

УДК 621.983.3.001.5

Г. Л. ГРДИЛЯН, И. П. РЕННЕ

КОРРЕКТИВЫ К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА
РЕВЕРСИВНОЙ ВЫТЯЖКИ

Рассматривается определение предельных значений коэффициентов реверсивной вытяжки (РВ) с учетом влияния на расчетное значение удельного усилия РВ добавок (Д), учитывающих изгиб на входной границе пластической области и расширение на выходной. Эти границы рассматриваются как узкие зоны интенсивного изменения кривизны, в пределах которых действуют два главных фактора — изгибающий момент и нормальная сила. На примере РВ полых цилиндрических сосудов из неупрочняющегося трансверсально изотропного материала через идеально гладкую матрицу показано, что расчетное значение Д в 1,7 раза превосходит аналогичные величины, предполагаемые в теории листовой штамповки.

Ил. 3. Библиогр.: 10 назв.

Գործարարական արտադրանք գործարկի սովորական արժեքի որոշման ժամանակ (այդի) է առնվում տեսափորձի ուժի ազնվարկային մասը, որն առաջանում է ելակապույտ շտամպմանը ծավալի և ուղղվածի՝ պլաստիկ դեֆորմացիայի և հիշյալ սովորականության միջև առկա տարբերությունների հետևանքով: Այդ սովորականության գիտումն են որպես կարգի մասին փոփոխման ենթադրություններ, որոնք տարբերում գործում են երկու հերթի մասին գործունեք՝ ծավալ ժամանակ և երկու ուժի: Առաջին կազմակերպի արժեքները, այդի առնվում տեսափորձի ուժի ազնվարկային մասը: Ելակապույտից տարբերում են սովորական մեծության թիվեր գործարարական արտադրանքի գործունեքի ժամանակ, երբ այդի է առնվում միայն երրորդ ուժի գործունեք՝ ծավալ ժամանակ:

В работах [1—5] рассмотрены особенности изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) при движении материала через пластическую область (ПО) на стационарной стадии реверсивной вытяжки (РВ). Показан характер изменения толщины стенок заготовки и предельных значений коэффициентов вытяжки $m = \frac{d_2}{d_0}$

и $\lambda = \frac{1}{\pi} = \frac{d_0}{d_2}$ (d_0 и d_2 — диаметры полой цилиндрической заготовки до и после вытяжки) от трения, анизотропии и упрочнения материала заготовки.

При анализе НДС на стационарной стадии РВ [1] используется допущение [6], что границами ПО (рис. 1) являются сечения I—I и II—II (входная и выходная границы). При движении материала через границы ПО происходит резкое изменение кривизны, поэтому каждую из этих границ можно рассматривать как узкую зону, также имеющую свои входную и выходную границы, между которыми происходит интенсивное изменение кривизны [7]. На рис. 1 показаны силовые факторы, действующие по обе стороны от границ узких зон.

На входной границе узкой зоны I—I изгибающий момент $M_0 \neq 0$, а нормальная сила N_0 равна нулю только в случае, если отсутствует

внешняя растягивающая или сжимающая сила, приложенная к недеформированной части заготовки перед входной границей ПО [8]. На выходной границе зоны I—I действуют момент $M_1 < M_0$ и сила $N_1 \neq 0$ ($N_1 > N_0$), значения которых подлежат определению. Соответственно на входной границе узкой зоны II—II момент $M_2 \neq 0$, а значение $N_2 \neq 0$ определяется величиной меридионального напряжения σ_r и толщиной стенки h_2 на этой границе, которые рассчитываются из анализа НДС и ПО, на выходной же границе этой узкой зоны действуют момент $M_3 < M_0$ и нормальная сила N_3 ($N_3 > N_1$), значения которых также подлежат определению.

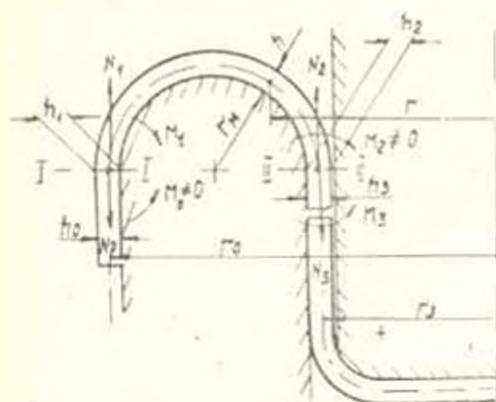


Рис. 1 Силовые факторы, действующие на границах узких зон I—I и II—II интенсивного изменения кривизны.

Известно [9], что силовые факторы M и N , когда материал находится в состоянии текучести, не являются независимыми. Если сила N_3 достигает предельного значения и момент M_3 равен нулю, то справедливо равенство $N_2 = N_3$ и, следовательно, при движении через узкую зону II—II нет приращения меридионального напряжения. Такое предположение было использовано в [1—5] при определении предельных значений коэффициентов вытяжки. Однако оно находится в противоречии с известным положением [10] о том, что при стационарном процессе деформирования приращение удельного усилия (меридионального напряжения) равно приращению удельной работы деформации — изменение кривизны не может произойти без затраты работы. Следовательно, при определении предельных значений коэффициентов вытяжки m_n и K_n необходимо учитывать и приращение удельного усилия в узкой зоне II—II. Для определения этих приращений в зонах I—I и II—II воспользуемся результатами анализа стационарного изгиба в условиях плоской деформации листа из неупрочняющегося трансверсально изотропного материала выполненного в [7].

При известных значениях сопротивления деформации σ_s и коэффициента анизотропии K материала, толщины листа h_1 и безразмерной величины меридионального напряжения $\bar{\sigma}_{r,1} = \frac{\sigma_{r,1}}{\sigma_s}$ перед

входной границей соответствующей узкой зоны, в которой происходит резкое изменение кривизны (для зоны I—I $j=1$, а зоны II—II $j=3$), могут быть определены значения $\bar{\sigma}_r$ и \bar{h}_j на ее выходной границе с помощью зависимостей [7]:

$$\bar{h}_j = \frac{h_j}{h_{j-1}} = \frac{\bar{\sigma}_r^2 + \bar{\sigma}_{r_{j-1}}^2}{\bar{\sigma}_r^2 + \bar{\sigma}_{r_j}^2} = \frac{4\bar{r}_{mj} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_r}{\zeta} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_{r_{j-1}}}{\zeta} \right) \right]}{1 - 2 \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_r}{\zeta} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\bar{\sigma}_{r_{j-1}}}{\zeta} \right) \right]}, \quad (1)$$

где $\zeta = \sqrt{\frac{2(1+K)(2+K)}{3(1+2K)}}$ и $\bar{r}_{mj} = \frac{r_{mj}}{h_{j-1}}$ (r_{mj} — радиус ребра матрицы).

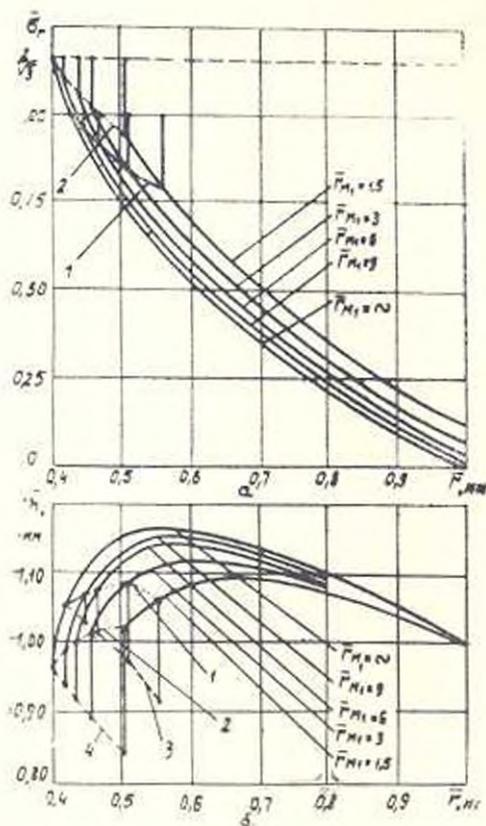


Рис. 2. Графики зависимостей $\bar{\sigma}_r(r)$ и $\bar{h}(r)$ при различных значениях

$$\bar{r}_{mj} = \frac{r_{mj}}{h_{j-1}} \text{ (сплошные кривые).}$$

Изменение толщины h и меридионального напряжения σ_r при движении материала от выходной границы зоны I—I до входной границы зоны II—II, связанное с изменением текущей координаты r , определяется с помощью зависимостей [1]:

$$\ln \bar{r} = -\frac{1}{2} \left[\frac{\bar{z}_r}{\sigma_r} \sqrt{1 - \frac{(1+2R)\bar{z}_r^2}{(1+R)^2}} + \frac{1+R}{1-2R} \arcsin \left(\frac{\bar{z}_r \sqrt{1-2R}}{1-R} \right) \right] \Big|_{\bar{z}_1}^{\bar{z}_2} \quad (2)$$

$$\ln \bar{h} = -\frac{1}{2} \left[\frac{(1+2R)\bar{z}_r}{(1+R)^2} - \frac{\bar{z}_r}{1-R} \sqrt{1 - \frac{(1+2R)\bar{z}_r^2}{(1+R)^2}} - \frac{1}{1-2R} \arcsin \left(\frac{\bar{z}_r \sqrt{1+2R}}{1-R} \right) \right] \Big|_{\bar{z}_1}^{\bar{z}_2} \quad (3)$$

где $\bar{r} = \frac{r}{r_1}$ и $\bar{h} = \frac{h}{h_1}$ (h_1 и r_1 — толщина и радиальная координата точки срединной поверхности на выходной границе зоны I—I).

На рис. 2 приведены графики $\bar{z}_r(r)$ и $\bar{h}(r)$, построенные с помощью зависимостей (2) и (3) при $R = 1$ ($\zeta = \frac{2}{1.3}$) и $\bar{z}_r = 0$ для значений $\bar{r}_{\text{ли}} = \frac{r_{\text{ли}}}{h_0} = 1,5, 3, 6, 9$ и \dots . Для их построения сначала с помощью зависимости (1) находили соответствующие выходной границе узкой зоны I—I ($j=1$) значения \bar{z}_1 и $\bar{h}_1 = \frac{h_1}{h_0}$, используя выбранные значения $\bar{r}_{\text{ли}}$ и $\bar{z}_r = 0$.

Приняв в качестве предельных значения $\bar{z}_r = 1$ и $\bar{z}_r = \zeta = \frac{2}{1.3}$, из решения системы уравнений (1)–(3) находили соответствующие предельным значениям \bar{z}_r величины

$$\bar{h}_2 = \frac{h_2}{h_1}, \quad \bar{h}_3 = \frac{h_3}{h_2}, \quad \bar{z}_r, \quad \text{и} \quad \bar{r}_2 = \frac{r_2}{r_1} \quad (r_1 = r_0 + 0,5(h_0 - h_1)).$$

Из рис. 1 следует, что предельное значение радиуса срединной поверхности на выходной границе узкой зоны II—II равно

$$r_3 = r_2 + 0,5(h_2 - h_3) = r_2 \left[r_2 + \frac{h_2}{2r_0} [h_1 \bar{h}_2 (1 - \bar{h}_3) - \bar{r}_2 (1 - \bar{h})] \right], \quad (4)$$

а предельное значение коэффициента вытяжки —

$$m_n = \frac{1}{K_n} = \frac{r_2}{r_0} = r_2 + \frac{h_0}{2r_0} [h_1 \bar{h}_2 (1 - \bar{h}_3) - \bar{r}_2 (1 - \bar{h}_1)], \quad (5)$$

где, поскольку $r_0 = r_2 + 2r_{\text{ли}} + 0,5(h_0 + h_2)$, значение

$$\frac{h_0}{2r_0} = \frac{1 - \bar{r}_2}{1 + h_1 \bar{h}_2 + 4r_{\text{ли}} - r_2 (1 - \bar{h}_1)} \quad (6)$$

На рис. 3 приведены графики зависимостей $m_n \left(\frac{h_0}{2r_0} \right)$ и $K_n \left(\frac{h_0}{2r_0} \right)$

В теории листовой штамповки [6 и др.] влияние изгиба и распрямления обычно учитывается двумя одинаковыми добавками, равными величине $\frac{h_0}{2(2r_M + h_0)}$. Расчеты, выполненные с помощью зависимостей (1) – (3), показывают, что:

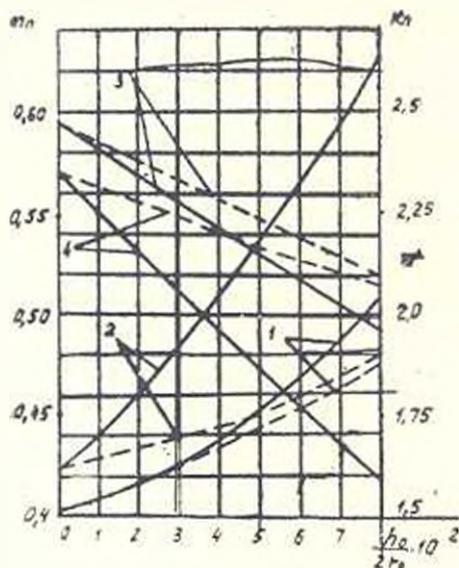


Рис. 3. Графики зависимостей $m_n \left(\frac{h_0}{2r_0} \right)$ и $K_n \left(\frac{h_0}{2r_0} \right)$, построенные с учетом добавки $\Delta \bar{\sigma}_r$ (сплошные линии) и без учета этой добавки (штриховые линии): 1 и 2 — m_n при $\bar{\sigma}_r = 1$ и $\frac{2}{\sqrt{3}}$; 3 и 4 — K_n при $\bar{\sigma}_r = 1$ и $\frac{2}{\sqrt{3}}$.

разность текущих значений $\bar{\sigma}_r$, рассчитанных с учетом и без учета изгиба в сечении I—I, возрастает с уменьшением значения координаты \bar{r} и оказывается всегда больше значения $\Delta \bar{\sigma}_r$. Так, когда $\bar{r}_n = \frac{2}{\sqrt{3}}$ и $\bar{r}_{II} = 1,5$, при $\bar{\sigma}_r = \bar{\sigma}_{r_0}$ эта разность, равная 0,205, в 1,42 раза больше значения $\Delta \bar{\sigma}_r = 0,144$ и в 1,64 раза больше величины $\frac{h_0}{2(2r_M + h_0)}$:

вторая добавка $\Delta \bar{\sigma}_{r_1} = \bar{\sigma}_r - \bar{\sigma}_{r_1}$, учитывающая распрямление в сечении II—II, оказывается значительно больше первой, т. е. значения $\Delta \bar{\sigma}_r$ (при $\bar{r}_{II} = 1,5$ в 1,6 раза).

Следовательно, суммарное расчетное значение в.ех добавок, учитывающих влияние изгиба и распрямления, значительно превосходит обычно принимаемое в теории листовой штамповки, равное величине

$$\frac{h_0}{2r_M + h_0} \quad [6] \quad (\text{в рассматриваемом примере при } \bar{r}_M = 1,5 \text{ в } 1,73 \text{ раза}).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ренне И. П., Грдилян Г. Л. Ныряженно-деформированное состояние, соответствующее стационарной стадии процесса реверсивной вытяжки // Изв. вузов. Машиностроение.—1974.—№ 7.—С. 135—139.
2. Грдилян Г. Л. Влияние анизотропии и упрочнения на изменение толщины стенки в процессе реверсивной вытяжки // Исследования в области пластичности и обработки металлов давлением: Межвуз. сб.—Тула: ТулПИ.—1974.—Вып. 2.—С. 77—81.
3. Грдилян Г. Л. Учет упрочнения и анизотропии при анализе стационарной стадии реверсивной вытяжки // Там же.—1975.—Вып. 3.—С. 21—30.
4. Ренне И. П., Грдилян Г. Л. Реверсивная вытяжка цилиндрических сосудов // Кузнечно-штамповочное производство.—1977.—№ 8.—С. 24—29.
5. Грдилян Г. Л. Анализ начального течения применительно к стационарной стадии процесса реверсивной вытяжки // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1982.—Т. 35. № 4.—С. 16—20.
6. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки.—М.: Машиностроение, 1977.—277 с.
7. Карташов А. Ф., Ренне И. П. Элементарный анализ процесса стационарного изгиба // Изв. вузов. Машиностроение.—1980.—№ 5.—С. 105—111.
8. Грдилян Г. Л., Ренне И. П. Свободная реверсивная вытяжка (без матрицы) // Исследования в области пластичности и обработки металлов давлением:—Межвуз. сб.—Тула: ТулПИ.—1977.—С. 59—68.
9. Прагер В. Проблемы теории пластичности.—М.: ГИФМЛ, 1956.—136 с.
10. Хилл Р. Математическая теория пластичности.—М.: ГИТТЛ, 1956.—407 с.

ЕрНИИММ

15. II. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 2, 1991, с. 61—64

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.391.26

Г. Р. ЧУГУРЯН

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

Работа посвящена получению расчетных формул спектральных характеристик многомерных сигналов. Рассматривается алгоритм спектрального анализа и его программная реализация на языке ФОРТРАН-IV ЭВМ «Электроника 100/25».

Библиогр.: 2 назв.

Աշխատանքը նվիրված է բազմաչափ ազդանշանների տարրալսատկերային բնութագրերի հաշվարկային բանաձևերի ստացմանը Գիտարկվում է տարրալսատկերային վերլուծության ընթացակարգ և նրա ծրագրային իրականացումը «էլեկտրոնիկա 100/25» էՄ-ի Յարտան ԻՎ լեզվով:

Известно, что решение задачи сбора и обработки экспериментальных данных связано с методами цифровой обработки сигналов