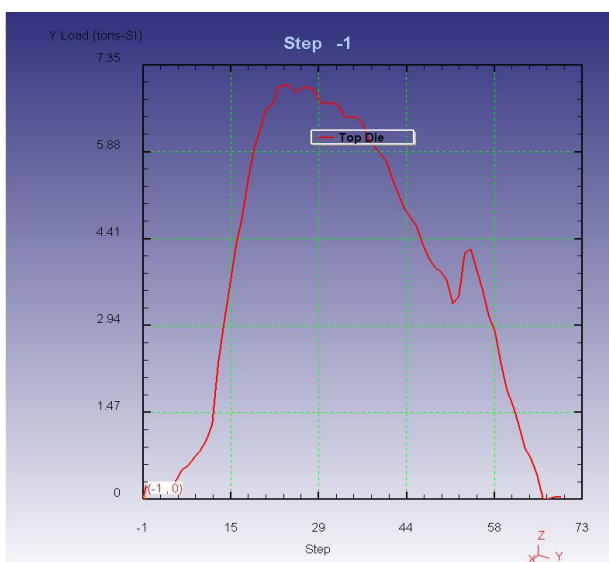
Рис. 1. Моделирование с углом конуса ножа 9°, коэффициентом трения: а – 0,25, б – 0,34, в – 0,4



a



б



в

Рис. 2. Моделирование с углом конуса ножа 10° , коэффициентом трения: а – 0,25, б – 0,34, в – 0,4

моделирования, однако угол отклонения $1^\circ 53'$. Данный результат следует признать недостоверным.

Рассмотрим также графики зависимости усилия процесса от перемещения рабочего инструмента. При увеличении коэффициента контактного трения четко наблюдается рост и смещение второго пика усилия деформации. Для угла конуса ножа 9° : при коэффициенте трения 0,25 второй пик начинается с 56 мм и усилия 2,5 тс (рис. 1, а); при трении 0,34 второй пик начинается с 50 мм и усилия 3 тс (рис. 1, б); и при трении 0,4 второй пик начинается с 46 мм и 4 тс (рис. 1, в). Однако при конусе ножа 10° прослеживается тенденция смещения второго пика усилия в начало координат по оси перемещения и рост усилия. При коэффициенте трения 0,25 второй пик начинается с 50 мм и усилия 2,6 тс (рис. 2, а); при трении 0,34 второй пик начинается с 47 мм и усилия 3,2 тс (рис. 2, б); и при трении 0,4 второй пик начинается с 45 мм и 4,3 тс (рис. 2, в).

Появление второго пика усилия процесса связано с увеличением скорости и интенсивности деформации. При этом смещение его при увеличении угла конуса ножа связано с увеличением скорости и повышением интенсивности деформации. Данная гипотеза нуждается в экспериментальной проверке и разработке аналитической модели. Результаты экспериментов и анализ соответствия результатам моделирования будут приведены в дальнейших работах.

Выводы

В ходе работы по анализу моделирования процесса малоотходной безуклонной технологии горячей объемной штамповки воротниковых фланцев на основе комбинированного способа “раздача-выдавливание” с целью улучшения качества поковок получены следующие результаты: удовлетворительный угол конуса ножа – 10° , наилучший коэффициент трения – 0,25. При заданном геометрическом параметре и условии контактного трения минимизируется усилие процесса деформации и минимизируется отклонение фланцевой части поковки. Это позволяет изготавливать качественную продукцию с геометрией в пределах допуска формы и размера, а также исключить операцию калибровки, тем самым повысить производительность технологии.

Также в ходе работы выявлены причины смещения второго пика усилия деформации, связанные с окончательным заполнением ручья. В зависимости от увеличения коэффициента контактного трения наблюдается смещение пика усилия в начало координат. Также на смещение влияет угол конуса ножа, что связано с увеличением скорости и интенсивности деформации.

Данные выводы нуждаются в проведении экспериментальной проверки и составлении аналитических моделей. Дальнейшие исследования процесса малоотходной безуклонной штамповки будут приведены в следующих работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология конструкционных материалов: учебное пособие для вузов. / А.М. Дальский, В.С. Гаврилюк, Л.Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

2. Володин И.М. Система основных принципов проектирования процессов горячей объемной штамповки и созданные на её основе технологии / И.М. Володин, А.А. Ромашов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2008. – № 9. – С. 19-28.

3. ГОСТ 12820–80. Фланцы стальные плоские приварные на Ру от 0,1 до 2,5 МПа (от 1 до 25 кгс/см²). Конструкция и размеры. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1993. – 43 с.

4. Бакулина А.А. Обзор российского рынка трубопроводной арматуры в 2014 году / А.А. Бакулина, И.А. Тихонов, И.Т. Тер-Матеосянц // Арматуростроение. – 2015. – №4. – С. 40-45.

5. Стругов С.С. Кинематическое состояние заготовки в процессе безуклонной горячей объемной штамповки воротниковых фланцев по комбинированной схеме "раздача-

выдавливание" / С.С. Стругов, В.А. Иванов, М.Д. Таркаленко // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2018. – №5 – 33-38.

6. Крагельский И.В. Коэффициенты трения: справочное пособие. / И.В. Крагельский, И.Э. Виноградова. – М.: Машиностроение, 1964. – 213 с.

7. Стругов С.С. Сравнение методов оценки напряженно-деформируемого состояния при осадке цилиндрической заготовки / С.С. Стругов, В.А. Иванов, В.Г. Шеркунов // Вестник ЮУрГУ. Серия "Металлургия". – 2016. – Т. 16, № 4. – С. 140-146. DOI: 10.14529/met160416

8. Сторожев М.В. Технологический справочник по ковке и объемной штамповке: справочник. – М.: Машиностроение, 1958. – 643 с.

9. Брюханов А.Н. Ковка и объемная: справочник. – М.: Машиностроение, 1975. – 402 с.

DOI: 10.24892/RIJIE/20180209

Selection of Die Geometric Parameters for the Low-Waste Hot Die-Forming with a Combined “Expansion-Extrusion” Method of Collar Flanges

Radionova L.V., Ivanov V.A., Strugov S.S., Kolyshnickov V.V.

South Ural State University (national research university)

Chelyabinsk, Russian Federation

radionoalv@rambler.ru, ivanovva@susu.ru, strugov_s174@mail.ru

Abstract. В случае представления статьи на русском языке, автор должен представить авторское резюме (аннотацию) также и на английском языке. В тексте резюме на английском языке следует применять терминологию, характерную для иностранных специальных текстов. Следует избегать употребления терминов, являющихся прямой калькой русскоязычных терминов. Необходимо соблюдать единство терминологии в пределах резюме.

Keywords: приводится перевод ключевых слов или словосочетаний, каждое ключевое слово или словосочетание отделяется от другого запятой.

REFERENCES

1. Dalsky A.M., Gavriluk V.S., Bukharkin L.N. et al. *Tekhnologiya konstruksionnykh materialov: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Technology of the construction materials: textbook for high school], Moscow, Mashinostroenie, 1990, 352 p. (in Russ.)

2. Volodin I.M., Romashov A.A. The System of Basic Principles of Designing Hot Bulk Stamping Processes and the Technologies Created on its Basis [Sistema osnovnykh printsipov proektirovaniya protsessov goryachey ob'emnoy shtampovki i sozdannye na ee osnove tekhnologii], *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo [Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure]*, 2008, no9, pp. 19-28. (in Russ.)

3. GOST 12820–80. *Flantsy stal'nye ploskie privarnye na Ru ot 0,1 do 2,5 MPa (ot 1 do 25 kgs/sm²). Konstruktsiya i razmery* [GOST 12820–80. Steel plane welded flanges for Pnom from 0,1 to 2,5 MPa (from 1 to 25 kgf/cm²). Design and dimensions], Moscow, IPK Izdatel'stvo Standartov, 1993, 43 p. (in Russ.)

4. Bakulina A.A., Tihonov I.A., Ter-Mateosyanc I.T. Review of the Russian market for pipeline valves in 2014 [Obzor rossiyskogo rynka truboprovodnoy armatury v 2014 godu], *Armaturostroenie [Valve Industry]*, 2015, no.4, pp. 40-45. (in Russ.)

5. Strugov S.S., Ivanov V.A., Tarkalenko M.D. Kinematic state of the billet in the process of level hot die forming of the collar flanges according to the combined expansion and extrusion scheme [Kinematicheskoe sostoyanie zagotovki v protsesse bezuklonnoy goryachey ob'emnoy shtampovki vortnikovyykh flantsev po kombinirovannoy skheme "razdachavydavlivanie"], *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka metallov davleniem [Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure]*, 2018, no.5, pp. 33-38. (in Russ.)

6. Kragelskiy I.V., Vinogradova I.E. *Koeffitsienty treniya: spravochnoe posobie* [Friction coefficients: handbook], Moscow, Mashinostroenie, 1964, 213 p. (in Russ.)

7. Strugov S.S., Ivanov V.A., Sherkunov V.G. Comparison of Methods of Stress-Strain State Estimation in the Upset of a Cylindrical Workpiece, *Bulletin of the South Ural State Uni-*

versity. Ser. Metallurgy, 2016, vol. 16, no. 4, pp. 140-146. DOI: 10.14529/met160416

8. Storozhev M.V. *Tekhnologicheskii spravochnik po kovke i ob'emnoy shtampovke: spravochnik* [Process handbook and forging and die forming: handbook], Moscow, Mashinostroenie, 1958, 643 p. (in Russ.)

Библиографическое описание статьи

Радионова Л.В. Выбор геометрических параметров инструмента для малоотходной безуклонной горячей объёмной штамповки воротниковых фланцев методом “раздача-выдавливание” / Л.В. Радионова, В.А. Иванов, С.С. Стругов, В.В. Колышников // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. – 2018. – Т.6, №2. – С. 63-67. DOI: 10.24892/RIJE/20180209

9. Bryukhanov A.N. *Kovka i ob'emnaya: spravochnik* [Forging and die-forming: handbook], Moscow, Mashinostroenie, 1975, 402 p. (in Russ.)

Reference to article

Radionova L.V., Ivanov V.A., Strugov S.S., Kolyshnikov V.V. Selection of die geometric parameters for the low-waste hot die-forming with a combined “expansion-extrusion” method of collar flanges, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2018, vol.6, no.2, pp. 63-67. DOI: 10.24892/RIJE/20180209