

УДК 621.7.044

Н. Ф. САВЧЕНКО¹, В. В. ТРЕТЬЯК², А. В. ОНОПЧЕНКО², С. А. СТАДНИК³¹ Харьковский национальный экономический университет, Украина² Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина³ ПАО «МОТОР СИЧ», Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ШТАМПОВКЕ И МЕТОДЫ ЕГО УВЕЛИЧЕНИЯ

Разработана математическая модель определения коэффициента использования металла для изделий типа крупногабаритных днищ при изготовлении их прессовым и беспрессовым методами. Представлены преимущества беспрессового метода штамповки деталей в сравнении со штамповкой на прессовом оборудовании. Приведена возможность существенного увеличения коэффициента использования металла за счет применения новых более прогрессивных беспрессовых методов штамповки. Указана необходимость использования прогрессивных технологий для снижения энергозатрат и для экономии материала.

Ключевые слова: коэффициент использования металла, беспрессовая штамповка, заготовка, детали типа днища, ресурсосберегающие технологии.

Введение

Ресурсосбережение в условиях Украины является направлением стабилизации экономики предприятий и их конкурентоспособности на современных рынках товаропроизводителей в условиях возрастающего спроса на энергоресурсы. Увеличение габаритов и сложности деталей и, как следствие, увеличение размеров и сложности штампованных заготовок приводят к усовершенствованию ковочного оборудования и увеличению его мощности. В производстве успешно работают гидравлические прессы усилием 30, 45 и 75 тыс.т., на которых изготавливают поковки с площадью проекции до 2,5 м².

Из литературных источников известно о проведении изыскательских работ по созданию сверхмощного прессы усилием 180...200 тыс.т [1].

Ассортимент крупногабаритных изделий, которые используются в экономике, достаточно разнообразен. Например, это различные цистерны, металлические баки-аккумуляторы горячей воды и другие емкости. Резервуары, как правило, изготавливают сваркой составных элементов, которые по геометрическим признакам являются изделиями одинарной и двойной кривизны. Наиболее сложными по конструктивным признакам согласно технологической классификации являются детали типа днища – изделия двойной кривизны.

Днища (эллиптические, сферические, конические и др.) диаметром более 1...1,5 м традиционно изготавливают из штампосварных заготовок. Следовательно, для определения необходимости внедрения новых технологических решений требуется

проведение анализа конструктивных особенностей таких изделий как резервуары.

1. Постановка задачи

Как правило, сложные в технологическом отношении изделия, такие как резервуары, относят к сооружениям, склонным к интенсивному износу под влиянием коррозионных и других процессов, связанных с режимами их работы. При эксплуатации баков-аккумуляторов на энергетических предприятиях имели место аварии с разрушением конструкций. Учитывая выше сказанное, все эти сооружения предусматривают использование специальных мероприятий по предотвращению аварий и коррозионных разрушений (использование высококачественных металлов и сплавов, использование защитных покрытий). В научно-технической литературе приведены решения для определения оптимальных вариантов технологических процессов изготовления машин по критерию ресурсосбережения. Среди них уменьшение энергоемкости оборудования и предотвращение нерационального использования материала [1-7]. Главным образом они основаны на сравнении альтернативных, как правило, двух вариантов технологического процесса, и выборе более рационального из них.

Один из вариантов – штамповка с использованием прессов – ограничен размерами оборудования, что не позволяет предусмотреть возможность изготовления изделий большого ассортимента.

Второй – использование беспрессовых методов штамповки, осуществляют как специальный

вариант, который требует применения газо-гидро-эластичных пуансонов в качестве инструмента для формирования поверхностей. Преимущества данного способа заключаются в минимальных энергетических затратах и возможности изготавливать изделия больших габаритов размерами до 20 м и более как из полуфабрикатов, так и из плоских заготовок.

2. Методика определения коэффициента использования металла

В качестве примера определения преимуществ методов штамповки приведены сравнительные расчеты изготовления заготовок для прессовой и беспрессовой штамповки.

Типовой технологический процесс штамповки по заводским данным характеризуется согласно табл. 1.

Таблица 1
Основные данные технологического процесса изготовления детали

Наименование операции	Тшт, час
Заготовительная (последовательная резка на гильотинных ножницах)	1,7
Сварочная	0,52
Токарная	0,5
Термическая	0,45
Штамповочная	0,83
Термическая	0,45
Токарная	0,25
Контрольная	-

Будем считать, что при штамповке на прессе детали типа днище штампованная заготовка изготавливается как цельнолистовая трехсекторная. Ее изготовление осуществляется из листового проката заданной толщины и ширины (рис. 1). В дальнейшем эти сектора сваривают и создают заготовки необходимого диаметра (зависит от относительной глубины днища).

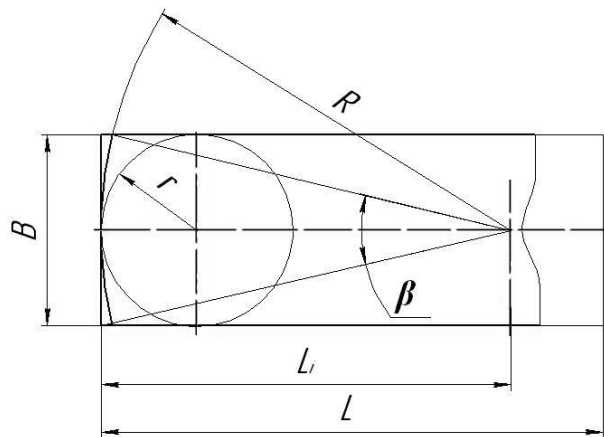


Рис. 1. Форма сектора заготовки

В качестве оценочного критерия используется коэффициент использования материала, который определяется по формуле 1:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали;

$M_{\text{з}}$ – масса заготовки.

Для трехсекторной заготовки угол β равен 120° . Наименьшая ширина B , из которой вырезают заготовку-сектор (принимая для конкретных расчетов, что радиус заготовки $R = 1.25$ м) будет равна:

$$B = 2R \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) = 2R \sin 60^\circ \approx 2,16 \text{ м}. \quad (2)$$

Появляющиеся в процессе отходы материала определяются по следующей зависимости:

$$\Delta Z = RB \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) = 4,68 \text{ м}^2. \quad (3)$$

Следовательно, коэффициент полезного использования металла будет равен:

$$K_{\text{ПИ}} = \frac{4,54}{1,25^2 \pi + 4,68} = 0,47. \quad (4)$$

Отсюда следует, что отходы производства составляют 53%.

Расчетная схема для определения размеров заготовки для беспрессовой штамповки представлена на рисунках 2 и 3. При беспрессовой штамповке предполагается использование полуфабриката (рис. 2). Будем считать его конической оболочкой.

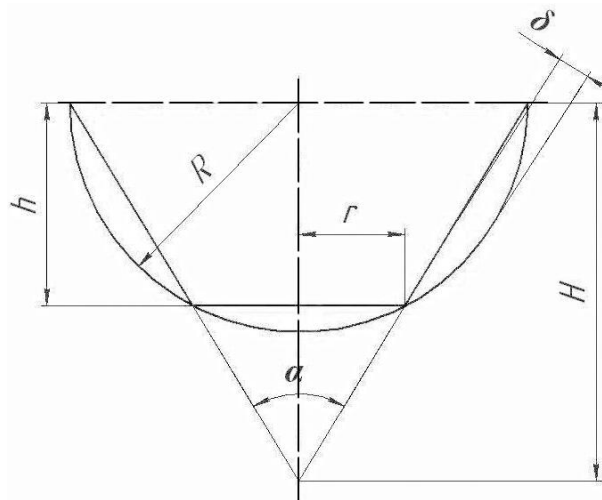


Рис. 2. Схема определения размеров полуфабриката

Предварительно определяем длину формообразующей линии конуса высотой H :

$$L = \frac{R}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (5)$$

Определяем длину формообразующей линии конуса высотой $H-h$:

$$l_K = \frac{r}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} l = \frac{R}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - \frac{r}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{R-r}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (6)$$

Выполним развертку конуса (рис. 3).

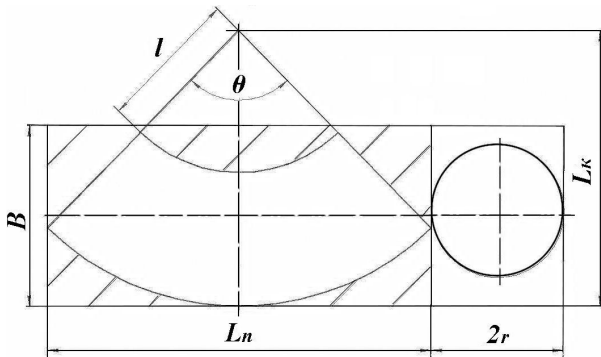


Рис. 3. Форма заготовки для изготовления конического полуфабриката

Угол развертки θ равен:

$$\theta = 360 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (7)$$

Определяем площадь поверхности полуфабриката. Боковая площадь поверхности будет равна:

$$S = \pi L^2 \frac{\theta}{360} - \pi l^2 \frac{\theta}{360} = \frac{\pi r^2}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left(\frac{R}{r} - 1\right). \quad (8)$$

Площадь дна полуфабриката:

$$S_{\text{дн}} = \pi r^2. \quad (9)$$

Площадь всей поверхности полуфабриката:

$$S_{\Sigma} = \frac{\pi r^2}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left(\frac{R}{r} - 1\right) + \pi r^2. \quad (10)$$

Площадь листа для полуфабриката:

$$S_{\text{л}} = B(L_n + 2r). \quad (11)$$

Длина L_n :

$$L_n = 2L \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = 2 \frac{R}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sin 180 \frac{\alpha}{2}. \quad (12)$$

Вся длина листа:

$$\begin{aligned} L_{\Sigma} &= L_n + 2r = 2 \frac{R}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sin 180 \frac{\alpha}{2} + 2r l_K = \\ &= \frac{r}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}. \end{aligned} \quad (13)$$

Тогда площадь листа для полуфабриката будет равна:

$$S_{\text{л}} = B \left(2 \frac{R}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sin 180 \frac{\alpha}{2} + 2r \right). \quad (14)$$

Коэффициент полезного использования металла можно оценить как:

$$K_{\text{ПИ}} = \frac{\frac{\pi r^2}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left[\frac{R}{r} + 1\right]}{B \left(2 \frac{R}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sin 180 \frac{\alpha}{2} + 2r \right)}. \quad (15)$$

Для днища диаметром 2,5 м при соотношении $R/r = 2$ и $R = 1,25$ м, $r = 0,625$ м полезное использование металла составляет 72%, что превосходит базовый вариант в 1,7 раз.

Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости использования прогрессивных технологий для снижения энергозатрат и для экономии материала.

По данной методике разработана программа для расчета конфигурации листовых заготовок, ко-

торая может быть использована в учебном процессе, а также и на производстве, как для статических процессов, так и для разработки технологий импульсной листовой штамповки.

Литература

1. Ковка и штамповка алюминиевых сплавов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://metallischekiy-portal.ru/articles/obrabotka/shtampovka/kovka_i_shtampovka_alyuminievix_splavov/11. – 5.06.2014.

2. Пухтовников, Р. В. Перспективы развития листовой штамповки взрывом [Текст] / Р. В. Пухтовников, В. К. Борисевич // Импульсная обработка металлов давлением : сб. науч. тр. Харк. авиац. ин-та. – Х., 1977. – С. 4–7.

3. Горбунов, М. Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве летательных

аппаратов [Текст] / М. Н. Горбунов. – М. : Машиностроение, 1970. – 230 с.

4. Исаченков, Е. И. Штамповка резиной и жидкостью [Текст] / Е. И. Исаченков. – М. : Машиностроение, 1967. – 376 с.

5. Мельников, Э. Л. Холодная штамповка днищ [Текст] / Э. Л. Мельников. – М. : Машиностроение, 1976. – 184 с.

6. Савченко, Н. Ф. Изготовление крупногабаритных деталей, емкостей и резервуаров [Текст] / Н. Ф. Савченко, Е. Н. Рубан // Современное состояние использования импульсных источников энергии в промышленности : тез. докл. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Х., 2007. – С. 103–104.

7. Высокоскоростные методы обработки металлов давлением [Текст] : учеб. пособие / В. А. Титов, Ю. Е. Шамарин, А. И. Долматов, В. К. Борисевич, В. А. Маковой. – К. : Изд-во. СПД, 2008. – 322 с.

Поступила в редакцию 5.06.2014, рассмотрена на редколлегии 17.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологий производства авиационных двигателей А. И. Долматов, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛУ ПРИ ШТАМПУВАННІ ТА МЕТОДИ ЙОГО ЗБІЛЬШЕННЯ

М. Ф. Савченко, В. В. Третьяк, А. В. Онопченко, С. О. Стадник

Розроблено математичну модель визначення коефіцієнту використання металу для виробів типу великогабаритних днищ при виготовленні їх пресовим та безпресовим методами. Представлено переваги безпресового методу штампування деталей перед методом штампування на пресовому устаткуванні. Наведено можливість істотного збільшення коефіцієнту використання металу за рахунок застосування нових прогресивних безпресових методів штампування. Вказано необхідність використання прогресивних технологій для зменшення енерговитрат та економії матеріалу.

Ключові слова: коефіцієнт використання металу, безпресове штампування, заготовка, деталі типу днища, ресурсозберігаючі технології.

DETERMINING FACTOR IN USE METAL STAMPING AND METHODS TO INCREASE ITS

N. F. Savchenko, V. V. Tretjak, A. V. Onopchenko, S. A. Stadnik

A mathematical model for determining the coefficient of metal for products as large heads in the manufacture of press and nonpress methods is developed. The benefits of nonpress method in comparison with the stamping on press equipment are presented. The possibility of a substantial increase in the utilization rate of the metal through the use of new, more advanced methods of nonpress stamping is shown. The necessity of the use of advanced technologies to reduce energy and material savings is presented.

keywords: coefficient of using metal, nonpress stamping, blank, large heads, saving technologies.

Савченко Николай Федорович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент, доцент кафедры техники и технологи, Харьковский национальный экономический университет им. Семена Кузнеця, Харьков, Украина, e-mail: Savchenko.n.f@gmail.com.

Третьяк Владимир Васильевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: Vladimir.tretjak@mail.ru.

Онопченко Антон Виталиевич – мл. науч. сотр. каф. технологий производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: anton.onopchenko@yandex.ru.

Стадник Степан Александрович – вед. инженер, ПАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина, e-mail: stadnik-stepan@mail.ru.