

### МЕХАНИЗМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

А.С. Сапожков, ст. гр.10А32, С.Б. Сапожков, д.т.н. профессор,  
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail:wh13@bk.ru

При нанесении защитного покрытия на поверхность изделия образуется система поверхность – покрытие, с различными коэффициентами теплопроводности  $\lambda$  и толщиной  $\delta$ . Рассмотрим случай полубесконечного тела с нанесенным на него защитным покрытием толщиной  $\delta_{зп}$ . Обозначим через  $T$  температуру в месте контакта. Кроме того, известна температура наружного слоя  $T_{зп}$ . Тепловой контакт между поверхностями предполагается идеальным.

Выделим в полубесконечном теле (рис. 1) элемент толщиной равной толщине пластины с начальной температурой слоя  $T_1$ .

Используя теорию теплопроводности, найдем температуру наружного слоя.

При стационарном режиме плотность теплового потока постоянна и для всех слоев одинакова. Поэтому можно написать [1]:

$$q = \frac{\lambda_{зп}}{\delta_{зп}} (T - T_{зп}). \quad (1)$$

Из этого уравнения легко определить температурный напор в слое через покрытие:

$$T - T_{зп} = q \frac{\delta_{зп}}{\lambda_{зп}}, \quad (2)$$

отсюда легко найти температуру  $T_{зп}$ :

$$T_{зп} = T - q \frac{\delta_{зп}}{\lambda_{зп}}.$$

(3)

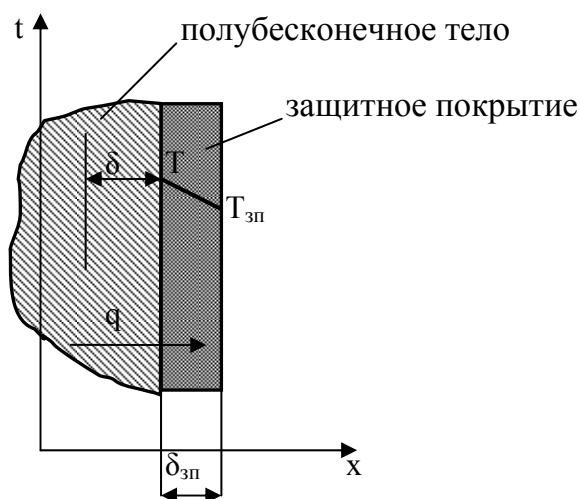


Рис. 1. Схема распределения температур с применением защитного покрытия

Таким образом, температура наружного слоя зависит от значений термических сопротивлений и толщины защитного покрытия.

Защитные покрытия имеют различные коэффициенты теплопроводности. Отсюда следует, что тепловой поток, проходящий через покрытие, может иметь разные значения. Чем больше коэффициент теплопроводности защитного покрытия, тем меньше плотность теплового потока. Это в свою очередь влияет на распределение остаточных напряжений. Слой покрытия препятствует быстрому

отводу теплоты из пластины после сварки, что способствует релаксации напряжений (пластина испытывает местный отпуск).

Еще одним из факторов, влияющих на распределение остаточных напряжений, является температурный. В процессе сварки источник теплоты постоянно перемещается, температуры точек тела вначале повышаются, достигая своего максимального значения, а затем снижаются [2,3]. В более удаленных точках температура повышается медленнее и позже достигает своего максимального значения. Возникновение сварочных напряжений связано с неравномерным нагревом металла и его расширением. Температура в процессе охлаждения будет зависеть от параметров режима сварки, от теплофизических свойств материала и удаленности рассматриваемой точки от шва. Известно, что покрытия, применяемые для защиты свариваемых изделий от капель (брызг) расплавленного металла при сварке в  $\text{CO}_2$ , являются сложными, вязко – пластичными системами, особенность структуры и свойств которых обусловлены различными по природе конкурирующими взаимодействиями между функциональными группами молекул одного или разных типов [4]. Большинство защитных покрытий – это растворы и расплавы высокомолекулярных полимеров, коллоидные суспензии, концентрированные суспензии различных твердых или пластичных материалов и т. п. Их теплофизические свойства различны. Наличие на поверхности изделия защитного покрытия по-разному влияет на скорость охлаждения, а, следовательно, и на распределение остаточных напряжений.

Мгновенная скорость охлаждения  $\omega$  является первой производной температуры по времени:

$$\omega = \frac{dT}{dt}. \quad (4)$$

Скорости охлаждения обычно определяют только для оси шва, ввиду их незначительного отличия от скоростей охлаждения околошовных зон [2,3].

При сварке пластин встык скорость охлаждения определяется по формуле:

$$\omega = -2\pi\lambda c\gamma \frac{(T - T_H)^3}{[q / (V\delta)]^2}, \quad (5)$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности;  $c$  - удельная теплоемкость;  $\gamma$  – плотность;  $T_H$  – температура подогрева;  $T$  – температура, до которой нагревается металл;  $q/V$  – эффективная погонная энергия;  $\delta$  – толщина пластины. Сварка производится без подогрева.

Заменим  $T - T_H = T - T_{зп}$  – температурный поток через покрытие, поставим это значение в формулу (5) и после преобразований получим

$$\omega = -2\pi\lambda c\gamma \frac{(T - T_{зп})^3}{[q / (V\delta)]^2}. \quad (6)$$

Скорость охлаждения через покрытие

$$\omega_{зп} = -2\pi\lambda_{зп} c_{зп} \gamma_{зп} \frac{(T - T_{зп})^3}{[q / (v\delta_{зп})]^2}. \quad (7)$$

Введем энергию сварки  $q = \eta UI$  и подставим в формулу (7).

В результате математических подсчетов получим, что скорость охлаждения через слой защитного покрытия уменьшается на 30 – 40% по сравнению с образцами без покрытия. Из формулы (7) видно, что скорость охлаждения зависит от теплофизических свойств покрытия и от погонной энергии сварки.

Литература.

1. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М.; Энергия, 1977. – 344 с.
2. Соломатин, В.Е. Остаточные напряжения в листовых заготовках из сталей 10ХСНД и 60С2 / В.Е. Соломатин, М. В. Галкин //Сварочное производство. – 2001. – №6. – С. 58-59.
3. Винокуров, В. А. Сварочные напряжения и деформации /В. А. Винокуров. – М.: Машиностроение, 1968. – 236 с.
4. Сапожков С.Б. Исследование взаимодействия брызг расплавленного металла с поверхностью свариваемого изделия и разработка средств снижения набрызгивания при сварке в  $\text{CO}_2$ : Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06. Барнаул, 1999. 139 с.