

4. Томленов А.Д. Теория пластического деформирования металлов. М., "Металлургия", 1972.

5. Бровман М.Я. Определение усилий при прокатке зубчатых колес. "Вестник машиностроения", 1960, № 9.

6. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Шнейдорович Р.М. Расчет на прочность деталей машин. М., "Машиностроение", 1966.

УДК 621.983

М.И.Хасьянов

КОНТРОЛЬ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА ОБТЯЖКИ С РАСТЯЖЕНИЕМ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ*

Процесс обтяжки - основной процесс при изготовлении деталей обшивок летательных аппаратов. Важным показателем, характеризующим данный процесс, является степень деформации растяжения заготовки при ее формообразовании. От степени деформации зависят:

1 - число переходов N , которое определяется зависимостью (1):

$$N = \frac{\epsilon_{i \max}}{\epsilon_{i \text{ пред. доп}}}, \quad (1)$$

где $\epsilon_{i \max}$ - максимальная интенсивность деформаций в опасном сечении;

$\epsilon_{i \text{ пред. доп}}$ - предельно допустимая интенсивность деформации для данного материала.

2 - величина пружинения детали после разгрузки, характеризующая точность процесса, что видно, например, из зависимости (2):

$$\tilde{\alpha} = \alpha_0 - \frac{\alpha'_n}{(1 - \epsilon'_0)}, \quad (2)$$

где $\tilde{\alpha}$, α_0 - соответственно остаточная кривизна элемента после разгрузки и под нагрузкой;

α'_n , ϵ'_0 - фиктивные кривизна и деформация, сопровождающие процесс разгрузки. Определяются они по зависимостям:

* Работа выполнена под руководством и при участии к.т.н. доцента В.П.Чистякова

$$\alpha_n' = \frac{Kb \alpha_n}{EJ(n+2)(n+1)} \left\{ \left[\left(y_0 + \frac{h}{2} \right)^{n+2} - \left(y_0 - \frac{h}{2} \right)^{n+2} \right] (n+1) - \left[\left(y_0 + \frac{h}{2} \right)^{n+1} - \left(y_0 - \frac{h}{2} \right)^{n+1} \right] (n+2) y_0 \right\};$$

$$\varepsilon_0' = \frac{K \varepsilon_0}{Eh y_0^n (n+1)} \left[\left(y_0 + \frac{h}{2} \right)^{n+1} - \left(y_0 - \frac{h}{2} \right)^{n+1} \right],$$

где K, E, n - константы, характеризующие механические свойства материала;

B, h, J - ширина, толщина и момент инерции элемента;

$\alpha_n = \frac{1 + \varepsilon_0}{\rho_0}$ - кривизна нейтрального олоя;

$y_0 = \frac{\rho_0 \varepsilon_0}{1 + \varepsilon_0}$ - расстояние оси инерции сечения до нейтрального олоя;

ρ_0 - радиус оси инерции сечения элемента;

ε_0 - деформация растяжения срединной поверхности элемента.

3 - в зависимости от величины деформации определяются также размеры заготовки и другие параметры процесса обтяжки.

В частности, размеры заготовки определяются по уравнениям:

$$S_0 = S (1 + \varepsilon_{3 \max});$$

$$B_0 = B (1 + \tilde{\varepsilon}_2) + \Pi_1;$$

$$L_0 = L (1 - \varepsilon_{1 \min}) + \Pi_2,$$

где S_0, B_0, L_0 - толщина, ширина, длина заготовки;

S, B, L - толщина, ширина, длина детали, которую получают обтяжкой;

Π_1, Π_2 - технологические припуски;

$\varepsilon_3, \varepsilon_2, \varepsilon_1$ - деформации утонения, сужения и удлинения.

4 - силовые параметры процесса, определяемые в основном усилием растяжения:

$$F = 2R_1 \int_0^{\beta_k} \sigma_{i,\beta} S_\beta d\beta,$$

где $\sigma_{i,\beta} = \Phi(\varepsilon_{i,\beta})$ - интенсивность напряжений в элементарном волокне, координированном углом β на сходе заго-

- товки с пуансона, которая является функцией интенсивностей деформаций в этом же волокне
- S_{β} - толщина элементарного волокна, координированного углом β с учетом деформации утонения;
- β_k - половина поперечного угла облегания пуансона с учетом деформации сужения;
- R_1 - радиус поперечной кривизны обшивки.

Анализ формул (1) и (2) показывает, что степень деформации неоднозначно удовлетворяет технологическим требованиям, например, снижение числа переходов за счет уменьшения $\varepsilon_{i \max}$ (1) ведет к увеличению пружинения. Повышение степени деформации (по сравнению с оптимальной), наоборот, приводит к повышению точности, уменьшению пружинения, однако, при этом возникает вероятность появления брака из-за чрезмерного утонения, обрыва, снижения надежности детали в результате нагартовки. Очевидно, для удовлетворения этих условий необходима оптимальная величина деформации.

В практике обтяжное оборудование должно быть снабжено достаточно точными средствами контроля за процессом и, прежде всего, за деформацией.

Контролю деформаций при обтяжке уделялось и уделяется большое внимание как в отечественной, так и в зарубежной практике. В частности, используются системы контроля за локальными деформациями в опасных зонах [3], [4], и за процессом обтяжки путем замера удлинения заготовки с помощью гибкой ленты [5]. Однако одним из общих недостатков данных разработок является необходимость установки датчиков и их настройки при обтяжке каждой детали, что повышает трудоемкость процесса. Поэтому данные системы не нашли широкого применения.

Обтяжно-растяжной пресс [6], в котором датчики-дефометры установлены в теле пуансона на определенном расстоянии, не имеет этого недостатка, но в условиях мелкосерийного производства он экономически невыгоден из-за необходимости оборудования датчиками большого количества пуансонов.

Принимая во внимание положительные стороны предыдущих решений и учитывая их недостатки, разработана система контроля за деформациями при обтяжке с растяжением листовых деталей. Принцип данного решения основан на замере перемещения растяжных губок в процессе обтяжки.

Деформацию растяжения любого элемента обшивки, имеющей конкретную геометрическую форму, можно определить по зависимости, приведенной в работе [1]:

$$\varepsilon_{\alpha\beta} = \varepsilon'_\beta \left[\exp\left(\frac{\mu\alpha}{n}\right) \right], \quad (3)$$

$$\varepsilon'_\beta = \frac{\pm a + R_1 \cos \beta}{\pm a + R_1 \cos \beta_k} - 1 + 0,01,$$

где $\varepsilon_{\alpha\beta}$ - деформация растяжения элемента, координированного углами α и β ;

ε'_β - деформация элемента в центральном сечении, координированном углами β , $\alpha = 0$;

μ, n - коэффициенты трения и упрочнения,

α, β - текущие значения углов облегания в продольном и поперечном направлениях;

$R_1, R_2, \beta_k, a, \alpha_k$ - геометрические параметры обшивки (рис. 1).

Смножителем в квадратных скобках учитывается влияние сил внешнего трения.

Из эпюры деформаций (см.рис. 1), построенной по формуле (3) при $\beta = 0$, видно, что максимальное значение деформаций будет у элемента с продольным углом $\alpha = \alpha_k$:

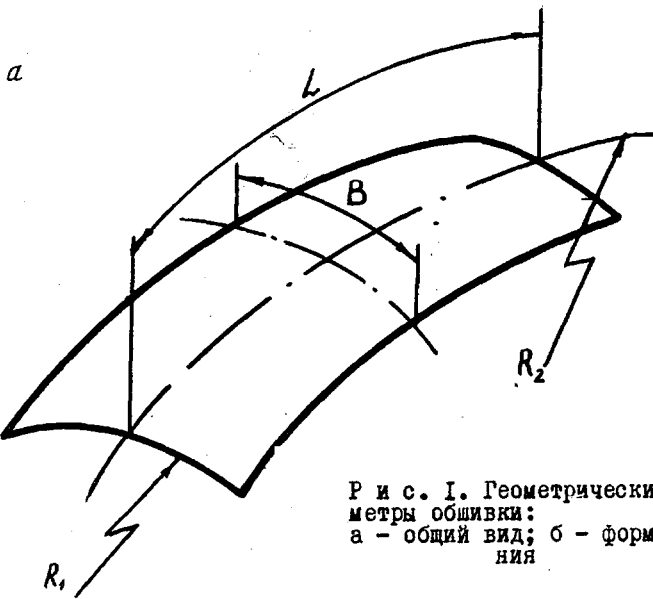
$$\varepsilon_{\max} = \varepsilon'_{\max} \exp\left(\frac{\mu\alpha_k}{n}\right) = \left(\frac{R_2}{\pm a + R_1 \cos \beta_k} - 0,99\right) \exp\left(\frac{\mu\alpha_k}{n}\right), \quad (4)$$

где ε'_{\max} - максимальное значение деформации элемента, координированного углом $\beta = 0$, в центральном сечении обшивки.

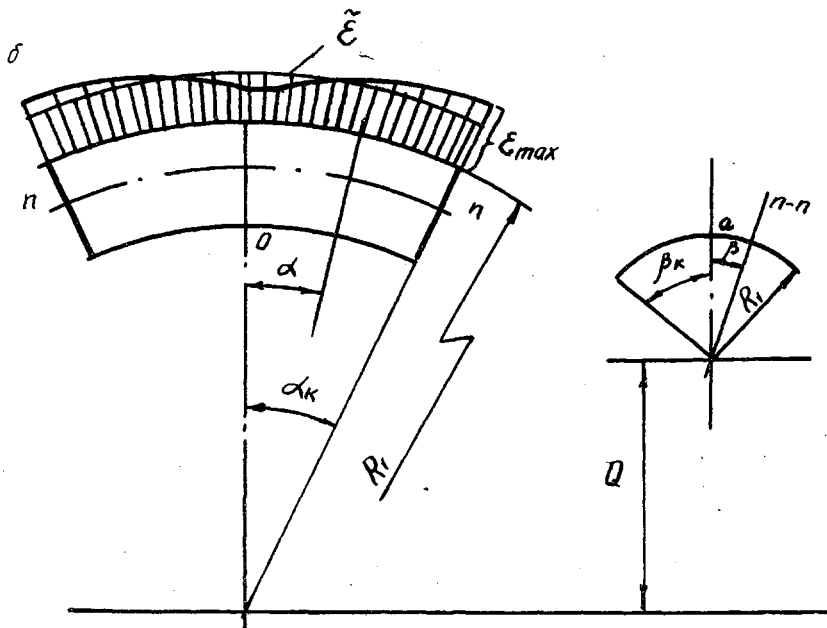
При определении суммарного абсолютного удлинения ΔL волокон, проходящего по гребню пуансона, необходимо учитывать среднеинтегральную величину относительной деформации удлинения $\tilde{\varepsilon}_{\max}$, определенную в границах $0 \div \alpha_k$:

$$\tilde{\varepsilon}_{\max} = \frac{1}{\alpha_k} \int_0^{\alpha_k} \varepsilon_{\max} d\alpha = \frac{n}{\mu\alpha_k} \left[\varepsilon_{\max} - \varepsilon'_{\max} \right].$$

(5)



Р и с. I. Геометрические параметры обшивки:
 а - общий вид; б - форма сечения



Абсолютное удлинение или перемещение растяжных губок можно выразить через длину заготовки

$$\Delta L = L_0 \tilde{\epsilon}_{\max} \quad (6)$$

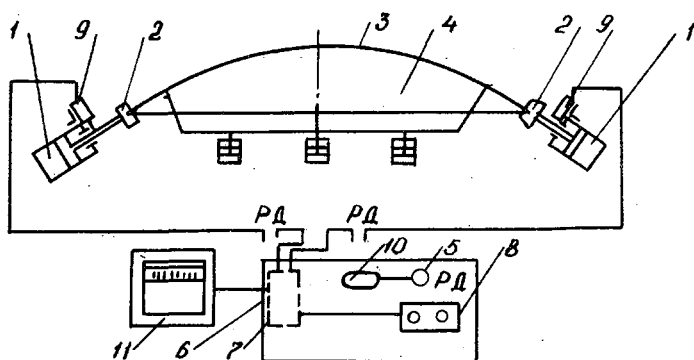
Решая совместно уравнения (5) и (6), получим

$$\epsilon_{\max} = \Delta L \frac{\alpha_k \mu}{L_0 n} + \frac{R_2}{\pm a + R_1 \cos \beta_k} - 0,99 = \Delta L A + B \quad (7)$$

Здесь A и B - постоянные коэффициенты, определяемые геометрией обшивки и свойствами материала.

Следовательно, получена аналитическая зависимость, связывающая максимальную деформацию обшивки в опасном сечении с величиной перемещения губок.

На рис. 2 представлена схема системы контроля. Заготовка 3



Р и с. 2. Схема системы контроля

устанавливается на пуансоне 4, зажимается в растяжные губки 2, изгибается в поперечном направлении. В работу включаются насосы растяжных цилиндров I, заготовка начинает растягиваться. С целью устранения возможности замера ложных перемещений зажимов, не связанных с истинной деформацией заготовки, к гидросистеме растяжных цилиндров, манометру высокого давления 10 подключено реле давления 5, [7]. В зависимости от марки материала и площади поперечного сечения заготовки реле 5 настраивается на определенное давление с таким расчетом, чтобы напряжения σ_i в материале были близки к

к пределу текучести $\sim 0,9\sigma_s$. При достижении заданного давления включаются контакты PD , и датчики перемещения I начинают отсчитывать величину абсолютного удлинения ΔL .

В данной разработке применены фотоэлектрические датчики [6], сигнал которых в виде электрических импульсов поступает в электронный блок 7, установленный в пульте управления прессом 6. В электронном блоке сигнал суммируется и подается на счетчик импульсов 8, по которому оператор в процессе обтяжки следит за изменением удлинения. В электронном блоке такие импульсы преобразуются в напряжение, пропорциональное количеству импульсов. Напряжение поступает на регистрирующий прибор с задающе-регулирующим устройством, которое настраивается на сигнал, соответствующий максимальной деформации ϵ_{\max} . Контакты задающего устройства разрывают электрическую цепь насосов растяжных цилиндров при достижении заданного значения сигнала.

Данная система смонтирована на прессе PO-3 М и, находясь в эксплуатации в течение года, показала положительные результаты.

Л и т е р а т у р а

1. Г р о м о в а А.Н., З а в ь я л о в а В.И., К о р о б о в В.К. Изготовление деталей из листов и профилей при серийном производстве. М., Оборонгиз, 1960.
2. Л ы с о в М.И. "Теория и расчет процессов гибки. М., "Машиностроение", 1966.
3. "Обтяжной пресс". Экспресс-информация № 16. Т О К И П, 1964.
4. Г о р б е н к о Н.И. Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении". М., Оборонгиз, 1961.
5. Д о б р е л я М.К. Авт.свид. № 538764. Бюл.открытия изобретения и товарные знаки. № 13, 1973.
6. Ч и с т я к о в В.П., Х а с ь я н о в М.И., К о р о ч к и н Н.Е., Авт.свид. № 538764. Бюл.открытия,изобретения и товарные знаки. 1976 № 46.
7. Ч и с т я к о в В.П. и др. Авт.свид. № 472250. Бюл.открытия, изобретения и товарные знаки. № 20, 1975.