

Тема: Расчет на прочность сварных соединений.

Цель: Научится рассчитывать сварные швы на прочность.

Пример 1. Стержень, состоящий из двух равнополочных уголков, соединенных косынкой, нагружен постоянной растягивающей силой $F = 200$ кН (рисунок 3.15). Определить номер профиля уголков и длину швов сварной конструкции соединения. Материал уголков - сталь Ст 3.

Решение. 1 Принимаем, что сварка осуществляется вручную электродами Э42.

2 Определяем допускаемое напряжение растяжения для основного металла,

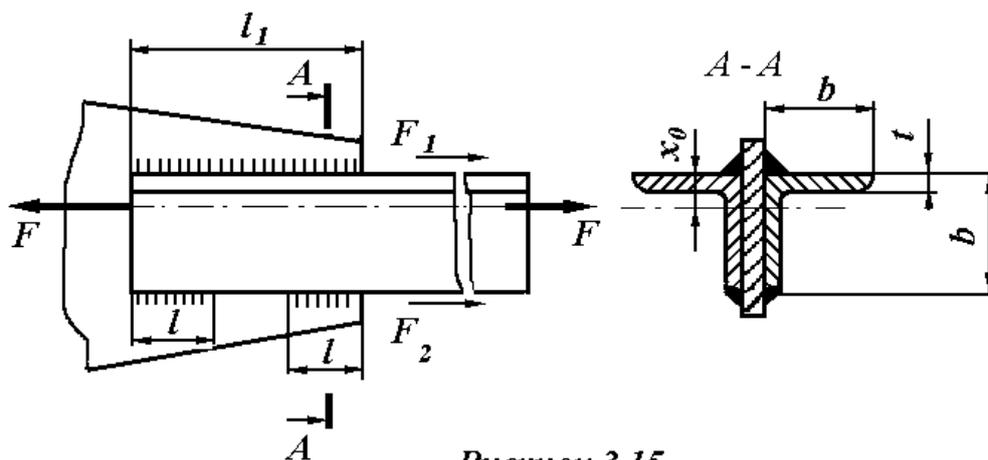


Рисунок 3.15

принимая для Ст 3 $\sigma_T = 240$ МПа (таблица А1) и $[S] = 1,25$ (см. п. 3)

$$[\sigma_P] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{1,25} = 192 \text{ МПа}$$

3 Определим допускаемое напряжение на срез для сварного шва, в соответствии с таблицей 3.11

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma_P] = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ МПа.}$$

4 Из расчета на растяжение определим площадь сечения уголков

$$2 \cdot A = F / [\sigma_P] = 200 \cdot 10^3 / 192 = 1042 \text{ мм}^2.$$

Для одного уголка $A = 521$ мм². По ГОСТ (таблица А5) выбираем уголок № 5,6 имеющий площадь поперечного сечения $A = 541$ мм², толщину полки $t = 5$ мм и координату центра тяжести $x_0 = 15,7$ мм.

5 Сварные швы располагают так, чтобы напряжения в них были одинаковыми. Поэтому при проектировании соединения уголков с косынками, т.е. при несимметричной конструкции, длину швов делают неодинаковой. Таким образом, каждый шов воспринимает только свою часть нагрузки F - F_1 и F_2 .

Длину фланговых швов определяют в предположении, что их длина пропорциональна этим частям силы F - F_1 и F_2 . Параллельные составляющие F_1 и F_2 находят по формулам:

$$F_1/F = (b - x_0)/b; \quad F_1 + F_2 = F.$$

Решая эти уравнения, получим:

$$F_1 = F \cdot (b - x_0) / b = 200 \cdot 10^3 \cdot (56 - 15,7) / 56 = 144 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$F_2 = F - F_1 = 200 \cdot 10^3 - 144 \cdot 10^3 = 56 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

6 Определим длину швов (см. формулу 4.14 [1, с.128]), приняв катет шва $k = t = 5$ мм:

$$l_1 = F_1 / (2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot [\tau']) = 144 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 115,7) = 178 \text{ мм},$$

$$2 \cdot l_2 = F_2 / (2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot [\tau']) = 56 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 115,7) = 69 \text{ мм}.$$

Округляя, принимаем $l_1 = 180$ мм, $l_2 = 40$ мм, добавив для коротких швов по 5 мм против расчетной длины.

Пример 2. Найти параметры сварных швов кривошипа (рисунок 3.16), нагруженного постоянной силой $F = 5$ кН и имеющего размеры $d = 100$ мм; $l = 200$ мм; $a = 300$ мм; $\delta_{min} = 3$ мм при условии, что прочность основного металла обеспечена.

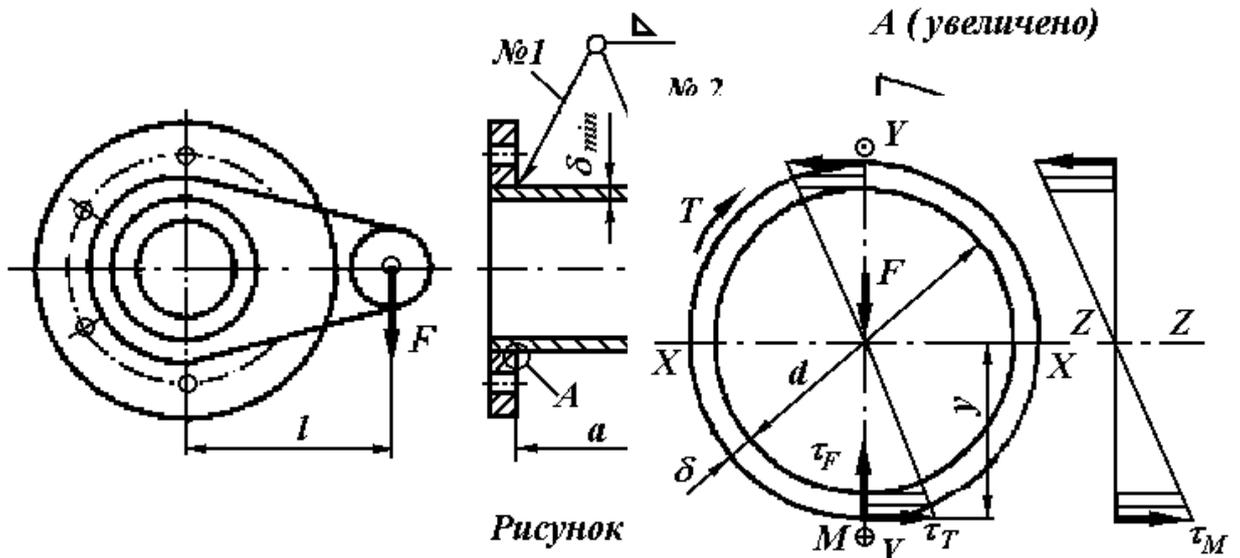
Решение. 1 Дополнительно принято: основной металл - сталь Ст 4 ($\sigma_T = 260$ МПа); сварка ручная дуговая электродом Э42А; швы угловые с катетом $k = \delta_{min} = 3$ мм (фрагмент А рисунок 3.16).

2 Определяем допускаемое напряжение растяжения для основного металла, принимая для стали Ст 4 $\sigma_T = 260$ МПа (таблицу А1) и $[s] = 1,65$ (см. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{260}{1,65} = 157,6 \text{ МПа}.$$

3 Допускаемое касательное напряжение сварного шва (см. таблицу 3.11), $[\tau'] = 0,65 \cdot [\sigma_p] = 0,65 \cdot 157,6 = 102$ МПа.

4 Расчету подлежит шов № 1, который по сравнению со швом № 2 дополнительно



Рисунок

Рисунок 3.17

нагружен изгибающим моментом M . Опасное сечение шва – сечение по биссектрисе прямого угла - представляет собой коническую поверхность, которую условно разворачивают на плоскость стыка свариваемых деталей. Выполняют приведение нагрузки (перенос F в центр тяжести расчетного сечения) и составляют расчетную схему (рисунок 3.17), на которой: F - центральная сила; M - изгибающий момент, T - крутящий момент:

$$M = Fl = 5000 \cdot 200 = 1 \cdot 10^6 \text{ Нмм};$$

$$T = Fa = 5000 \cdot 300 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Нмм}$$

- 3 В наиболее нагруженных зонах шва, удаленных от оси $X-X$ на расстояние y , находят суммарное касательное напряжение и сравнивают с допускаемым, используя зависимость,

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\tau_F^2 + \tau_T^2 + \tau_M^2} \leq [\tau'], \quad (*)$$

где τ_F - касательное напряжение при действии центральной сдвигающей силы $\tau_F \cong F / (\pi \cdot d \cdot 0,7 \cdot k)$; при наличии центрирующего пояска $\tau_F = 0$;

τ_T - касательное напряжение при действии вращающего момента T ,

$$\tau_T = T/W_p \cong 2 \cdot T / (\pi \cdot d^2 \cdot 0,7 \cdot k) = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^6 / (3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,7 \cdot 3) = 45,1 \text{ МПа};$$

τ_M - касательное напряжение при действии изгибающего момента M ,

$$\tau_M = M/W \cong 4 \cdot M / (\pi \cdot d^2 \cdot 0,7 \cdot k) = 4 \cdot 1 \cdot 10^6 / (3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,7 \cdot 3) = 60,7 \text{ МПа}.$$

Таким образом,

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{45,1^2 + 60,7^2} = 76,5 \text{ МПа} < [\tau'] = 102 \text{ МПа}.$$

Статическая прочность угловых швов обеспечена.

- 6 Определим величину катета k проектным расчетом, преобразуя зависимость (*):

$$k = \frac{\sqrt{(2 \cdot T)^2 + (4 \cdot M)^2}}{0,7 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot [\tau']} = \frac{\sqrt{(2 \cdot 1,5 \cdot 10^6)^2 + (4 \cdot 10^6)^2}}{0,7 \cdot 3,14 \cdot 100^2 \cdot 102} = 2,23 \text{ мм}.$$

Принято $k = 3 \text{ мм}$.