

УДК621.7.043

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТБОРТОВКИ ТОНКОСТЕННЫХ ОСЕССИМЕТРИЧНЫХ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С МИНИМАЛЬНОЙ РАЗНОТОЛЩИННОСТЬЮ

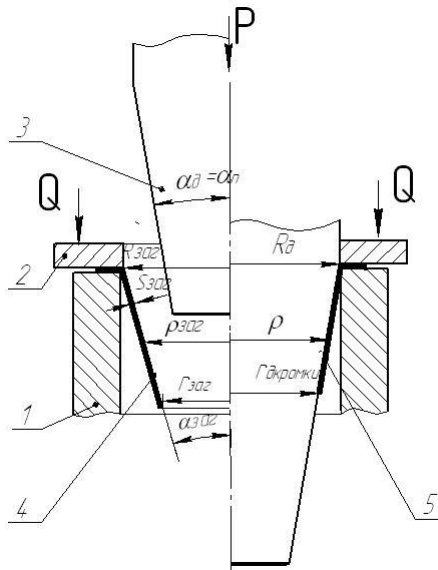
© Левагина А.А., Демьяненко Е.Г., Попов И.П.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: linkalevagina@mail.ru

Одной из важных задач, стоящей перед современным машиностроением, является производство конкурентоспособной продукции. К ней, в том числе, можно отнести и штампованные детали, размеры которых либо близки, либо полностью соответствуют готовому изделию [2; 5; 6], что позволяет реализовать одно из основных требований, предъявляемых к двигателям – снижение удельной массы двигателя при заданной тяге [1]. С этой целью в реальных процессах пластического деформирования тонкостенной листовой заготовки аналитически решается условие минимизации, с помощью которого устанавливается возможная минимальная разнотолщинность детали, определяемая разницей между заданной и технологически возможной толщиной при определенных параметрах деформирования [3].

В работе проведен анализ схемы нового способа отбортовки для получения тонкостенных осесимметричных конических [4] деталей минимальной разнотолщинности (рис. 1).



$R_{ззз}$ – наибольший радиус заготовки; $R_{ддд}$ – наибольший радиус детали; α_n – угол конусности пуансона; $\alpha_{ззз}$ – угол конусности заготовки; $r_{ззз}$ – наименьший радиус заготовки; $\rho_{ззз}$ – текущий радиус заготовки; $S_{ззз}$ – толщина заготовки

Рис. 1. Схема нового способа отбортовки: 1 – матрица, 2 – прижим, 3 – пуансон, 4 – заготовка, 5 – деталь

Осесимметричная коническая заготовка 4 неподвижно зажимается по плоскому фланцу прижимом 2 к матрице 1 и деформируется сначала в зоне меньшего диаметра и

только в конце процесса в зоне большого диаметра благодаря разным углам наклона образующих конических частей пуансона 3 и заготовки 4 $\alpha_n \leq \alpha_{заг}$ при $R_{заг} = R_\delta$.

Запишем условие минимизации:

$$\int_{r_\delta}^1 \left[(\bar{S}_\delta - 1) - L \left(1 - \frac{\bar{r}_{заг}}{\rho} \right) \right]^2 d\rho \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{S}_\delta = \frac{S_\delta}{S_{заг}}; \bar{r}_{заг} = \frac{R_{заг}}{R_\delta}; \bar{\rho} = \frac{\rho}{R_\delta}; \quad (2)$$

где μ – коэффициент анизотропии трансверсально-изотропного тела;

$\bar{\sigma}_{\rho k}$ – среднеинтегральное меридиональное напряжение, равно:

$$\bar{\sigma}_{\rho k} = \frac{\sigma_{\rho k}}{\sigma_s} = (1 + f * ctg) \frac{1 - \bar{r}_\delta (1 - \ln(\bar{r}_\delta))}{1 - \bar{r}_\delta}. \quad (3)$$

Для определения соотношения $\frac{\bar{r}_{заг}}{\bar{\rho}}$ зависимость между радиусами представим в виде линейной функции:

$$\bar{r}_{заг} = a + b\bar{\rho}. \quad (4)$$

При $\bar{\rho} = \frac{\rho}{R_\delta} = 1; \bar{r}_{заг} = \frac{R_{заг}}{R_\delta} = 1$ получим решение:

$$1 = a + b; \text{ тогда } b = \frac{1-a}{1};$$

$$\bar{r}_{заг} = a + (1-a)\bar{\rho} = a(1-\bar{\rho}) + \bar{\rho}. \quad (5)$$

Формула (5) наиболее проста и дает возможность варьирования по параметру «а».

Преобразуем выражение (1) с учётом (5) к виду:

$$\int_{r_\delta}^1 \left[\bar{S}_\delta - 1 - La \left(\frac{1}{\rho} - 1 \right) \right]^2 d\rho \rightarrow \min,$$

$$\frac{\partial}{\partial a} \int_{r_\delta}^1 \left[\bar{S}_\delta - 1 - La \left(\frac{1}{\rho} - 1 \right) \right]^2 d\rho \rightarrow \min.$$

Отсюда:

$$a = \frac{\int_{r_\delta}^1 (1 - \bar{S}_\delta) \left(\frac{1}{\rho} - 1 \right) d\rho}{L \int_{r_\delta}^1 \left(\frac{1}{\rho} - 1 \right)^2 d\rho} = \frac{(1 - \bar{S}_\delta) (\bar{r}_\delta - 1 - \ln(\bar{r}_\delta))}{L \left(\frac{1}{\bar{r}_\delta} + 2 \ln(\bar{r}_\delta) - \bar{r}_\delta \right)}. \quad (8)$$

Рассмотрим решение при заданных параметрах:

$$\bar{\sigma}_{\rho k} \approx 0; L = -0,5; \mu = 0,5; \bar{r}_\delta = \frac{r_\delta}{R_\delta} = \frac{11,22}{22,45} = 0,528; \bar{S}_\delta = 0,9; \ln(\bar{r}_\delta) = -0,638.$$

Получим:

$$a = -0,368; \text{ при } \bar{\rho} = 0,528.$$

$$\bar{r}_{заг} = -0,368 (1 - 0,528) + 0,528 = -0,174 + 0,528 = 0,354 \text{ или } r_{заг} = 7,95 \text{ мм.}$$

При $\bar{\rho} = 1, \bar{r}_{заг} = 1$ или $R_0 = 22,45$ мм.

Найдем соотношения толщин из уравнения связи при допущении, что $L = \text{const}$:

$$\bar{S}_m = 1 + L \left(1 - \frac{\bar{r}_{заг}}{\bar{\rho}} \right),$$

где \bar{S}_m – технологически возможная толщина.

При $\bar{r}_{заг} = 1; \bar{\rho} = 1$ получим:

$$\bar{S}_m = 1 \text{ или } S_m = S_{заг};$$

При $\bar{r}_{заг} = 0,354; \bar{\rho} = 0,528$ получим:

$$\bar{S}_m = 1 - 0,5 \left(1 - \frac{0,354}{0,528} \right) = 0,835 \text{ или}$$

$$S_m = 0,835 S_{заг} \text{ (мм).}$$

Построим относительную технологически возможную толщину и относительную заданную толщину детали вдоль относительного ее радиуса (рис. 2).

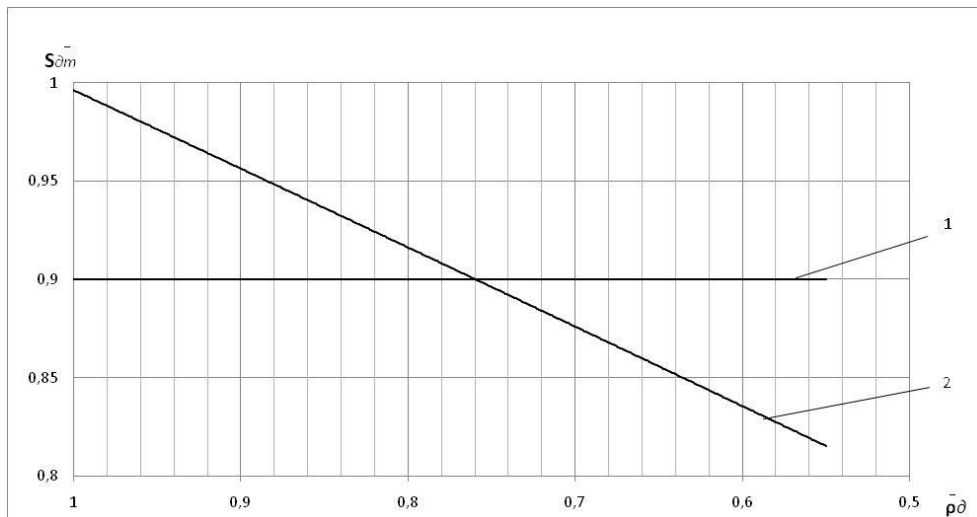


Рис. 2. Изменение относительной технологически возможной толщины детали конической формы в процессе отбортовки вдоль очага деформации

В предложенной схеме способа отбортовки и принятых размерах детали будет достигнута минимальное отклонение от заданной толщины.

Библиографический список

1. Синярев Г.Б., Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Теория и проектирование. М.: Оборонгиз, 1955. 499 с.
2. Захаров О.В. Минимизация погрешностей формообразования при бесцентровой абразивной обработке. Саратов: СГТУ, 2006. 152 с.

3. Демьяненко Е.Г., Попов И.П. Проектирование технологических процессов формообразования тонкостенных осесимметричных деталей летательных аппаратов (гриф УМО) Самара, Самарс. гос. аэрокосмический ун-т, 2014. 144 с.

4. Патент РФ № 1304956 15.11.1985; зарегистрировано 23.04.1987. Способ калибровки сужающихся оболочек.

5. Патент РФ № 2540287 05.04.201; зарегистрировано 17.12.2014. Способ формообразования тонкостенных осесимметричных деталей усеченной сужающейся формы.

6. Патент РФ № 2532581 28.12.2012; зарегистрировано 10.09.2014. Способ формообразования тонкостенных осесимметричных деталей усеченной сужающейся формы и устройство для его осуществления.