



ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ

(Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва» // В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высш. Шк., 1988. – 559 с.)

Автор: д. т. н. Лузан С.О.

Лекция 10. Термический цикл при многослойной сварке

(тема «Нагрев и плавление металла при сварке»)

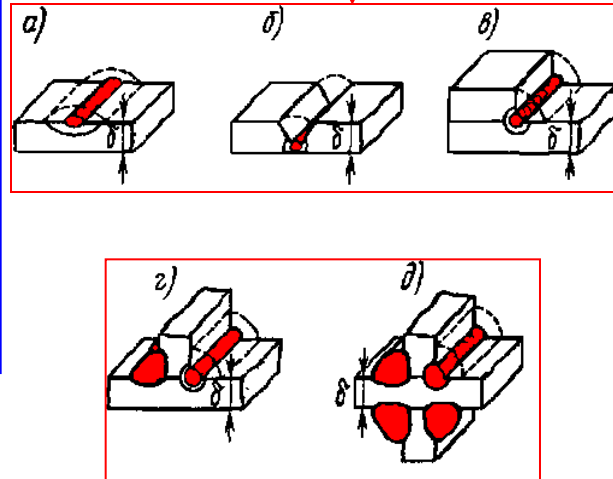
План лекции

- 1. Виды соединений**
- 2. Поправочный коэффициент к погонной энергии**
- 3. Сварка короткими участками**
- 4. Расчетная мощность источника теплоты**
- 5. Расчет длительности пребывания околошовной зоны выше температуры начала мартенситного превращения**

Виды соединений

Тепловое воздействие на металл при многослойной сварке зависит от того, как осуществляют сварку – длинными или короткими участками.

Виды соединений



Под сваркой длинными участками обычно понимают укладку валика на всю длину завариваемого соединения. При сварке склонов к подкалке сталей скорость охлаждения – один из важных параметров

Наибольшая скорость охлаждения обычно бывает у первого слоя, так как последующие слои, как правило, остывают медленнее вследствие подогрева.

Поправочный коэффициент к погонной энергии

Для определения скорости охлаждения первого слоя в стыковых (рис. б), нахлесточных (рис. в), тавровых (рис. г) и крестообразных (рис. д) соединениях используют расчетную схему наплавки валика на плоский слой (рис. а) с поправочными коэффициентами

Поправочные коэффициенты для определения расчетной погонной энергии $(q/v)_{расч}$ и толщины плоского слоя $\delta_{расч}$

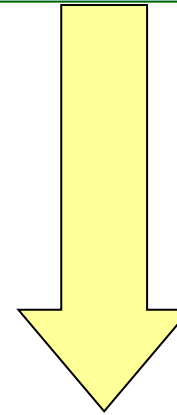
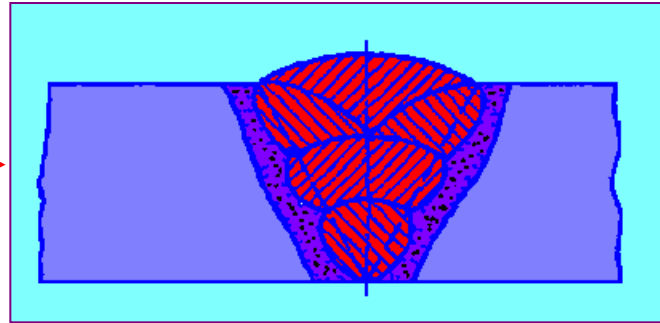


Рисунок	а	б	в	г	д
$\delta_{расч}$	δ	$3\delta/2$	δ	δ	δ
$(q/v)_{расч}$	q/v	$3q/(2v)$	$2q(3v)$	$2q(3v)$	$q(2v)$

Поправочный коэффициент к погонной энергии вводится для учета условий распространения теплоты в области, непосредственно прилегающей к месту введения теплоты, а поправочный коэффициент для толщины в стыковом сварном соединении (рис. б) – для учета условий распространения теплоты вдали от источника теплоты. Методика расчета приведена в лк. 9 (1 часть).

Сварка короткими участками

К многослойной сварке короткими участками прибегают в тех случаях, когда стремятся продлить пребывание металла выше определенной температуры и не допустить быстрого охлаждения его ниже этой температуры.



Тепловые воздействия навариваемых коротких слоев складываются и замедляют скорость охлаждения отдельного слоя.

Режим многослойной сварки включает, помимо прочих, три независимых параметра – погонную энергию q/v , которая зависит от сечения слоя, длину участка l , температуру подогрева T_n поэтому он более гибок, чем режим однопроходной сварки.

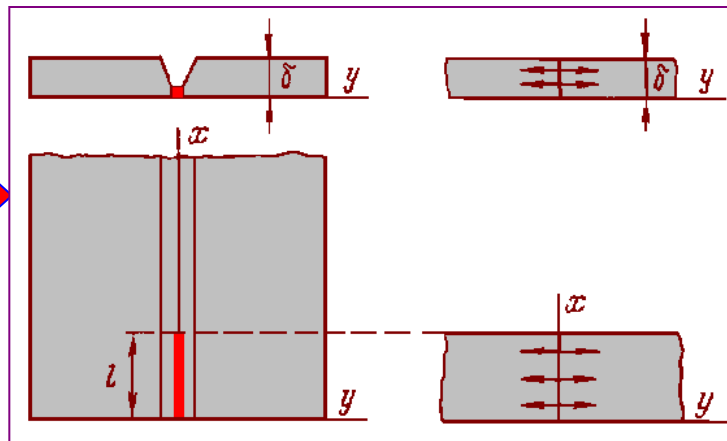
Сварка короткими участками

Условия сварки короткими участками выбирают такими, чтобы температура охлаждения первого слоя к моменту подогрева вторым слоем не падала ниже определенной температуры T_e и чтобы длительность пребывания околошовной зоны t_e выше температуры T_e соответствовала условиям завершения распада аустенита. В качестве температуры T_e принимают температуру начала мартенситного превращения (500...650 K) или температуру наиболее вероятного образования холодных трещин (350...500 K).

Температура T_e , до которой охлаждается первый слой, зависит от длины завариваемого участка l , погонной энергии сварки q/v и температуры подогрева T_H .

Сварка короткими участками

В качестве расчетной схемы примем схему мгновенного выделения теплоты на завариваемом участке l в начальный момент сварки; при этом также примем, что теплота выделяется равномерно по толщине металла δ , распространяется только в направлении y и теплоотдача отсутствует.



Температура T точек, расположенных на оси x изменяется во времени:

$$T - T_n = q / (v \delta \sqrt{4 \pi \lambda c p t}).$$

Когда околошовная зона охладится до 500...600 К, то температура по сечению успевает выравняться, и поэтому несущественно, какое распределение теплоты принято в начальный момент времени.

Сварка короткими участками

Поставим условие, что за период времени сварки одного слоя t_c на участке l температура T понизится до T_B . Тогда:

$$t_{c1} = \frac{q^2}{4\pi\lambda c \delta^2 v^2 (T_B - T_H)^2}$$

(1)

Время сварки $t_{c1} = t_r + t_n$ складывается из времени чистого горения дуги $t_r = l/v$ и перерывов t_n , где v – скорость сварки. Вводя коэффициент чистого горения дуги $k_r = t_r/t_{c1}$, находим:

$$t_{c1} = l / (v k_r)$$

(2)

Сварка короткими участками

Подставляя в уравнение (1) уравнение (2), численные значения λ и c_p и вводя поправочный коэффициент k_3 , находим (3)

$$l = 0,04 \frac{k_3^2 k_r q^2}{\delta^2 \nu (T_B - T_H)^2} \quad (3)$$

Длина участка, найденная по формуле (3), обеспечивает пребывание первого слоя при температуре выше T_e к моменту начала сварки второго слоя шва.

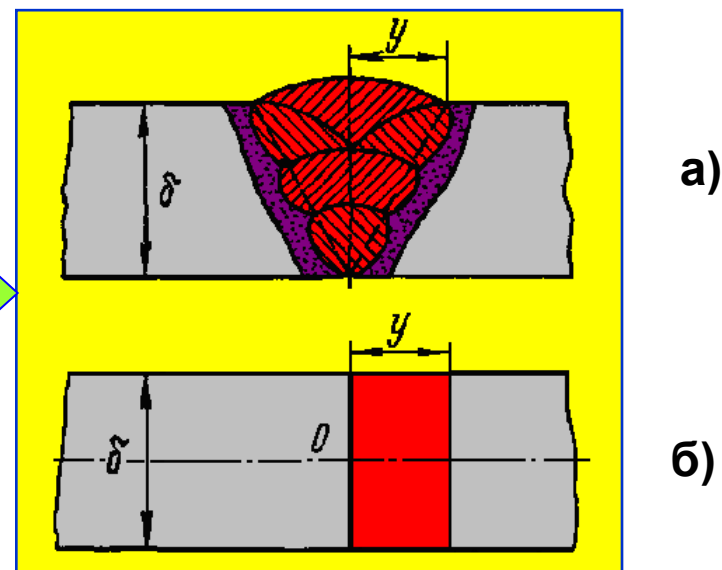
Для ручной многослойной сварки коэффициент $k_r=0,6...0,8$, для автоматической многодуговой сварки $k_r=1$; поправочный коэффициент k_3 , найденный опытным путем, равен 1,5 для соединения встык; 0,9 — для соединений втавр и внахлестку; 0,8 — для крестового соединения.

Сварка короткими участками

Длительность пребывания зоны термического влияния выше определенной температуры T_b определяется примерно из тех же расчетных предпосылок, что и в предыдущем случае, однако с учетом теплоотдачи в воздух.

Предполагается, что в течение всего процесса заполнения разделки валиками (рис. а) действует плоский неподвижный источник теплоты в сечении с координатой $y=0$ (рис. б). Теплота распространяется вдоль оси Oy .

Расчетная схема определения продолжительности нагрева околошовной зоны многослойного стыкового шва



Расчетная мощность источника теплоты

Расчетная мощность
источника теплоты

$$q_p = k_r k_q q,$$

где q – эффективная мощность дуги;
 k_r – коэффициент горения дуги;
 k_q – коэффициент приведения
мощности дуги, учитывающий тип
соединения, для стыкового
соединения $k_q=1$, для таврового
соединения и нахлестки 0,67,
для крестового соединения 0,6.

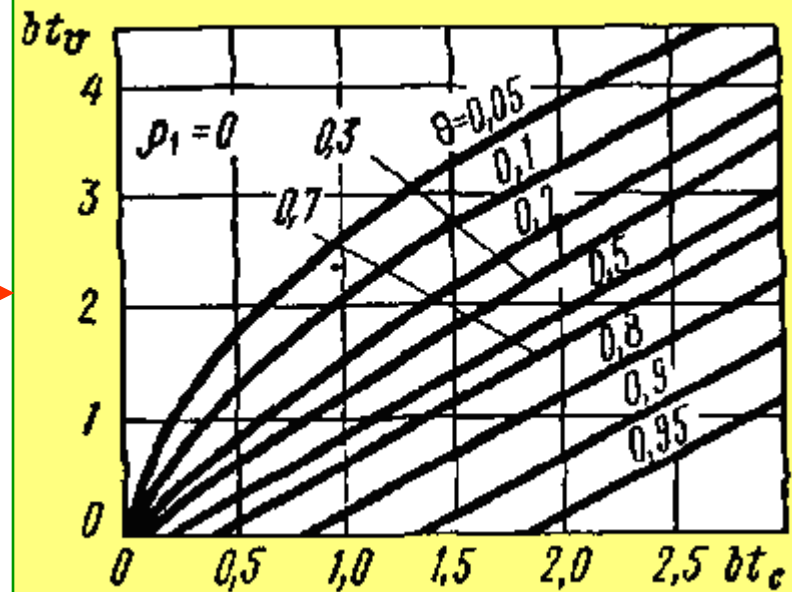
Расчетная площадь
поперечного сечения
стержня

$$F = \delta l$$

где l – длина завариваемого участка
 δ – толщина завариваемого участка

Расчет длительности пребывания околошовной зоны

Длительность пребывания околошовной зоны первого слоя при температуре выше T_b находят по номограммам, приведенным на рис. – в зависимости от длительности сварки всех слоев t_c , безразмерного параметра θ , коэффициента температуротдачи b и безразмерного расстояния ρ_1 до рассматриваемой точки околошовной зоны



Значения этих величин определяют по следующим формулам:

$$\rho_1 = |y| \sqrt{\frac{b}{a}}; \quad b = \frac{2\alpha}{c\rho\delta_{np}}; \quad \delta_{np} = \frac{F}{p/2},$$

$$t_c = \frac{\ln}{\nu k_c};$$

$$\theta = \frac{2\lambda\delta l}{q_p} (T_a - T_w) \sqrt{b/a}$$

где $F = \delta l$ – расчетная площадь поперечного сечения; $\rho/2$ – половина периметра; n – число слоев по сечению разделки; $|y|$ – расчетное расстояние от околошовной зоны до плоского источника теплоты, для стыковых швов равное половине ширины разделки в верхней части, а для угловых – половине катета шва.

Расчет длительности пребывания околошовной зоны выше температуры начала мартенситного превращения

Продолжительность $(t_B)_п$, пребывания околошовной зоны последнего слоя выше температуры T_B , можно приближенно определить из соотношения

$$(t_B)_п \approx t_B - [t_c - l/(vk_r)]$$

Задание для самостоятельного изучения:



Термический цикл и максимальные температуры

Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва» // В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высш. Шк., 1988. – (С. 133-136 с.)



Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лузан Сергей Алексеевич

E-mail: khadi.luzan@gmail.com

г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М

Тел. 097-174-19-15