

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЖАРОСТОЙКОСТИ СПЛАВОВ ТИПА НИХРОМОВ

Ермоленко Н. Ю. Алимов В. И.

Донецкий национальный технический университет

Нихромы - это сплавы на основе никеля и хрома с незначительным содержанием таких легирующих элементов как: марганец, кремний, алюминий, титан, железо. Нихромы обладают высокой жаростойкостью в окислительной атмосфере (до 1250 °С), высоким удельным электрическим сопротивлением (1,05—1,4 Ом·мм²/м), имеет минимальный температурный коэффициент электрического сопротивления, повышенную жаропрочность, крипоустойчивость, пластичность, могут хорошо держать форму, однако сварка нихрома затруднена образованием на поверхности тугоплавкой пленки оксида хрома, которую удаляют механическим путем [1]. Так же как и суперсплавы, нихромы относятся к классу жаропрочных сплавов. Однако суперсплавы работают при более высокотемпературных режимах и более агрессивных средах, например в продуктах сгорания топлива, из чего необходимо комплексное сочетание высоких показателей:

- жаропрочности;
- жаростойкости;
- сопротивления горячей коррозии
- механической прочности.

Существенными факторами, определяющими жаростойкость нихромов, в том числе суперсплавов, являются химический состав и термическая обработка.

При вводе легирующих элементов и использовании разных режимов термической обработки можно получить сплавы с более высоким комплексом свойств жаростойкости и жаропрочности и заменить ими некоторые суперсплавы, тем самым получив экономический эффект [1].

От того, сколько содержится хрома в сплаве, зависит его окисляемость и тугоплавкость. Чем его содержание выше – тем больше в защитной пленке данного сплава содержится Cr₂O₃, что, в свою очередь, обуславливает более высокую тугоплавкость и большую способность противостоять окислению. Но увеличение содержания хрома приводит еще и к тому, что ухудшается обрабатываемость материала и, при достижении 30-ти процентов содержания хрома, такие операции, как волочение и холодная прокатка, становятся уже невозможными [2]. В связи с чем содержание хрома в сплавах, как правило, ограничивают 20-ю процентами.

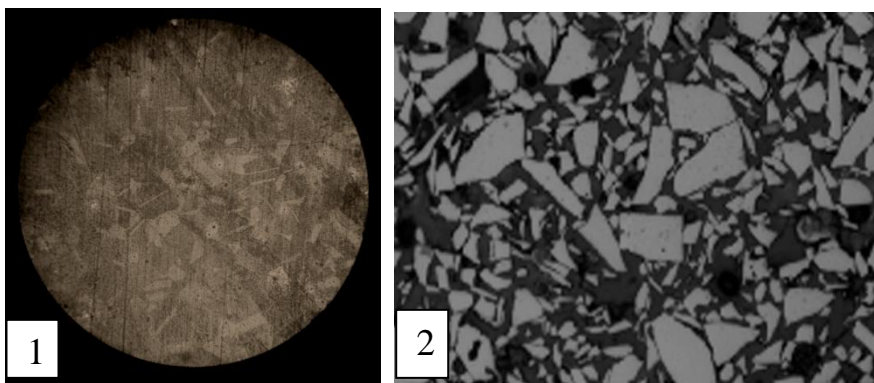


Рисунок 1.- Микроструктуры 1) нихрома X20H80 при увеличении в 487 раз, 2) продукта окисления - Cr_2O_3 при увеличении в 487 раз [1]

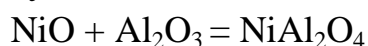
Воздействовать на жаростойкость можно путем влияния на поверхность или поверхностные слои сплава, такими методами как:

Напылением проволоки или порошка расплавленных и направленных потоком сжатого воздуха. В качестве напыляемых могут применяться и не металлические покрытия: жаростойкие эмали, металло-керамика и тугоплавкие соединения. Недостатками являются не прочное сцепление покрытия с поверхностью и пористость нанесенного покрытия, для их решения необходимо проводить отжиг.

Термодиффузионное насыщение. Насыщается поверхностный слой алюминием, хромом, кремнием в виде: порошкообразных смесей (для индивидуального производства), расплавов (для массового). Глубина слоя зависит от температуры и времени насыщения. При многокомпонентном насыщении важную роль играет порядок насыщения: а) совместное, б) последовательное.

Наплавлением на глубину 0,1 - 0,3 мм наплавляемых материалов содержащих элементы образующие окисную пленку при нагреве электрической дугой, к таким относятся: W, V, Nb, Al и т.п. [3].

Для дальнейшего повышения жаростойкости нихромов и довода их до суперсплавов будут рациональнее использование данного метода, путем электродугового наплавления легирующих элементов в качестве одного из которых выступит алюминий, для образования двойных оксидов – шпинелей, для сохранения жаростойкости и жаропрочности при более высоких температурах. Так же на поверхности сплава будет находиться другой двойной оксид $NiCr_2O_3$. Теория образования двойного оксида состоит в том, что при введении легирующего элемента он образует с основным металлом двойной оксид. Теоретический расчет получения двойного оксида:



T, °C		
>1000	ХН55ВМКЮ, Х22Н70ЮТ3, ХН62МВКЮ-ВД	~25% Cr ~1-5% Al
900-1000	Х25Н20С2, 10Х18Н18Ю4Д, 40Х29С2Л, 20Х25Н19С2Л, 40Х24Н12СЛ, 20Х20Н14С2Л, 18Х25Н19СЛ	~25% Cr ~1-2% Si
800-900	Х20Н80, ХН58В, Х25Н20, Х15Н60, Х20Н80Т, ХН40СЮ, ХН78Т, ХН70Ю	~15-23% Cr
700-800	03Х18Н11, 03Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 05Х18Н10, 09Х18Н9, 17Х18Н9, 25Х18Н9С2, 04Х18Н10, 08Х18Н10, 12Х18Н9	~17-18% Cr
500-700	Х13, 95Х18, 40Х13, 65Х13, 50Х14МФ, 50Х12, 9Х1	~13% Cr
до 400-500	Стали: 7, 10, 15, 15Г, 20Г, У7, У7А, У16А, 14Г, 18Г2	

Рисунок 1. – Иерархия рабочих температур сплавов [1]

Микротвердость исследуемой проволоки Х20Н80 равна 2044 Н/мм².

Таким образом для комплексного сохранения жаростойкости и жаропрочности при работе в более высокотемпературных режимах на классические нихромы путем наплавления электрической дугой легировать поверхностный слой алюминием, в качестве электрода будет использоваться стержень из алюминия, в результате чего образуется двойной оксид NiAl₂O₄, который и будет являться защитной пленкой, помимо него будет находится еще один двойной оксид NiCr₂O₄ который присутствует в чистом Х20Н80.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Масленников С. Б. Жаропрочные стали и сплавы: Справочник / Масленников С. Б. - М.: Metallurgy, 1983. - 192 с.
2. Алимов В.И., Гинзбург Г.А., Плетнева Я.А. Перспективы повышения долговечности смолотранспортирующих труб // Металл и литье Украины.- 1998.- № 9-10.- С.51-54.
3. Алимов В. И. Химико – термическое упрочнение сплавов с использованием плазмы дугового разряда. Сварочное производство/ В. И. Алимов, В. Н. Крымов.- 2005.-№ 5. – 51-54 с.

