УДК 621.983.3

# Предельные возможности материала при вытяжке, определяемые по напряженно-деформированному состоянию фланца

*Ю. М. Арышенский, Ф. В. Гречников, В. Ю. Арышенский, И. В. Осиновская*

Предельные возможности материала зависят от его свойств и схемы напряженно - деформированного состояния при конкретном процессе ОМД.

Если в различных зонах характер напряженно-деформированного состояния различен, то рассматривают лишь зоны, определяющие рассматриваемую операцию.

Рассмотрим вытяжку цилиндрических деталей. В них характерными зонами являются фланец и стенка, где происходит наибольшее утонение. На фланце детали не должны появляться локальные зоны утонения. Следовательно, можно использовать критерий начала образования шейки, то есть $dP = 0$. При этом необходимо взять растягивающее усилие, то есть $P_p$.

Известно /1/, что радиальные напряжения на фланце определяются из уравнения

$$\sigma_\rho = \beta_{кр}\sqrt{\frac{\mu_{13}}{\mu_{31}}}\sigma_и \ln\frac{R_н}{\rho}, \tag{1}$$

где $\mu_{ij}$ - коэффициент поперечной деформации.

Следовательно $P_p$ имеет вид :

$$P_p = \beta_{cp}\sqrt{\frac{\mu_{13}}{\mu_{31}}}F\sigma_и \ln\frac{R_н'}{\rho}, \tag{2}$$

где $F$ - площадь поперечного сечения.

Отметим, что интенсивность напряжений $\sigma_и$ меняется в процессе вытяжки и связана с величиной $\rho$. В связи с этим дифференцируем уравнение (2) по частям, а затем принимаем $dP = 0$ и $\sigma_и = Ae_i^n$.

В результате получим :

$$e_i = \frac{\rho_н}{R_н}\ln\frac{R_н}{\rho}. \qquad (3)$$

Найденное значение $e_i$ позволит учесть упрочнение материала, то есть

$$\sigma_п = A\left(\frac{\rho_н}{R_н}\ln\frac{R_н}{\rho}\right)^n. \qquad (4)$$

Примем $\rho = r_п$, то есть радиусу пуансона. Тогда

$$\sigma_п = A\left(\frac{n}{K_в}\ln K_в\right)^n. \qquad (5)$$

Расчет по формуле (5) показал, что $\sigma_п = \sigma_в$ материала. В действительности при расчете получено:

| Материал | $K$ | $\sigma_в$, МПа |
|---|---|---|
| D16AM | 2,05 | 203,0 |
| A5 | 2,11 | 93,4 |
| MA-8 | 2,42 | 260,0 |
| OT4 | 3,02 | 800,0 , |

что соответствует реальным данным /2/.

Заменим в (5) $\sigma_п$ на $\sigma_в$ и получим

$$\frac{K_в}{n}\left(\frac{\sigma_в}{A}\right)^{\frac{1}{n}} = \ln K_в \qquad \text{или} \qquad K_в = \exp\frac{K_в}{n}\left(\frac{\sigma_в}{A}\right)^{\frac{1}{n}}. \qquad (6)$$

Задавая $K_в$ значения, близкие к реальным, методом последовательных приближений найдем его точное значение. В результате:

| Материал | $K_в$ |
|---|---|
| D16AM | 2,06 |
| A5 | 2,12 |
| MA-8 | 2,42 |
| OT4 | 2,98 |

В заключение отметим, что такой подход дает реальные результаты, если в (6) подставить достаточно точные значения $\sigma_в$ и $A$. Но одно очевидно, что при использовании второго подхода по утонению стенки на фланце вместо $\sigma_n$ можно подставить $\sigma_в$ материала.

Определим утонение материала. Примем линейное напряженное состояние. Тогда

$$e_t = -\mu_{31} e_\rho = -\mu_{31} e_1 . \tag{7}$$

В формулу (7) введем значение формулы (3) и примем $\rho = r_n$.

В результате получим

$$\bar{S} = \frac{S}{S_0} = K_e^{\mu_{31}\frac{n}{K_e}} . \tag{8}$$

Расчеты по формуле (8 ) сведем в таблицу:

| Материал | $\mu_{31}$ | $n$ | $K_e$ | $\bar{S}$ |
|---|---|---|---|---|
| D16AM | 0,64 | 0,236 | 2,06 | 0,95 |
| MA8 | 0,42 | 0,15 | 2,42 | 0,98 |
| OT4 | 0,20 | 0,095 | 2,98 | 0,99 |
| A5 | 0,58 | 0,27 | 2,12 | 0,94 |

Таким образом,выведены формулы для определения коэффициентов вытяжки и утонения материала на фланце.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Арышенский Ю. М. , Гречников Ф. В., Осиновская И. В., Лосев М. Г. Напряженно-деформированное состояние во фланце при вытяжке цилиндрических деталей из ортотропного материала.//Совершенствование технологии изготовления деталей в авиастроении. Самара: СГАУ, 1996, С.168-173.

2.Арышенский Ю. М., Гречников Ф. В. Теория и расчеты пластического формоизменения анизотропных материалов. М: Металлургия, 1990, 304 с.