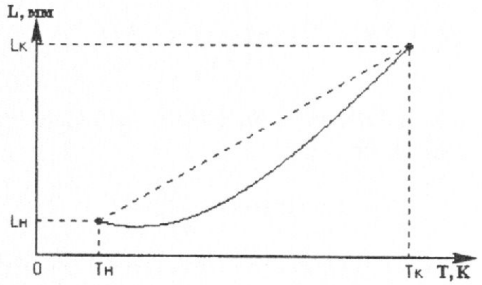

Рис. 1. Двухэлементная конструкция

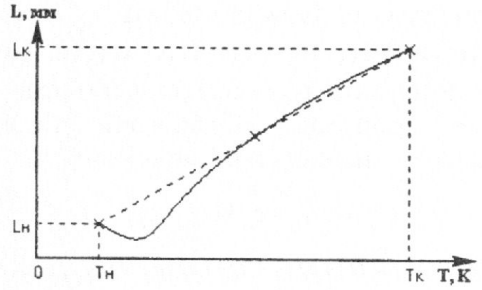

Рис. 2. Трехэлементная конструкция

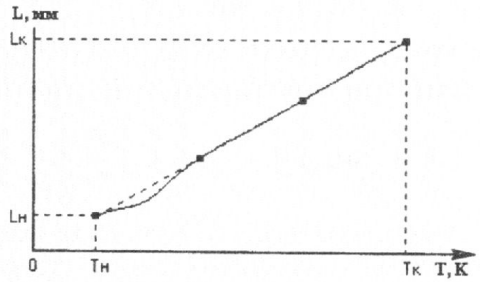

Рис. 3. Четырехэлементная конструкция

интервале L = 0.05...0.3 мм и представляет собой линейную функцию. Результаты расчетов представлены в таблице.

Таким образом, установлено, что чем большее количество материалов участвует в формировании

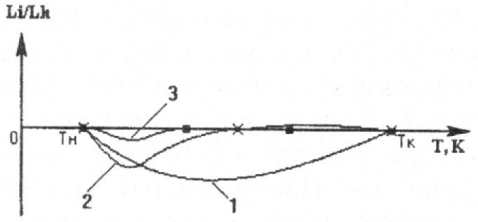

Рис. 4. Абсолютная погрешность: *1* — двухэлементная, *2* — трехэлементная, *3* — четырехэлементная конструкции

Варианты конструкций

Увеличивающие звенья			Уменьшающие звенья		
№	Материал	Размер, мм	№	Материал	Размер, мм
		Двухэлементная конструкция			
1	АЛ	141.404	1	30ХГСА	141.354
		Трехэлементная конструкция			
1	АМгб	279.096	1	30ХГСА	73.667
			2	АЛ	205.379
		Четырехэлементная конструкция			
1	30ХГСА	375.866	1	М1	886.77
2	АЛ	328.506			
3	АМгб	182.448			

замыкающего звена, тем выше точность его обеспечения в рабочем диапазоне температур.

CALCULATION ALGORITHM FOR WARM-UP DEFORMATION IN MULTIPLE-UNIT DESIGNS

V. A. Mironov, V. S. Zevako

A calculation algorithm of warm-up deformation in multiple-unit designs is presented. It is possible to ensure a functional change end section within the working interval of temperatures assigning dimensioned chain and materials for fabrications of unit.

РОЗРАХУНОК РАДІУСІВ КРИВИЗНИ ІНСТРУМЕНТА ПРИ ШТАМПУВАННІ СФЕРИЧНИХ ОБОЛОНОК

© М. М. Убизький

Дніпропетровський державний університет, Фізико-технічний інститут

Розглянуто питання інтенсифікації технологічної підготовки виробництва сферичних днищ баків ракет

У конструкціях виробів ракетно-космічної техніки значне місце займають днища сферичної форми, які виготовляються витяжкою з інтенсивним переміщенням фланця круглої заготовки в отворі

матриці. До них пред'являються високі вимоги щодо точності (допуск на діаметр, на відхилення контура перетину від заданих обводів, на зменшення початкової товщини заготовки тощо).

Під час виготовлення сферичних днищ виникають труднощі, пов'язані з явищем пружної післядії, коли штамповане днище після зняття навантаження та розкриття штампу під дією внутрішніх пружних сил змінює свою форму і розміри. Деформована заготовка знаходиться в умовах різного за характером складного напружено-деформованого стану: стискання-розтяг та двосторонній розтяг (центральна зона). Існує такий перетин $D_C = 2R_C$, що розмежовує ці зони (рис. 1). В нейтральному перетині головні меридіональні напруги дорівнюють нулю.

Задача урахування пружної віддачі зводиться до отримання радіусів кривизни робочих частин штампа, що компенсують віддачу у двох зонах: центральній та стиснено-розтягнутій.

Закони розподілу головних меридіональних та тангенційних напруг у стиснено-розтягнутій зоні:

$$\sigma_{R_I} = \sigma_{S_{\text{гр}}} \ln\frac{R_{\text{гр}}}{R_C} + \sigma_{R_{\text{гр}}},$$

$$\sigma_\theta = -\sigma_{S_{\text{гр}}}\left(1 - \ln\frac{R_{\text{гр}}}{R_C}\right) + \sigma_{R_{\text{гр}}},$$

де $R_{\text{гр}}$ — радіус границі контакту заготовки з матрицею, $\sigma_{S_{\text{гр}}}$ — опір матеріалу деформуванню на границі контакту заготовки з матрицею, $\sigma_{R_{\text{гр}}}$ — меридіональні напруги на границі контакту заготовки з матрицею.

В момент прилягання діаметра нейтрального перетину до пуансона тангенційні напруги дорівнюють

$$\sigma_{\theta_C} = -\sigma_{S_{\text{гр}}}\left(1 - \ln\frac{R_{\text{гр}}}{R_C}\right) + \sigma_{R_{\text{гр}}} = 0,$$

тобто нейтральний діаметр дорівнює

$$D_C = 2R_C = 2\exp\left(\frac{\sigma_{R_{\text{гр}}}}{\sigma_{S_{\text{гр}}}} + \ln R_{\text{гр}} - 1\right).$$

Кут, на який опирається центральна зона (рис. 2) дорівнює

$$\alpha_1 = 2\arcsin\frac{D_C}{2R_{\text{СФ}}}.$$

Після зняття навантаження довжина дуги L_1, яку охоплює кут α_1, зменшується на величину $\Delta L_1 = L_1\varepsilon_{\text{пр}}$. Величина пружної деформації у будь-якій точці центральної зони становить $\varepsilon_{\text{пр}} = \sigma_i E$, де E — модуль пружності, σ_i — інтенсивність напруг.

Для компенсації пружних деформацій центральної зони необхідно збільшити довжину меридіонального перетину на величину ΔL_1:

$$L_2 = L_1(1 + \varepsilon_{\text{пр}}).$$

З умови незмінності діаметра нейтрального перетину D_C

$$\frac{\alpha_2}{\sin(\alpha_2/2)} = \frac{\alpha_1}{\sin(\alpha_1/2)}(1 + \varepsilon_{\text{пр}})$$

отримаємо α_2, що охоплює дугу L_2. Таким чином, радіус кривизни центральної зони дорівнює

$$R_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}R_{\text{СФ}}(1 + \varepsilon_{\text{пр}}) = R_{\text{СФ}}\frac{\sin(\alpha_1/2)}{\sin(\alpha_2/2)}.$$

Для визначення радіуса кривизни стиснено-розтягнутої зони розглянемо схему розрахунку на рис. 3. У будь-якому меридіональному перетині сферичного днища дуга cb являє собою контур зони, що знаходиться під навантаженням. Після зняття навантаження контур cb переміщується у положення ca. Загальна довжина дуги в результаті дії внутрішніх сил після зняття навантаження зменшилась: $ca = cb - \Delta cb$.

Щоб компенсувати величину пружної віддачі стиснено-розтягнутої зони, необхідно збільшити дугу cb під навантаженням на величину Δcb, тобто

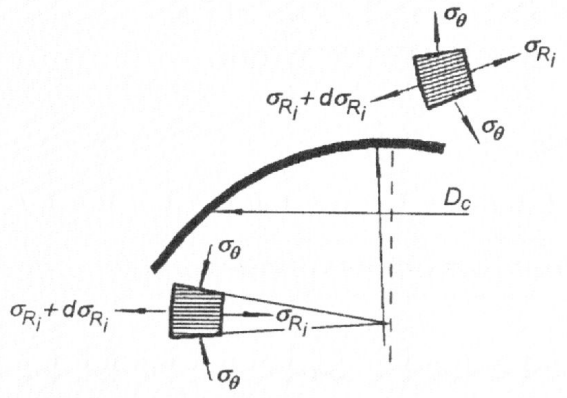

Рис. 1. Схема навантаження днища під час витягування

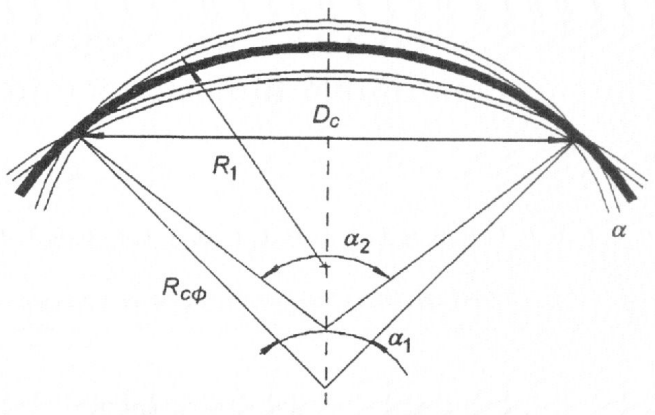

Рис. 2. Схема розрахунку для визначення радіуса кривизни центральної зони

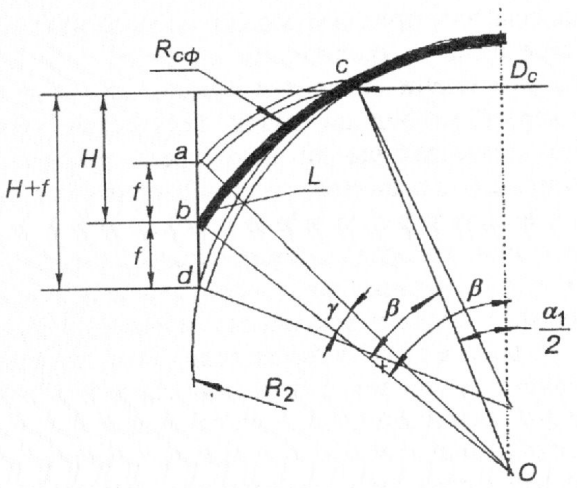

Рис. 3. Схема розрахунку для визначення радіуса кривизни стиснено-розтягнутої зони

надати деформуючому інструменту контур за дугою cd з радіусом R_2.

$$\Delta cd = \Delta L = L\varepsilon_{пр},$$

де L — довжина дуги стиснено-розтягнутої зони у будь-якому меридіональному перетині днища.

Величина переміщення діаметра деталі у напрямку ba:

$$f = [2R_{СФ}\sin(\gamma/2)]/\sin(\beta_1 - \gamma),$$

де $\gamma = 180\Delta L/(\pi R_{СФ})$ — кут, на який опирається приріст дуги ΔL, $\beta_1 = \beta - \alpha_1/2$ — кут, на який опирається дуга cb. Величини ΔL та f несумірні з $R_{СФ}$, тому приймемо $ab = bd = f$.

З рисунка за геометричними співвідношеннями обчислимо

$$R_2 = \frac{1}{2(H+f)}\sqrt{\left[\left(\frac{D_Д + D_C}{2}\right)^2 + (H+f)^2\right]} \times$$

$$\times \sqrt{\left[\left(\frac{D_Д - D_C}{2}\right)^2 + (H+f)^2\right]}.$$

Сполучення радіусів R_1 та R_2 виконується огинаючим радіусом $R_{ОГ} = (1.5...2)(2R_1 - R_2)$.

Розрахунок радіусів штапів для витягування днищ сферичної форми значно зменшить вартість та термін технологічної підготовки нових виробів.

ACCOUNT OF RADIUSES TOOL'S CURVATURE FOR WANT IN PUNCHING OF SPHERICAL SHELLS

N. N. Ubyz'kyi

The problems of technological preparation of spherical bottoms of rocket tanks production are considered.

УДК

АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СОЕДИНЕНИЯ ГРАФИТА С МЕТАЛЛАМИ ПРИ УЧАСТИИ ЖИДКОЙ ФАЗЫ

© В. Е. Приходько, А. В. Кулик

Дніпропетровський державний університет

Графітові матеріали находять все більше застосування у сучасних інженерних конструкціях. Існуючі способи з'єднання графітів з металами поділяються на три основні класи за умовами, в яких проходить формування з'єднувального шва — в твердій, рідкій чи парогазовій фазі. Більшість способів зварки і пайки графіту с металами основано на формуванні шва у твердій чи рідкій фазах.

Известные в настоящее время способы соединения графита с металлами основаны на формировании зоны соединения в жидкой или твердой фазах с учетом протекающих при этом физико-химических процессов.

Формирование соединения с участием жидкой фазы является наиболее распространенным способом пайки, сварки, сварко-пайки графита с металлами. При этом возможны различные варианты материала формирующего — от металлического до карбидного и углеродного составов, а также промежуточных составов с различным содержанием металлической карбидной и углеродной фаз.

Для большинства способов пайки и сварки плавлением графитовых материалов с металлами характерно наличие жидкой фазы, образование которой может происходить при плавлении готовых припоев, промежуточных металлических прослоек, при