

УДК 621. 735.32:621.882

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ ТИПА «СТАКАН» МЕТОДОМ ГЛУБОКОЙ ГОРЯЧЕЙ ВЫТЯЖКИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM

Галкин В.В., Поздышев В.А., Васьурин А.В., Пачурин Г.В.

ГОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: pachuringv@mail.ru

Проведено математическое моделирование процесса горячей листовой вытяжки баллона со сферическим дном из заготовки титанового сплава BT14 толщиной 4 мм с применением программного комплекса DEFORM. Получены картины деформационного состояния металла заготовки по шагам вытяжки и диаграмма изменения требуемой силы по ходу операции. Установлено, что они по шагам вытяжки соответствуют данным натурных испытаний. Полученные данные позволили дать оценку предельной степени деформации и выделить в научно-технической литературе наиболее объективное аналитическое выражение определения силы горячей вытяжки толстолистового металла. Показано, что требуемое значение силы горячей вытяжки отличается от значений показания манометра гидравлического пресса в условиях натурных испытаний и составляет ~12%. Сравнение результатов моделирования с данными натурных испытаний показало одинаковое значение предельной степени деформации, равной 1,8, а также определило, что аналитическое выражение расчета силы вытяжки по Э. Зибелю является наиболее объективным.

Ключевые слова: математическое моделирование, вытяжка толстолистовых заготовок, высокопрочные алюминиевые и титановые сплавы, условия глубокой горячей вытяжки, сила вытяжки

MATHEMATICAL MODELING OF THE PRODUCTION OF AN ARTICLE TYPE BY DEEP HOT GLASS DOME ON THE BASIS OF SOFTWARE, DEFORM

Galkin V.V., Pozdyshev V.A., Vashurin A.V., Pachurin G.V.

State Educational Institution «Nizhny Novgorod State Technical University», R.E. Alekseyev,
Nizhny Novgorod, e-mail: pachuringv@mail.ru

The mathematical simulation of hot sheet drawing cylinder with spherical bottom of the workpiece of titanium alloy VT14 4 mm using a software package DEFORM. Patterns of strain state of the metal piece on the steps and figure drawing changes required force during the operation. Found that they are consistent with the steps drawing field tests. The data allowed to estimate the marginal degree of deformation, and highlight the scientific and technical literature the most objective analytical expression determining vultures hot exhaust plate metal. It is shown that the required value of the force hot exhaust is different from the values of the pressure gauge hydraulic press in field tests and is ~12%. Comparison of simulation results with the data of natural tests showed the same degree of deformation of the limit of 1,8, and determined that the analytical expression for calculating the power draw Zibelu is the most objective.

Keywords: mathematical modeling, an extract of plate blanks, high-strength aluminum and titanium alloys, a deep hot exhaust, power hood

Изделия типа «баллон» широко применяются в технических системах технологических машин. К ним относятся гидроаккумуляторы, сосуды высокого давления, защитные каски, донышки цистерн и т.д.

Достаточно часто при изготовлении ответственных изделий применяют высокопрочные, трудно деформируемые алюминиевые и титановые сплавы. С целью повышения их пластичности процесс формоизменения заготовок выполняется с нагревом.

В последнее время все большее применение находит математическое моделирование процессов штамповки, основанное на методе конечных элементов, которое позволяет дать оценку конструкции технологической оснастки и технологическим параметрам формоизменения заготовки. Это касается оценки возможности анализа формоизменения заготовки без появления признаков разрушения или дефектов, оценки

напряженно-деформированного состояния металла в объеме заготовки по ходу протекания процесса, расчета силовых параметров операции.

Недавние исследования по изготовлению баллонов со сферическим дном из высокопрочных алюминиевых и титановых сплавов [1] показали положительные результаты, что выразилось в получении опытных изделий из заготовок титанового сплава BT14 толщиной 4 мм со степенью вытяжки 1,8 за одну операцию (рис. 1).

Конструкция штампа (рис. 2) и технологические условия вытяжки были определены на основании теоретических данных и практических наработок.

Исполнительные размеры матрицы и пуансона, величина технологического зазора были рассчитаны согласно рекомендациям А.А. Любченко [2], а температурно-скоростные условия вытяжки выбраны согласно данным экспериментальных раз-

работок М.А. Золотова [3]. Надо отметить, что при разработке опытной технологии математическое моделирование процесса не проводилось, хотя в последнее время это становится практически обязательным.



Рис. 1. Фотография вытянутой заготовки титанового сплава BT 14. л.4,0

Очевидна актуальность проведения математического моделирования и оценки объективности полученных результатов. Исходя из вышесказанного целью данного исследования стало выполнение математического моделирования процесса горячей листовой вытяжки баллона со сферическим дном из заготовки титанового сплава BT14 толщиной 4 мм и сравнение результатов с данными натурных испытаний.

Для моделирования использовался программный комплекс DEFORM. Условия моделирования полностью соответствовали условиям опытной штамповки. Они включили геометрию и размеры заготовки и технологической оснастки, температурно-скоростные условия деформирования, коэффициент трения между инструментом и заготовкой. Моделирование было проведено по двум вариантам, которые отличались размером исходной заготовки. В их соответствии коэффициенты вытяжки составляли 1,8 и 2,0 при наружном диаметре вытягиваемого баллона ~260 мм.

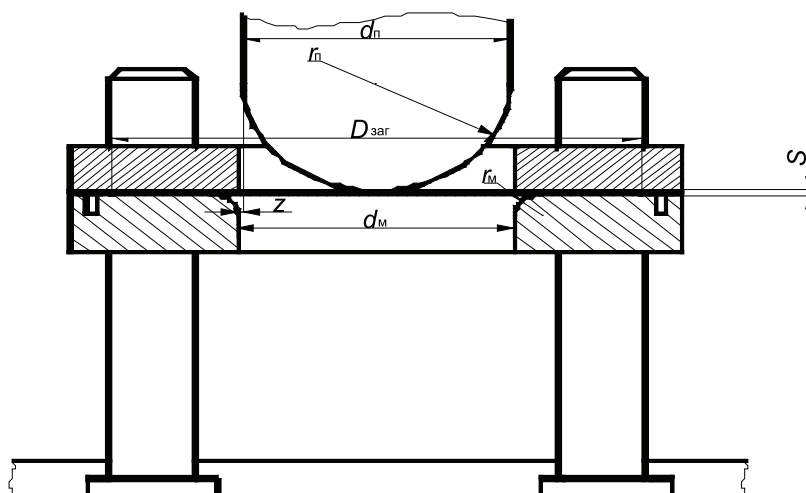


Рис. 2. Эскиз вытяжного штампа:

d_m – диаметр матрицы, d_n – диаметр пуансона, z – зазор, диаметр и толщина заготовки: $D_{заг}$ и S

Метод расчета силы	$P_{расч}$	$P_{расч} - P$	Δ
	тс	тс	%
По А.Д. Томленову	207	29	84
По К.Ф. Нейманеру	148	-30	17
По Э. Зибелю	158	-20	11
По И.М. Дину	81	-97	54

Результаты моделирования процесса вытяжки приведены в виде диаграммы изменения требуемой силы по ходу операции (рис. 3) и картин деформированного

состояния металла по шагам с указанием распределения интенсивности деформированного состояния в объеме заготовки (рис. 4).

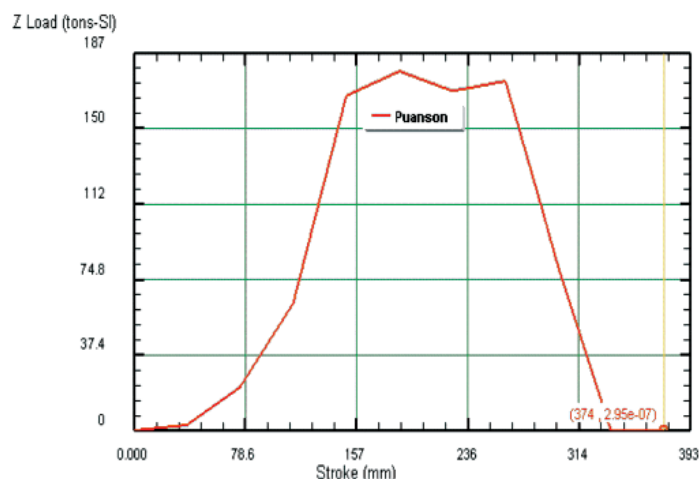


Рис. 3. Диаграмма изменения требуемой силы вытяжки в зависимости от перемещения пуансона

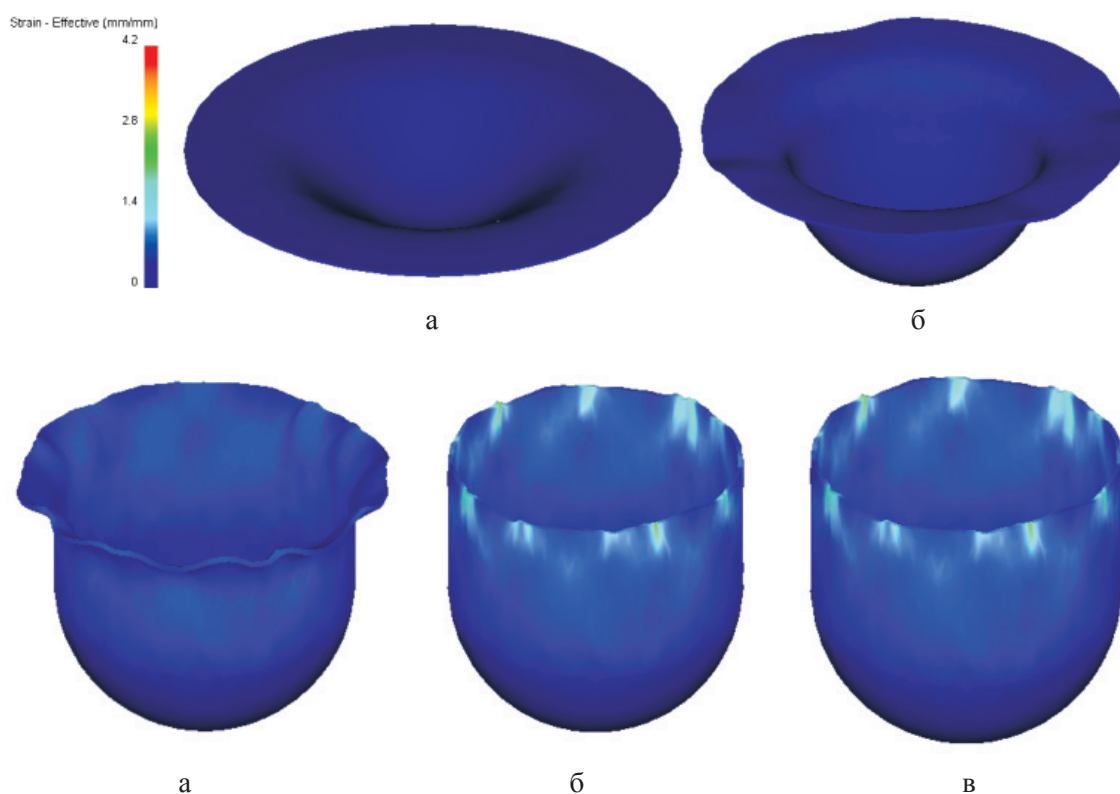


Рис. 4. Картины математического моделирования операции горячей вытяжки из-под прижима по шагам с указанием распределения интенсивности деформированного состояния в объеме заготовки

На рис. 5 приведены фотографии результатов натурных испытаний, соответствующих этапам математического моделирования.

Выводы

Сравнение результатов математического моделирования с данными натурных испытаний позволило сделать следующие выводы.

1. Изменения формы листовой заготовки по шагам моделирования процесса вытяжки от начала до окончания, когда заготовка выходит из под прижима (рис. 4), соответствуют данным натурных испытаний (рис. 5). Величина предельной степени вытяжки равна 1,8. При моделировании со значением 2,0, так же как и при натурных испытаниях, свертка листовой заготовки без разрывов не получилась.

2. Значение максимальной необходимой силы вытяжки, полученное при моделировании, отличается в большую сторону (~12%) от данных показания манометра гидравлического прессы в условиях натурных испытаний.

3. Из всего многообразия аналитических выражений определения требуемой

силы горячей вытяжки расчеты по формуле Э. Зибеля наиболее близки к данным, полученным математическим моделированием. Их разногласие составило 11% в меньшую сторону, тогда как по выражению А.Д. Томленова превышение составило 84%, а по И.М. Дину оно меньше на 54%.



Рис. 5. Фотография изменения формы листовой заготовки толщиной 4,0 мм из титанового сплава ВТ 14, вытягиваемой из-под прижима в условиях горячей деформации

Список литературы

1. Бэкофен Б. Процессы деформации: пер. с англ. – Массачусетс, Калифорния, 1972. – М.: Металлургия, 1977. – 288 с.
2. Изготовление толстолистовой защитной оболочки защитного шлема из высокопрочных алюминиевого и титанового сплавов методом горячей вытяжки / В.В. Галкин, А.И. Поздышев, В.А. Поздышев, А.В. Вашурин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2012. – № 9. – С. 33–36.
3. Циклическая долговечность листовых деталей из титановых сплавов ВТ20 и ОТ4-1 / В.В. Галкин, О.С. Кошелев, Г.В. Пачурин, А.С. Белкин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2007. – № 3. – С. 26–29.
4. Золотов М.А., Галкин В.В., Щевченко М.П. Вытяжка деталей с дифференцированным нагревом заготовок в радиальном направлении // Кузнечно-штамповочное производство. – 1990. – № 7. – С. 14–16.
5. Любченко А.А. Конструирование штампов и горячая листовая штамповка. – Л.: Машиностроение, (Ленингр. отделение), 1974. – 480 с.

References

1. Bekofen B. The deformation // Massachusetts, California, 1972. Per. from English. Moscow, Metallurgy, 1977. 288 p.

2. Galkin V.V., Pozdyshev A.I., Pozdyshev V.A., Vashurin A.V. Fabrication of thick protective shell helmet of high strength aluminum and titanium alloys by hot exhaust // Provision of industrial manufacture. 2012. no. 9. pp. 33–36.

3. Galkin V.V., Koshelev O.S., Pachurin G.V., Belkin A.S. Cyclic life sheet metal parts made of titanium alloys VT20 and OT4-1 // Provision of industrial manufacture. 2007. no. 3. pp. 26–29.

4. Zolotov M.A., Galkin V.V., Schevchenko M.P. Hood parts with differential heating of billets in the radial direction // Forging and stamping production. 1990. no. 7. pp. 14–16.

5. Lubchenko A.A. Designing dies and hot Stamping // LA: Engineering, (Leningrad fin-tion), 1974. 480 p.

Рецензенты:

Гаврилов Г.Н., д.т.н., профессор кафедры «Материаловедение и технологии новых материалов» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Филимонов В.И., д.т.н., профессор, начальник бюро Центра подготовки и переподготовки персонала и специалистов Инозаказчика ОАО «Ульяновский механический завод», г. Ульяновск.

Работа поступила в редакцию 23.11.2012.