

Каржаубаев А.С.

**ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ НАПЛАВКИ**

A.S. Karzhaubaev

**GENERALIZED METHOD OF DETERMINING THE BASIC GEOMETRIC PARAMETERS OF THE ZONE OF SURFACING**

УДК: 621.791.92:621.824.32

*Бұл мақалада балқылау аймағындағы негізгі геометриялық параметрлер мен балқылау қабатының салқындау (суу) температурасына талдау жасалынған.*

*Разработана обобщенная методика определения основных геометрических параметров зоны наплавки и температурно-временных условий охлаждения наплавленного слоя для электродуговой наплавки.*

*The generalized technique definition of the basic geometrical parameters of a fusing zone and temperature-temporary conditions of cooling fusing of a layer for electroarc fusing developed fusing.*

Наплавка является сложным процессом, представляющим собой комплексное взаимодействие тепловых, химических и металлургических явлений, определяющих как геометрические размеры наплавленного валика, так и его химических состав, структурно-фазовое строение и механические свойства. Большинство из этих явлений зависит от температурно-временных условий, формируемых источником нагрева и скорость его движения по поверхности детали условия для формирования требуемых характеристик наплавленного слоя могут существенно изменяться. Тесная взаимосвязь между тепловым воздействием наплавочного процесса и протекающими в зоне нагрева химическими и металлургическими процессами требует проведения подробного анализа термических циклов, характеризующих наплавленный слой при каждом конкретном сочетании режимов наплавки.

При реализации таких технологий наплавки как ручная электродуговая, автоматическая дуговая, плазменно-дуговая и лазерная источник нагрева вводит теплоту в наплавленное изделие через относительно небольшой участок поверхности. По своей природе источник нагрева при наплавке является поверхностным источником теплоты. Общая мощность источника нагрева определяется по известным параметрам его работы. Для электродуговой наплавки тепловая мощность электрической дуги характеризуется ее электрической мощностью [2]:

$$q = I \cdot U \tag{1}$$

где: I – сила тока дуги, А  
U-напряжение дуги, В

При реализации наплавочного процесса не вся общая мощность источника нагрева выделяется в виде тепловой мощности. Часть энергии затрачивается на поддержание существования самого источника теплоты. Оставшаяся мощность источника нагрева преобразуется в тепло и называется эффективной тепловой мощностью. В зависимости от вида источника этих потерь существенно изменяться (табл. 1).

Таблица 1

**К.П.Д. тепловой мощности источников нагрева при наплавке**

Способ наплавки	$\eta_n$ /53/
Ручная дуговая наплавка на постоянном токе	0,75 - 0,85
Ручная дуговая наплавка на переменном токе	0,65 - 0,75
Автоматическая дуговая наплавка под флюсом	0,80 - 0,90
Автоматическая дуговая наплавка в аргоне плавящимся электродом	0,70 - 0,80
Автоматическая дуговая наплавка в аргоне плавящимся электродом	0,65 - 0,75
Лазерная наплавка	0,65 - 0,75
Плазменно - дуговая наплавка	0,60 - 0,65
Широкопослойная наплавка с порошком ( технология Каз НТУ)	0,80 - 0,90

Соотношение этих двух параметров определяется величиной к.п.д. источника ( $\eta_n$ ) нагрева и характеризует энергетические потери на подержание источника теплоты.

Формирование наплавленного слоя под действием источника нагрева зависит как от процессов плавления основного металла, так и от условий плавления присадочного материала. Для наплавленного слоя, свойства которого определяются именно свойствами присадочного материала, характеристики его плавления имеют особое значение. Для упрощения аналитического решения поставленной задачи целесообразно условно разделить все процессы, происходящие при наплавке на две группы. Первая группа включает в себя тепловое и металлургическое воздействие, которое оказывает наплавочная технология на изделие и наплавленный слой. Во вторую группу входят все процессы, связанные с нагревом и плавлением присадочного материала. Чтобы такое разделение правильно отражаю истин-

ную картину, необходимо провести распределения тепловой мощности источника нагрева при наплавке.

Тепловые коэффициенты, отражающие использование тепловой мощности в источнике нагрева при сварке и наплавке, в большинстве работ определяются исходя из количества расплавленного металла [52]. Так, предложенный Н.Н. Рыкалиным, термический к.п.д. определяется исходя из размеров зоны проплавления основного металла.

В то же время калориметрические исследования распределения тепла выделяемого источником нагрева при сварке и наплавке показывают, что количество тепла, идущее на нагрев основного и присадочного материалов, зависит от распределения теплоты в самом источнике теплоты [1].

На основании этого предложено рассматривать источник теплоты при наплавке не как единый источник нагрева, а как сумму нескольких самостоятельно действующих источников тепла в зоне плавления основного металла, в зоне плавления присадочного материала и в промежуточной зоне. А эффективную тепловую мощность источника питания можно представить как сумму трех источников теплоты:

$$q_{\text{уд}} = \eta_{\text{е}} q = \eta_{\text{е}} \eta_{\text{сд}} q + \eta_{\text{е}} \eta_{\text{эл}} q + \eta_{\text{е}} \eta_{\text{п}} i \delta q = q_{\text{сд}} + q_{\text{эл}} + q_{\text{п}} i \delta \quad (2)$$

где,  $q_{\text{уд}}$ ,  $q_{\text{эл}}$ ,  $q_{\text{п}}$  – источники теплоты в зоне плавления основного металла, в зоне плавления присадочного материала и в промежуточной зоне, соответственно.

Для использования предложенного подхода были обобщены данные о распределении тепла в различных источниках нагрева, используемых при наплавке. Распределение тепловой мощности по приэлектродным областям в первую очередь зависит от вида технологического процесса электродуговой наплавки (табл. 2). В электрической дуге наблюдается резко неравномерное распределение электрического поля в межэлектродном промежутке. На небольшом расстоянии от электродов наблюдается значительные скачки потенциалов в то время как в столбе дуги падения напряжения значительно меньше. Разница в градиентах напряжений по длине дуги приводит к разнице в тепловой мощности на различных участках электрической дуги. Изменение режимов наплавки, как правило, мало влияет на значения коэффициентов распределения тепловой мощности, что позволяет считать их постоянными на всем диапазоне режимов [1,2,3].

Широкослойная наплавка характеризуется несколько иным распределением тепловой мощности, чем электродуговая. Связано это в первую очередь с тем, что плавление присадочного материала (порошок) для этого способа наплавки осуществляется за счет тепла дуги.

Таблица 2

Распределение тепловой мощности по приэлектродным областям для электродуговой наплавки

Род и полярность тока	Распределение тепловой мощности электрической дуги		
	Анод	Катод	Столб дуги
<b>Ручная дуговая наплавка</b>			
Постоянный ток прямая полярность	37%	43%	20%
Постоянный ток обратная полярность	30%	50%	20%
Переменный ток	40%	40%	20%
<b>Автоматическая дуговая наплавка под флюсом</b>			
Постоянный ток прямая полярность	42%	40%	Столб дуги
			флюс
			10%
Постоянный ток обратная полярность	54%	28%	10%
			8%
<b>Автоматическая дуговая наплавка в углекислом газе</b>			
Постоянный ток прямая полярность	30%	50%	20%
Постоянный ток обратная полярность	20%	60%	20%
<b>Автоматическая дуговая наплавка в азоте</b>			
Постоянный ток прямая полярность	32%	48%	20%
Постоянный ток обратная полярность	18%	60%	22%
<b>Широкослойная наплавка</b>			
Постоянный ток прямая полярность	40%	44%	18%

Постоянный ток обратная полярность	35%	55%	21%
---------------------------------------	-----	-----	-----

Порошковые присадочные материалы за счет более развитой поверхности характеризуются большей производительностью плавления, чем проволочные электроды, хотя и в том и в другом случае значительно уступают по производительности расплавления электродуговым методам. На эффектив-

ность плавления основного металла накладывает свое влияние характер перемещения порошка в ванне по поверхности детали. При широкослойной наплавке к.п.д. поглощения теплоты поверхностными слоями детали выше, чем при наплавке по винтовой линии (табл. 3).

Таблица 3

Распределение тепловой мощности по приэлектродным областям для электродуговой наплавки

Способ наплавки	Распределение тепловой мощности		
	Основной материал	Присадочный материал	Потери тепла
Широкослойная наплавка порошком	37-42%	20%	40%
Наплавка по винтовой линии	25-35%	12%	45%

Широкослойная наплавка – заключается в получении износостойкости поверхностных покрытий принудительной подачей порошка в дугу. И в том и в другом случае расплавление частиц порошка происходит только на обрабатываемой поверхности совместно с основным металлом. Это определяет наличие только одного к.п.д. процесса, характеризующего количество тепла, выделяемого на поверхности детали.

Таким образом, эффективная тепловая мощность источников теплоты, используемых при электродуговой, плазменно-дуговой и лазерной наплавке может быть рассмотрена в виде нескольких самостоятельных источников нагрева. Тепловая мощность каждого из этих составляющих определяется соответствующим к.п.д. распределения тепла и зависит от способа наплавки, Это позволяет представить энергетический баланс в зоне формирования наплавленного слоя следующим образом [3]:

- для электродуговой наплавки -  $q_{эфф} = \eta_u (\eta_{изд} + \eta_{эл} + \eta_{ном}) (IU)$

- для плазменно-дуговой -  $q_{эфф} = \eta_u (\eta_{изд} + \eta_{эл} + \eta_{ном}) (I_0 U_0 + I_e U_e)$

- для лазерной наплавки -  $q_{эфф} = \eta_u \eta_{ногл} \left( \frac{E}{t} \right)$

Учитывая резкое изменение тепловой мощности по длине источника нагрева, его тепловое воздействие на основной и присадочный материал можно рассматривать обособленно друг от друга [2].

Таким образом, разработана обобщенная методика определения основных геометрических параметров зоны наплавки и температурно-временных условий охлаждения наплавленного слоя для электродуговой наплавки. Предложено использовать в качестве оценки тепловой мощности, идущей на плавление основного и присадочного материалов, коэффициенты распределения теплоты в источнике нагрева. С целью сокращения математических расчетов при выборе режимов наплавки предложены табличные зависимости определения основных характеристик наплавленного слоя.

**Литература:**

1. Петров Г.Л., Тумарёв А.С. Теория сварочных процессов. Высшая школа. М.:1997.
2. Теория сварочных процессов// под редакцией В.В. Фролова. М.: «Высшая школа», 1998. – 559 с.
3. Рыкалин Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке. М.: Машгиз. 1951.– 296 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Поветкин В.В.