

РАСЧЕТ СИЛ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

При холодном деформировании напряжение течения металла k_{str} (σ_s) зависит от деформации φ_p (ε_i) и марки материала.

Диаграмму зависимости напряжения течения от степени деформации называют кривой упрочнения (рис. 14).

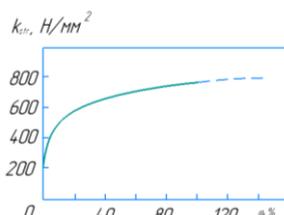


Рис. 14. Кривая упрочнения стали Ск15 в отожженном состоянии

Зависимость напряжения течения металла от степени деформации может быть описана уравнением вида

$$k_{str} = k_{str100\%} \varphi_p^n,$$

где n - показатель деформационного упрочнения; $k_{str100\%}$ - напряжение течения при $\varphi_p = 100\%$.

При расчетах часто используют значения среднего напряжения течения металла

$$k_{str\text{cp}} = (k_{str0} + k_{str1})/2,$$

где k_{str0} - напряжение течения металла при $\varphi_p = 0$; k_{str1} - напряжение течения металла в конце деформирования ($\varphi_p = \varphi_{max}$).

Напряжение, равное сумме напряжения течения при деформировании металла и напряжений, возникающих в результате трения с инструментом, называют сопротивлением деформированию. Н/мм²,

$$k_r = k_{str} + p_{fr},$$

где p_{fr} - напряжение трения, Н/мм²,

$$p_{fr} = 1/3 \mu k_{str} D/H$$

Здесь μ - коэффициент трения, который принимается в пределах 0,1...0,15; D, H - диаметр и высота заготовки после деформирования.

Напряжение k_r также можно определить по следующей формуле:

$$k_r = k_{str}(1 + 1/3 \mu D/H),$$

или

$$k_r = k_{str}/\eta_F$$

где η_F - коэффициент эффективности деформации.

Логарифмическая степень деформации при высадке

$$\varphi_p = \ln H/h_0,$$

или

$$\varphi_p = \ln(1 - \varepsilon_p)$$

где относительная степень деформации при высадке (осадке)

$$\varepsilon_p = (h_0 - H)/h_0.$$

Силу деформирования F при высадке рассчитывают по следующим формулам:

- для осесимметричных деталей

$$F = A_1 k_{str 1} (1 + 1/3 \mu D/H),$$

где A_1 - площадь поперечного сечения заготовки после высадки;
 $k_{str 1}$ - напряжение течения в конце деформирования;

- для деталей произвольной формы

$$F = A_1 k_{str 1} / \eta_F$$

где η_F - коэффициент эффективности деформации.

Логарифмическая степень деформации φ_p :

- при прямом и обратном выдавливании

$$\varphi_p = A_0 / A_1$$

где A_0 - площадь поперечного сечения заготовки до высадки; A_1 - площадь поперечного сечения заготовки после высадки;

- при обратном выдавливании тонкостенных деталей

$$\varphi_p = \ln[D_0 / (D_0 - d)] - 0.16$$

где D_0 — диаметр заготовки; d - диаметр пуансона.

Сила деформирования F и работа деформации W при выдавливании:

- прямое выдавливание (рис. 17):

$$F = (A_0 k_{str m} \varphi_p) / \eta_F$$

$$W = F s_w$$

где $\eta_F = 0,6 \dots 0,8$ (табл.2.2); s_w - ход пуансона; $s_w = h_0 - h_{hd}$ - высота головки детали;

- обратное выдавливание (рис. 17):

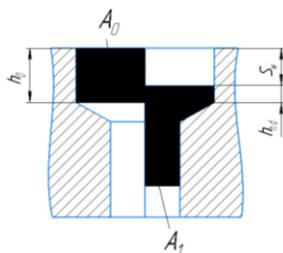


Рис.17. Размеры заготовки и детали при прямом выдавливании

Таблица 2.2

Значения коэффициента эффективности деформации в зависимости от формы детали и значения деформации при прямом выдавливании

Деформация φ_p	Коэффициент эффективности деформации пр детали			
	Форма 1	Форма 2	Форма 3	Форма 4
Менее 0,4 - 0,6	0,55	0,52	0,5	0,48
Св. 0,6 - 1,0	0,57	0,55	0,52	0,5
Св. 1,0- 1,6	0,58	0,56	0,54	0,52
Св. 1,6	0,6	0,58	0,56	0,55

а) тонкостенные детали ($D_0/s \leq 10$)

$$F = (A_0 k_{str m} \varphi_p / \eta_F)$$

б) толстостенные детали ($D_0/s \leq 10$)

$$F = (A_0 k_{str m} \varphi_p / \eta_F) (2 + 0.25 h_0 / s)$$

$$W = F s_w,$$

где $\eta_F = 0,5 \dots 0,7$ (табл. 2.3).

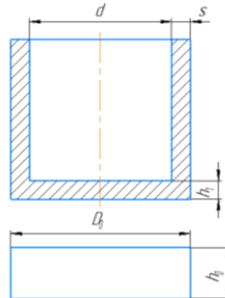


Рис. 18. Размеры заготовки и детали при обратном выдавливании
Сила отрезки мерной заготовки

$$F_{omp} = K \tau A_0,$$

где A_0 - площадь поперечного сечения заготовки; K - коэффициент, учитывающий конструкцию и состояние режущих кромок отрезной втулки и ножа, $K = 1,2 \dots 1,35$; τ - напряжение среза для данного материала, $\tau = R_m / \sqrt{3}$

Сила обрезки по контуру и просечки отверстия:

$$F = \tau A,$$

где τ - касательное напряжение сдвига; A - площадь среза или просечки.

Таблица 2.3

Значения коэффициента эффективности деформации в зависимости от формы детали и величины деформации при обратном выдавливании.

Деформация φ_p	Коэффициент эффективности деформации η_F детали			
	Форма 1	Форма 2	Форма 3	Форма 4
$\leq 0,4$	0,55	0,52	0,5	0,48
0,4 - 0,2	0,57	0,55	0,52	0,5
1,2 - 1,8	0,58	0,56	0,54	0,52
$> 1,8$	0,6	0,58	0,56	0,54

При изготовлении деталей на многопозиционных автоматах максимальная деформирующая сила в конце хода ползуна равна сумме сил штамповки на каждой позиции высадки.