

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ НАПЛАВКИ

Т.С. Хохлова, канд. техн. наук, профессор;

И.М. Спиридонова, д-р. техн. наук, профессор;*

В.А. Хохлов, канд. техн. наук,

Государственный институт технического обучения, г. Днепропетровск,

**Национальная металлургическая академия, г. Днепропетровск*

Структурно-неоднородные материалы весьма перспективны для использования в машиностроении, однако создание этих материалов осложняется необходимостью выбора оптимального технологического пути их изготовления. Необходимо решать несколько технологических задач одновременно – соединение нескольких разнородных компонентов в монолитную структуру, технологические и производственные особенности выбранного процесса и т.п. Эти вопросы могут быть решены различными способами – дифференциальным армированием, плакированием, наплавкой, литьем и другими.

Процесс формирования биметаллического соединения можно условно подразделить на несколько коррелирующих стадий: адсорбция, смачивание, растекание, насыщение и растворение [1, 2]. Их кинетика зависит от пространственно-временного изменения температуры при наплавке. В связи с этим для выяснения закономерностей образования биметаллических материалов, а также разработки технологии нанесения износостойких сплавов на поверхность необходимо расчетное и экспериментальное определение температурного поля.

В настоящей работе пространственно-временное изменение температуры оценивали опытным путем. Экспериментальное определение температурного поля осуществляли на деталях доменного оборудования: седле и крышке клапана доменной печи Е 300 мм. Данные получали термографированием наплавки, выполняемой в следующем режиме: скорость наплавки 27 м/час, шаг наплавки - 16 мм, вылет электрода - 40 мм. Температуру регистрировали в трех точках с помощью потенциометра ЭПП-09МЗ с интервалом печати результатов измерений 3,3 с. Температурными датчиками служили хромель-алюмелевые термодпары с диаметром 0,2 мм, зачеканенные на глубину 5 мм. Результаты осциллографирования процесса наплавки приведены на рис. 1 а, б. Они показывают повышение общего уровня нагрева при винтовой наплавке. Рост температуры определяется количеством смежных швов (проходов) и слоев наплавки.

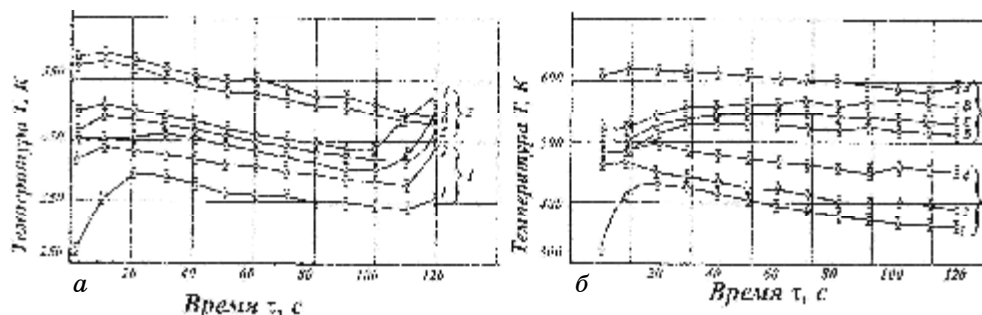


Рисунок 1 - Осциллограмма нагрева точки, расположенной на расстоянии 3 мм от сварочной ванны на седле клапана (а) и крышке клапана (б):
1 - однослойная наплавка; 2 - двухслойная наплавка. Режим наплавки порошковой проволоки: $I = 300$ А; $U = 32$ В; скорость наплавки 27 м/час; скорость подачи проволоки 108 м/час; шаг наплавки 16 мм; вылет электрода 40 мм

Формирование наплавленного слоя при электроконтактной наплавке происходит в соответствии с законами порошковой металлургии. Увеличение давления наплавки приводит к снижению пористости наплавленного слоя. Так, уже при давлении 12-15 МПа начинается процесс уменьшения пористости наплавленного слоя, и при ~35 МПа он практически завершается.

Анализ прочности на срез наплавленного слоя и основного металла показал, что после наплавки с низкими значениями показателей процесса (давление, удельный ток и т.п.) разрушение происходит по поверхности соединения детали и наплавленного слоя, а после наплавки с интенсификацией рабочих режимов наплавленный слой отделяется с вырывом материала детали. Поэтому изучение влияния температурного поля на процесс наплавки при создании многослойных материалов весьма важно.

Расчетное определение температурного поля, возникающего в деталях при электродуговой наплавке борсодержащих железных сплавов, проводили для тонкостенного и сплошного цилиндров. В связи с отсутствием справочных данных определяли физические свойства Fe-B-C-сплавов (плотность, теплоемкость, удельное электрическое сопротивление).

Изменение температуры рассчитывали для мгновенного линейного быстродвижущегося источника тепла с учетом теплоотдачи согласно зависимостям, приведенным в работах [5, 6]. После каждого прохода она составила для окружности тонкостенного цилиндра:

$$T = \sum_n \frac{q/V S}{\sqrt{4\pi\lambda c g t_n}} e^{\frac{x_n^2}{4at_n}} \quad (1)$$

и окружности сплошного цилиндра:

$$T = \frac{2q}{VRC\rho} \sum_n^N Q_n(r, t_n) \frac{e^{\frac{x_n^2}{4at_n}}}{\sqrt{4\pi a t_n}}, \quad (2)$$

где: T - температура в рассматриваемой точке; q/V - погонная энергия; $a = \lambda/C\rho$ - коэффициент температуропроводности; χ - коэффициент теплопроводности; $C\rho$ - удельная теплоемкость; ρ - плотность; S - толщина цилиндра; n - количество витков; V - скорость радиуса цилиндра; R - наружный радиус цилиндра.

Расчет температурного поля проводили по следующим параметрам: скорость наплавки $V=7,4 \times 10^{-3}$ м/с, сила тока дуги $I=300$ А, напряжение дуги $U=32$ В, коэффициент теплопроводности при 693-773 К $\lambda=4,2 \times 10^{-2}$ Вт/с К, теплоемкость при 637 С $=580$ Дж/кг*К, коэффициент температуропроводности $a=\lambda/C\rho = 9 \cdot 10^{-6}$ м²/с, удельный вес сплава 7200 кг/м³. Расчетные данные, полученные для условий осциллографирования, находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными результатами (рис. 2).

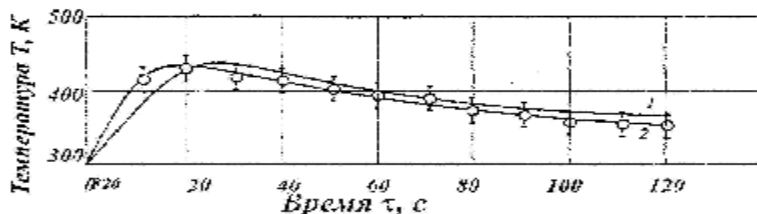


Рисунок 2 - Распределение температуры в околошовной зоне: 1-аналитическое определение; 2-осциллографирование наплавки порошковой проволокой седла клапана доменной печи E300

При винтовой наплавке общий уровень полициклического нагрева определяется не только количеством проходов, но и временем наплавки одного витка, зависящем от диаметра цилиндра. Выполненное по зависимостям I и 2 расчетное определение температуры околошовной зоны для различных диаметров при однослойной наплавке приведено на рис. 3.

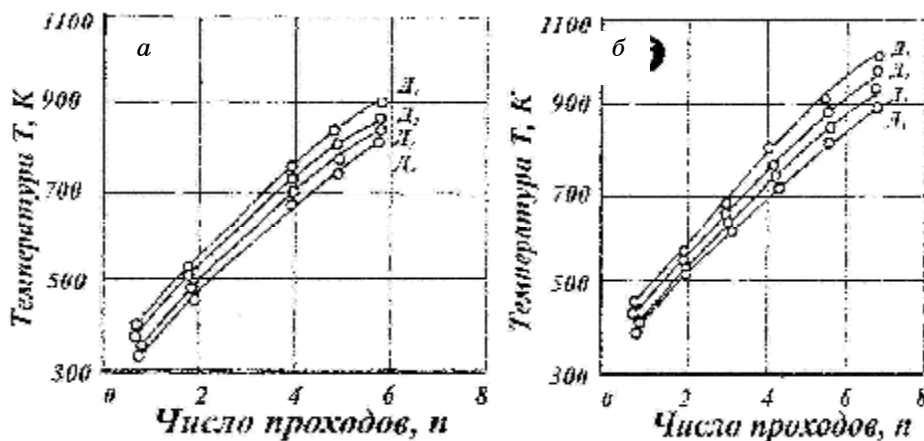


Рисунок 3 - Расчетное определение температуры детали в процессе наплавки по окружности тонкостенного (а) и сплошного (б) цилиндров

Управление температурными условиями возникновения многослойного соединения достигается изменением теплового потока. Так, для клапанов доменных печей E300-800 необходимую температуру предварительного подогрева (420-470K) можно обеспечить двумя – четырьмя витками наплавки поверхности, соседней с областью, подлежащей упрочнению.

SUMMARY

Kinetics of the correlating stages of process of forming of bimetallic connection: adsorption, moistening, spreading, satiation and dissolution, depend on the spatio-temporal change of temperature at additional layer.

Forming of additional layer at electroconnection additional layer takes place in accordance with the laws of powder-like metallurgy.

After additional layer with the low values of indexes of process, destruction takes place on the surface of connection of detail and additional layer layer, and after additional layer with intensification of operating conditions, a additional layer becomes separated from from ablation material of detail.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лакодемский А.Б. Биметаллические отливки / А.Б. Лакодемский. - М.: Машиностроение, 1964. - 179 с.: ил.
2. Никитин В.И. Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твердые / В.И. Никитин. - М.: Атомиздат, 1967.- 442 с.: ил.
3. Самсонов Г.В. Тугоплавкие соединения / Г.В. Самсонов, И.М. Винницкий. - М.: Металлургия, 1976. - 557 с.: ил.
4. Куницкий Ю.А. Некоторые физические свойства боридов железа / Ю.А. Куницкий, Э.В. Марек // Порошковая металлургия. - 1971. - №3. - С. 56-59.
5. Фролов В.В. Теоретические основы сварки / В.В. Фролов, А.В. Винокуров, В.Н. Волченко. - М.: Высшая школа, 1970. - 591 с.:ил.
6. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. - М.: Машгиз, 1951. - 296 с.:ил.

Поступила в редакцию 20 апреля 2010 г.