

Задача 1. Вариант 2. Требуется сварить изделие точечной сваркой. Поверхность листов хорошо очищена. Исходные даны: марка материала – низкоуглеродистая сталь; толщина каждого листа – $\delta=0,8\text{мм}$; длительность включения сварочного тока – $t_{\text{св}}=0,2\text{с}$; усилие на электродах – $P_{\text{сж}}=200\text{ даН}$.

Определить: диаметр контактной части электрода – $d_{\text{эл}}$; сопротивление сварочной цепи (между электродами) – $R_{\text{эв}}$; необходимое количество теплоты для сварки одной точки – $Q_{\text{эв}}$; величину сварочного тока с учетом потерь на шунтирование – $I_{\text{св}}$; тип и мощность сварочной машины.

Решение.

Величина сварочного тока, необходимая для образования сварной точки может быть определена по закону Джоуля-Ленца:

$$I_{\text{св}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{эв}}}{m_r \cdot R_{\text{д.кон}} \cdot t_{\text{св}}}},$$

где $I_{\text{св}}$ – действующее значение тока при любой форме импульса (под $I_{\text{св}}$ понимается условная величина постоянного тока, вызывающего тот же тепловой эффект, что и действительный импульс), А;

$Q_{\text{эв}}$ – теплота, выделяющаяся при протекании тока через участок «электрод–электрод», Дж;

m_r – коэффициент, учитывающий изменение сопротивления во время сварки. Для низкоуглеродистых сталей $m_r = 1,1$;

$R_{\text{д.кон}}$ – сопротивление деталей к концу нагрева: 100 мкОм

$t_{\text{св}}$ – технологически целесообразное время сварки: 0,2 с

Расчетная схема точечного соединения представлена на рис. 1.

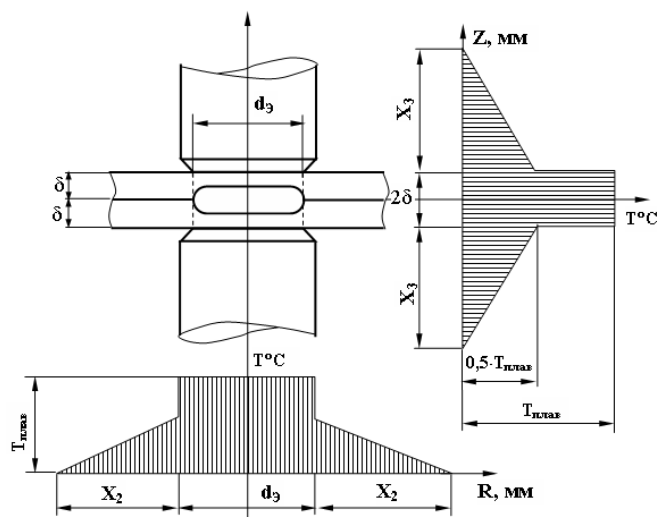


Рисунок 1 – Расчетная схема точечного соединения

Теплота Q_{Σ} определяется по формуле

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

где Q_1 – энергия, затрачиваемая при нагреве до температуры плавления $T_{пл}$ °К столбика металла свариваемых деталей высотой 2δ и диаметром основания $d_{я}$,

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d_{я}^2}{4} 2 \cdot \delta \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta T_{пл}$$

$$\Delta T_{пл} = T_{пл} - 273^{\circ}$$

где c – теплоемкость свариваемого металла, Дж/кг·°К;

γ – плотность свариваемого металла, кг/м³;

δ – толщина одной пластины, м;

$d_{я}$ – диаметр литого ядра сварной точки, м (регламентируется ГОСТ 15878-79)

Так как толщина свариваемых деталей $0,8+0,8$ мм $d_{я}=4$ мм.

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,004^2}{4} 2 \cdot 0,0008 \cdot 461 \cdot 7,8 \cdot 10^3 \cdot (1803 - 273) = 110,6 \text{ Дж}$$

Q_2 – теплота, расходуемая на нагрев до $T_{пл}/4$, °К свариваемого металла в виде кольца шириной X_2 , окружающего литое ядро,

$$Q_2 = k_1 \cdot \pi \cdot x_2 \cdot (d_{я} + x_2) \cdot 2 \cdot \delta \cdot c \cdot \gamma \cdot \frac{T_{пл}}{4}$$

где k_1 – коэффициент, близкий к 0,8, учитывает, что средняя температура кольца ниже средней температуры $4T/4$ в связи со сложным распределением температуры;

x_2 – ширина кольца, окружающего ядро, м.

В практике для низкоуглеродистых сталей принимают

$$x_2 = 1,2 \sqrt{t_{св}} \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$x_2 = 1,2 \sqrt{0,2} \cdot 10^{-2} = 0,54 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$Q_2 = 0,8 \cdot 3,14 \cdot 0,54 \cdot 10^{-2} \cdot (0,4 + 0,54) \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 0,0008 \cdot 461 \cdot 7,8 \cdot 10^3 \cdot \frac{1803}{4} = 330,7 \text{ Дж}$$

Q_3 – потери теплоты в электроды или нагрев условного цилиндра (внутри электрода) высотой x_3 до средней температуры $\Delta T_{пл}/8$

$$Q_3 = 2 \cdot k_2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{я}^2}{4} \cdot x_3 \cdot c_{\Sigma} \cdot \gamma_{\Sigma} \cdot \frac{T_{пл}}{8}$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий форму электрода для цилиндрического $K_2 = 1$;

x_3 – определяется временем сварки и температуропроводностью, м,

$$x_3 = 3,3 \sqrt{t_{св}} \cdot 10^{-2}$$

$$x_3 = 3,3 \sqrt{0,2} \cdot 10^{-2} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

c_3 , Дж/кг °К и γ_3 , кг/м³ – теплоемкость и плотность металла электрода соответственно

$$Q_3 = 2 \cdot 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,004^2}{4} \cdot 1,47 \cdot 10^{-2} \cdot 371 \cdot 8,9 \cdot 10^3 \cdot \frac{1803}{8} = 274,8 \text{ Дж}$$

$$Q_{\Sigma} = 110,6 + 330,7 + 274,8 = 716,1 \text{ Дж}$$

$$I_{CB} = \sqrt{\frac{716,1}{1,1 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2}} = 5705 \text{ А} = 5,7 \text{ кА}$$

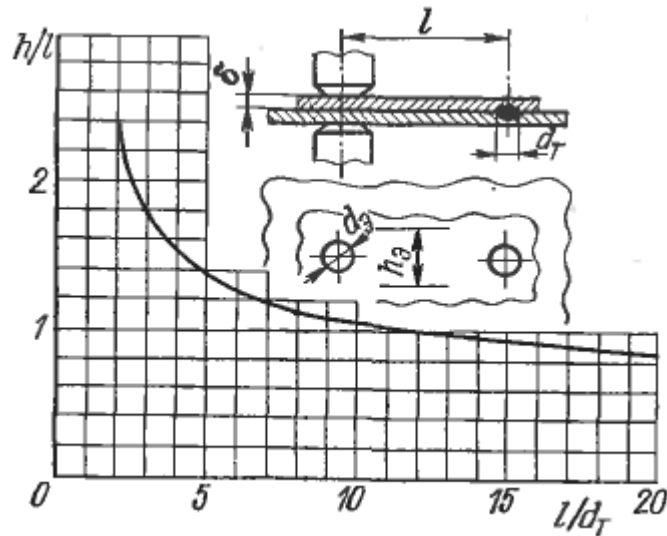


Рисунок 2 – График изменения эквивалентной ширины ветви шунтирования тока при точечной сварке

Сопротивление шунта находится из формулы:

$$R_{ш} = k_n \cdot \rho_r \frac{2 \cdot l}{h \cdot \delta}$$

При данной толщине деталей минимальный шаг между точками $l=15$ мм. Тогда ширина полосы, по которой шунтируется ток, определяется из зависимости $\frac{h}{l} = f\left(\frac{l}{d_k}\right)$ по графику (рис. 2). В расчетах можно принять $d_k=d_{я}$.

$$\text{Получаем } \frac{l}{d_k} = \frac{15}{4} = 3,75 \Rightarrow \frac{h}{l} = 1,82 \Rightarrow \frac{l}{h} = \frac{1}{1,82} = 0,55$$

$$R_{ш} = 1 \cdot 80 \cdot 10^{-8} \frac{2 \cdot 0,55}{0,0008} = 1100 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

где K_n – коэффициент поверхностного эффекта = 1,0 так как толщина свариваемых деталей 0,5 мм.

Ток шунтирования через ранее сваренную точку определяется выражением

$$I_{ш} = I_{CB} \cdot \frac{R_{д.кон}}{R_{ш}}$$

$$I_{III} = 5,7 \cdot \frac{100 \cdot 10^{-6}}{1100 \cdot 10^{-6}} = 0,52 \text{ кА}$$

Ток во вторичном контуре машины I_2 находится по формуле

$$I_2 = I_{CB} + I_{III} = 5,7 + 0,52 = 6,22 \text{ кА}$$

Эквивалентное сопротивление $R_{эkv}$, необходимое для расчета сопротивления сварочного контура, находится из формулы

$$R_{эkv} = \frac{R_{III} \cdot R_{д.кон}}{R_{III} + R_{д.кон}} = \frac{1100 \cdot 100}{1100 + 100} = 92 \text{ мкОм}$$

По рассчитанным параметрам процесса точечной контактной сварки принимаем универсальную точечную машину МТ-1229

Технические характеристики машины точечной контактной сварки МТ1229

| Параметры | | Значение |
|--|-----|---|
| Напряжение питания частотой 50Гц, однофазное | В | 380 |
| Наибольшая мощность при коротком замыкании | кВА | 62 |
| Мощность при ПВ=50% | кВА | 28 |
| Наибольший вторичный ток | кА | 12,5 |
| Номинальный длительный ток | кА | 4 |
| Наибольшее усилие сжатия | даН | 440 |
| Вылет | мм | 500 |
| Раствор | мм | 220 |
| Максимальный ход верхнего электрода | мм | 63 |
| Свариваемые толщины: - низкоуглеродистая сталь - нержавеющей сталь | мм | от 0,5 + 0,5 до 4,0 + 4,0 0,5 + 0,5 |
| Арматура класса А1, В1 | мм | от 3+3 до 8+8 |
| Габариты (Д x Ш x В) | мм | 1145x480x1615 |
| Масса | кг | 280 |