

РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ НАПЛАВКИ БРОНЗ

В основу работы по оптимизации состава безокислительных флюсовых композиций, обеспечивающих идентичность химического состава наплавленного металла составу электродного металла для наплавки алюминиевых антифрикционных бронз при создании биметаллических крупногабаритных пар трения-скольжения, положена идея модифицирования – способ улучшения механических свойств наплавленного металла введением в расплавленный металл малых присадок (модификаторов), практически не изменяющих его химический состав.

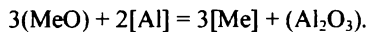
Свойства наплавленного металла в результате модифицирования улучшаются не только вследствие измельчения его структуры, но и также перевода вредных с технологической точки зрения легкоплавких примесей (например, свинца и висмута) в тугоплавкие менее вредные соединения.

Для измельчения структуры алюминиевых бронз применяют (раздельно или совместно) в качестве модификаторов следующие элементы: титан, цирконий, ниобий, молибден, бор и др. Эти элементы уже при малых концентрациях (сотые и десятые доли процента) образуют с алюминием тугоплавкие химические соединения, влияющие на формирование первичной структуры металла.

Необходимо отметить, что структура алюминиевых бронз измельчается при действии перечисленных выше элементов только в случае, если бронзы содержат не менее 0,1–0,2% железа.

Малые добавки элементов (микролегирование) в состав бронз используют не только в качестве модификаторов, но и раскислителей. В расчетах оценивали возможность восстановления Се, В, Ti (сильных раскислителей и модификаторов) из оксидов, вводимых в состав известных фтористых флюсов (электродных покрытий). В качестве восстановителя рассматривали Al (сильный восстановитель) в составе бронзы марки Бр Амц 9–2.

Предполагаемая химическая реакция:



Использовали термодинамический метод [1] в приближенном оценочном варианте. Растворы: металлический и флюсовый (шлаковый) расплавы, – считали идеальными. Поэтому активности элементов в константе равновесия выражали концентрацией (мольная доля Ni) в рамках выполнения закона Рауля.

Температуру межфазной поверхности приняли равной 1500 °К, т. е. приняли, что металлический расплав перегрет приблизительно на 200° по отношению к $T_{пл}$.

В расчетах использовали данные о табличных значениях стандартных энергий образования оксидов (ΔG_0T) [2]. В других случаях величины (ΔG_0T) образования оксидов вычисляли по формуле

$$\Delta G_T^0 = \Delta \tilde{H}_T^0 - T \Delta \tilde{S}_T^0,$$

используя сведения о средних величинах $\Delta \tilde{H}_T^0$ и $\Delta \tilde{S}_T^0$.

Значения констант равновесия рассчитывали по уравнению

$$\ln K = -\frac{\Delta G_T^0(x.p.)}{RT}.$$

Величину $\Delta G_T^0(x.p.)$ определяли как разность между энергиями Гиббса образования оксидов с учетом стехиометрии реакции восстановления оксида алюминием [3].

Отметим, что принятый подход является приближенным, оценочным, так как для более точных расчетов необходимы уточнения:

- учет отклонений расплавов от идеальности, коэффициентов активности и параметров взаимодействия;
- введение в значения ΔG_T^0 поправки на отличие стандартных величин, обусловленное тем, что в расплаве (флюс) оксиды Al_2O_3 и MeO являются переохлажденными жидкостями.

Полученные в результате расчетов данные отвечают хорошим условиям восстановления (в термодинамическом отношении) В, Ti и Се. Возможны лишь кинетические затруднения.

Предложено установить восстановимость экспериментально, задаваясь в шихтовке содержанием Se_2O_3 , B_2O_3 и TiO_2 согласно проведенным расчетам с учетом их приближенности.

На основании проведенных расчетов с использованием термодинамических методов для дальнейших исследований предложены электроды (так как изготовление флюсов достаточно трудоемко) для наплавки антифрикционных алюминиевых бронз, химический состав которых приведен в табл. 1.

В качестве основы шихтовки покрытия использованы электроды известной марки АБ-4, стержень – бронза марки Бр Амц 9–2. Кроме того, при составлении композиций учитывалась рыночная стоимость компонентов шихтовки электродных покрытий.

Таблица 1

Марки и составы опытных электродов

Обозначение электрода	АБ-4/1	АБ-4/2	АБ-4/3	АБ-4/4
Покрытие электрода				
Плавленый шпат	15	13	16	13
Мрамор	12	12	13	12
Криолит	50,5	51	54	53
Фтористый натрий	12	12	12	12
Ферромарганец	3	3	3	3
Каолин	3	3	3	3
Алюминиево-магний порошок (ПАМ-4)	2,8	2,8	2,8	2,8
Никелевый порошок	1,2	1,2	1,2	1,2
Диоксид титана	0,5	–	–	–
Борат кальция	–	2	–	–
Бура	–	–	2	–
Карбонат никеля	–	–	–	2,2

Для предотвращения образования междендритной пористости введены алюминиево-магний порошок ПАМ-4 и никелевый порошок (взамен никельмагнийевой лигатуры); в одной из композиций никелевый порошок заменен на карбонат никеля. Связующее – натриевое жидкое стекло плотностью 1,35 и силикатным модулем 2,87.

Проведены сварочно-технологические испытания. Опытные наплавки проводили в три слоя на пластины из Ст3 электродами Ø3 мм, сила сварочного тока 90–95 А, полярность тока обратная. Стабильность горения дуги высокая, снижено разбрызгивание расплавленного металла, шлак покрывает ровным слоем наплавленный валик, формирование валиков хоро-

шее. Отмечена недопустимость завышения силы тока при выборе режимов наплавки, так как это приводит к образованию обильной пористости наплавленного металла.

Отмечается малая глубина проплавления, что подтверждено результатами химического анализа (табл. 2) по содержанию Fe в наплавленном металле. Кроме того, практически сохраняется исходное содержание Al.

Таблица 2

Химический состав наплавленного металла

Марка электрода	№ наплавленного слоя	Содержание элементов, %							
		Si	Mn	Al	Fe	Ti	Ni	B	Mg
АБ-4/1	1	0,61	1,92	9,38	3,86	0040	0,33	–	0,33
	2	0,59	1,92	7,28	0,42	0,037	0,32	–	0,32
	3	0,62	1,99	6,69	0,40	0,033	0,32	–	0,32
АБ-4/2	1	0,55	1,98	8,61	1,11	–	0,35	0,050	0,08
	2	0,68	1,98	8,42	0,48	–	0,35	0,044	0,08
	3	0,72	1,98	8,11	0,46	–	0,35	0,044	0,08
АБ-4/3	1	0,55	1,97	8,78	0,42	–	0,33	0,032	0,10
	2	0,88	1,96	7,55	0,42	–	0,33	0,025	0,10
	3	0,87	1,88	7,21	0,54	–	0,32	0,026	0,12
АБ-4/4	1	0,88	1,87	8,91	3,52	–	0,22	–	0,15
	2	0,88	1,89	7,03	0,51	–	0,22	–	0,13
	3	0,55	1,92	7,16	0,44	–	0,21	–	0,14
Остальное – медь									

Наплавка электродами с измененным составом покрытия отвечает всем требованиям по качеству наплавленного слоя, по химическому составу и отсутствию междендритной пористости, что подтверждено металлографическими исследованиями

В настоящее время проводятся исследования по определению плотности, вязкости, поверхностного натяжения и электропроводности шлака на основе предложенных композиций, определению эффективного коэффициента массообмена с учетом реактивной поверхности расплавленного шлака и металла ванны.

Библиографический список

1. Бадьянов Б. Н. Термодинамический метод расчета при разработке сварочных процессов // Свароч. пр-во. 1997. № 11.
2. Эллиот Д. Ф., Глейзер М., Рамакришна В. Термохимия сталеплавильных процессов. М., 1969.
3. Григорян В. А. Физико-химические расчеты. М., 1989.

А. М. Полетаев, А. Т. Плаксина, Б. П. Жилкин

ВЛИЯНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОДИНАМИКУ И ТЕПЛОТДАЧУ В ГАЗОВЫХ ПРИСТЕННЫХ СТРУЯХ

Для того, чтобы выбрать эффективное управляющее воздействие на процесс теплоотдачи при турбулентном течении, необходимо представлять гидродинамическую структуру потока, определяемую условиями его формирования и развития.

Особенность гидродинамической ситуации, когда тонкослойное струйное течение, вытекающее из плоской щели малой ($b < 5$ мм) высоты, распространяется в спутном потоке, заключается в том, что кроме пристенного слоя формируется и внешний пограничный слой (слой смещения, слой сдвига). Эти погранслои оказывают взаимное влияние друг на друга, в результате чего складываются специфические структурно-гидродинамические условия теплоотдачи.

Исследование структуры течения путем визуализации по методу Теллера и статического анализа полей пульсаций скорости и температуры потока, полученных с помощью двухканального электротермоанометра с постоянной температурой нити, которое проводилось совместно с замерами вариаций температуры поверхности твердого тела и определением по способу [1] локального коэффициента теплоотдачи C_x , позволило представить следующие гидромеханические условия теплоотдачи (рис. 1), а именно, при первичном взаимодействии настильной струи со сносящим потоком в непосредственной близости за кромкой разделительной стенки образуется система в виде слоев продольных (ориентированных по потоку) вихрей по всей толщине пристенного слоя. Среди них определяющими,