

АЛИТИРОВАНИЕ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ТЕРМОДИФФУЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ

К.Р. Каримов, Я.Б. Чернов, Е.С. Филатов*

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail: e.filatov@ihte.uran.ru

Никелевые сплавы (хастеллои) нашли в последнее время применение в качестве конструкционных материалов для изготовления корпусов аппаратов, трубопроводов, рабочих колес насосов, работающих в коррозионно активной среде и при повышенных температурах. Однако, в случае попадания в среду кислорода, а также наличия абразивных включений, стойкость этих материалов значительно снижается.

Одним из способов придания стойких защитных свойств является разработанный в ИВТЭ УрО РАН метод термодиффузионного алитирования поверхности стальных деталей [1]. Полученные алюминидные покрытия на сталях обладают повышенной коррозионной, термической и износостойкостью. Задачей настоящих исследований было получить прочные, сцепленные с основой алюминидные покрытия на высоконикелевых сплавах. В качестве образца выбран сплав, состав которого приведен ниже.

C	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	W
≤0,02	14,5-16,5	≤0,5	≤1	15-17	Осн.	≤0,015	≤0,012	≤0,1	3-4,0

Нанесение алюминидного покрытия вели методом термодиффузионного насыщения с механохимической активацией поверхности [2]. Этот метод является малоотходным способом нанесения сплошных диффузионных покрытий на сталях на установке периодического действия. Способ позволяет уменьшить трудозатраты и расход электроэнергии с одновременным повышением насыщающей способности смеси без ее спекаемости.

Нанесение покрытия вели в герметичном реакторе, заполненном инертным газом (аргон чистый). Конструкция не должна препятствовать свободному перемещению в нем обрабатываемых деталей и насыщающей смеси. В то же время необходимо обеспечить хорошее перемешивание смеси, не должно быть застойных зон.

Материал, из которого выполняется реактор, должен быть жаростойким и жаропрочным. Процесс вели при 800 °С в течение 5 часов без учета времени разогрева и охлаждения.

Перед началом работы внутренняя поверхность реактора должна быть очищена от загрязнений, промыта и просушена. Обрабатываемые детали так же должны быть очищены, тщательно промыты и просушены.

Процесс вели в печи, обеспечивающей длительную работу при температуре 800 °С. Применяемая насыщающая смесь состояла из трех компонентов: электрокорунд нормальный, алюминиевая пудра, хлорид аммония.

Основной компонент смеси – электрокорунд. Алюминий берется в количестве 5 мас.% по отношению к корунду, хлористого аммония 0,5 – 1 мас.%. Количество электрокорунда выбирается так, чтобы он заполнял реактор чуть меньше половины объема.

Смесь, предварительно хорошо перемешанную засыпали в холодный реактор. Затем помещали в реактор обрабатываемые детали.

Реактор (схема установки приведена на рисунке 1) с загруженной смесью и деталями герметизировали и помещали в печь, где прогревали до 200 °С с откачкой атмосферы из реактора форвакуумным насосом. После этого реактор приводили во вращение со скоростью 5 об/мин постепенно поднимая температуру до 800 °С и выдерживали 5 часов. По истечении 5 часов реактор охлаждали, разбирали, детали очищали от остатков смеси и направляли на высокотемпературный отжиг для предотвращения растрескивания покрытия согласно режиму отжига, рекомендованному для жаропрочных никелевых сплавов аналогичного химического состава.

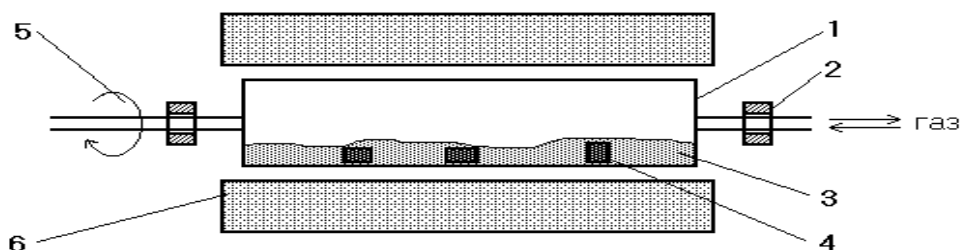


Рисунок 1. Схема установки для нанесения термодиффузионных покрытий: 1 – барабанный реактор; 2 – подшипник скольжения; 3 – насыщающая смесь; 4 – детали; 5 – вращающее устройство; 6 – печь

Полученные образцы исследовались гравиметрическим и металлографическим методами. Взвешивание производилось на аналитических весах Sartorius Research, подготовка металлографических шлифов проводилась на оборудовании и по технологии фирмы Struers. Травление шлифов проводилось раствором следующего состава: 10 мл HNO_3 + 1 мл HF + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ до 100 мл. Металлографические измерения проводились на микротвердометре PMT-3. Фотографии получены на микроскопе Reichert фотоаппаратом Canon EOS 350D.

На рисунках 2–4 показаны фотографии шлифов алитированных образцов.

При температуре 600 °С на сплаве ХН65МВУ получают равномерные, сплошные покрытия без пор (рисунок 2). Толщина покрытия достигает 30 мкм.

В покрытии визуально просматривается несколько фаз. По результатам рентгенофазового анализа, основной фазой покрытия является соединение Al_3Ni_2 . В небольших количествах присутствуют алюминиды хрома и железа, а также сложные смешанные алюминиды молибдена и никеля.

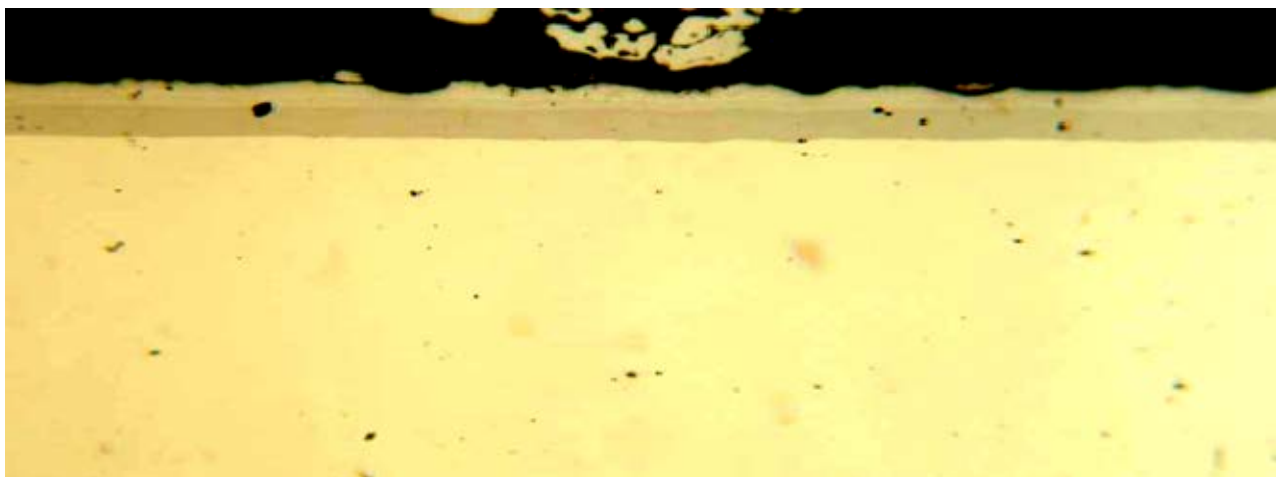


Рисунок 2. Алитированный сплав при 600 °С. Толщина покрытия 30 мкм. х 250.

Покрyтия, получаеmые на сплаве при 700 °С, равномерные, сплошные, без пор (рисунок 3). Толщина покрyтий 45 – 50 мкм.

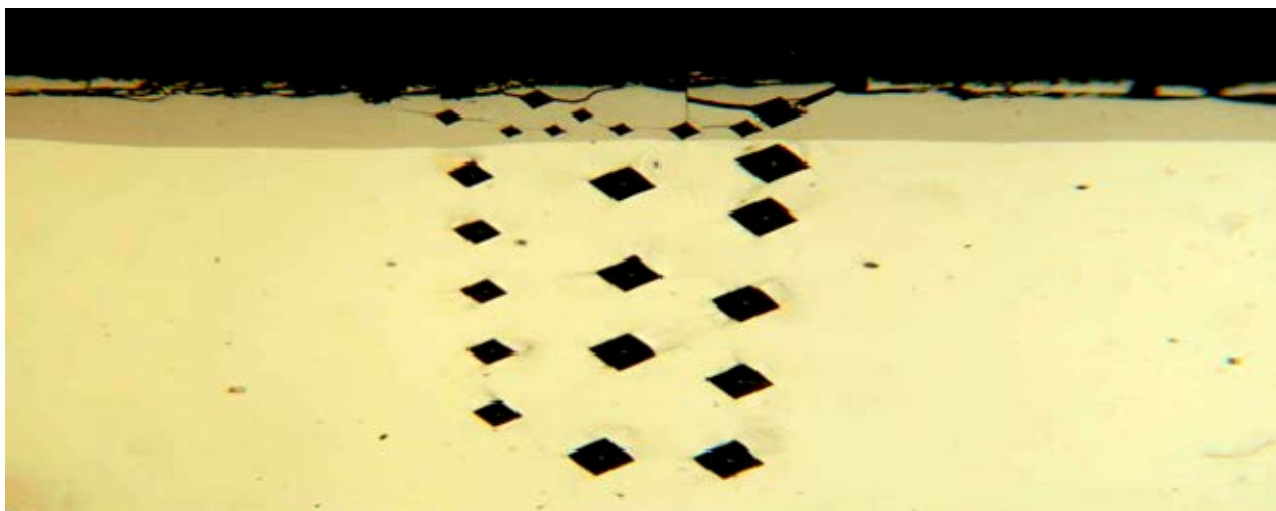


Рисунок 3. Алитированный сплав при 700 °С. Толщина покрытия 50 мкм. х 250.

Покрyтие многофазное. По результатам рентгенофазового анализа, в покрyтии присутствуют фазы Al_3Ni_2 , AlNi , Ni_5Al_3 и сложные смешанные алюминиды никеля и молибдена. Микротвердость Hv_{50} основы составляет 2920 МПа, покрyтия – 10235 МПа.

Покрyтия, получаеmые при температуре 800 °С, имеют темный цвет, равномерны по поверхности и не имеют сколов. Покрyтия хорошо сцеплены с основой. Покрyтия, не подвергающиеся отжигу, характеризуются наличием большого количества продольных трещин (рисунок 4). Вероятно, образуются они в процессе изготовления шлифа.

Высокотемпературный отжиг приводит к рассасыванию богатых алюминием фаз, характеризующихся наибольшей микротвердостью. Это хорошо сказывается на покрyтии, трещины после отжига не обнаруживаются

(рисунок 4). Присутствуют фазы AlNi , Al_3Ni_2 и сложный смешанный алюминид никеля и молибдена.

Результаты измерения микротвердости подтверждают сделанное предположение. Неотожженное покрытие характеризуется микротвердостью около 10000 МПа, микротвердость покрытия после отжига составляет около 8850 МПа. Микротвердость основы при этом практически не меняется и составляет около 2850 МПа.

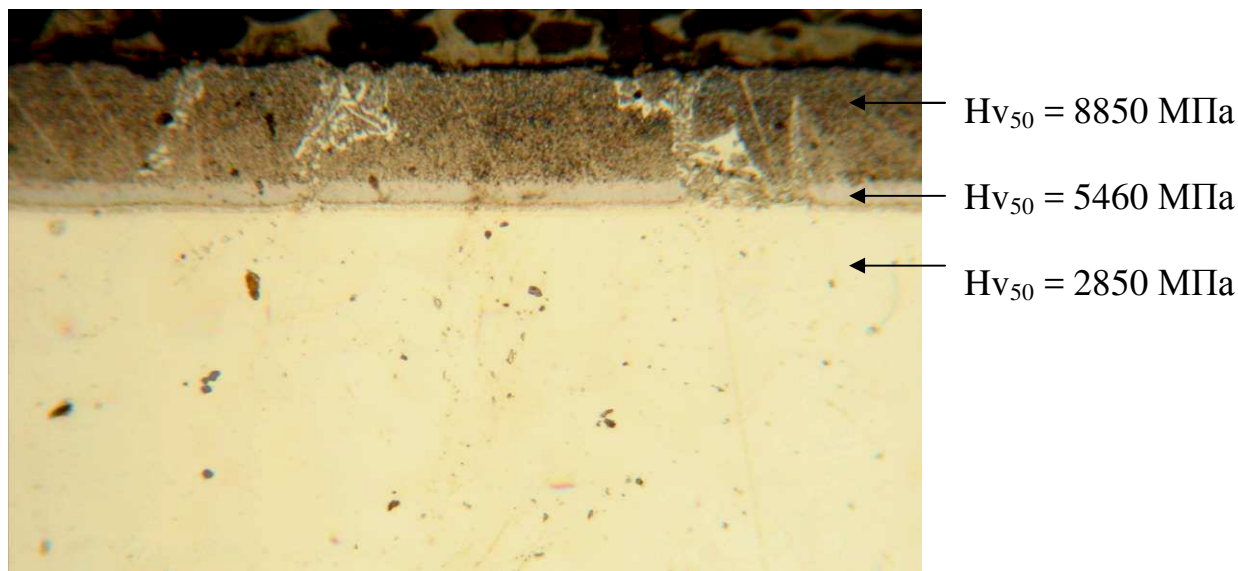


Рисунок 4. Алитированный сплав при 800 °С после отжига при температуре 950 °С, 1,5 ч. Толщина слоя 70 мкм. х 250

Коррозионные испытания проводились в расплаве хлоралюмината калия при температуре 450 °С в течение 100 ч. Скорость проникновения коррозии для алитированных образцов сплава составляет 0,002 – 0,011 мм/год, что свидетельствует о высокой стойкости образцов с покрытием в выбранном расплаве.

Список литературы

1. Пат. 2221898 РФ С 20 С23/40 Способ термодиффузионной обработки металлов и сплавов. / Чебыкин В.В., Чернов Я.Б., Анфиногенов А.И. Заявл. 19.11.2001 г. Оpubл. 29.01.2004 г.
2. Каримов К.Р., Чернов Я.Б., Чебыкин В.В. Способ получения термодиффузионных алюминидных покрытий на титане и его сплавах. XIV Российская конференция по физ. Химии и электрохимии расплавленных и твердых электролитов. 2007. Т. 2, с. 184.3. *Иванов И.И., Петров П.П., Сидоров С.С.* Пат. 123456 (Россия). 2001.