

## РЕМОНТ ДЕФЕКТОВ ЛИТЬЯ НИКЕЛЕВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

Макимова С.В., Зволинский И.В.

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев, Украина

При получении никелевых жаропрочных сплавов традиционными методами металлургического передела (методом литья) в отливках встречаются дефекты в виде несплошностей. Для их устранения необходимо применять дополнительные методы обработки, позволяющие заживать имеющиеся дефекты и сохранять структуру исходного материала. К перспективным методам, позволяющим выполнить данные задачи, относится высокотемпературная вакуумная пайка. При этом, важное значение имеет система легирования припоя, которая должна обеспечить необходимый температурный интервал плавления припоя, хорошее смачивание основного металла и полное заполнение полости дефекта.

В данной работе показана возможность заполнения литейных дефектов на отливках жаропрочных никелевых сплавов путем применения высокотемпературной вакуумной пайки и припоев на базе систем Ni-Ti-Zr и Ni-Cr-Zr.

Для проведения экспериментов в качестве базового использовали литые заготовки жаропрочного никелевого сплава ЖС-6У. С целью обеспечения в зоне пайки металла, близкого к химическому составу и свойствам основного металла, использовали композиционный припой, состоящий из легкоплавкой составляющей (при-

поя) и тугоплавкой составляющей (наполнителя - основного металла).

Количество легкоплавкой составляющей должно быть достаточным для обеспечения полного смачивания высокотемпературной составляющей – основного металла. Только в этом случае можно получить химический состав и свойства металла отремонтированного участка, идентичные свойствам основного металла.

Легкоплавкую и тугоплавкую составляющие использовали в порошковом виде, которые после смешения прессовали, спекали и использовали в виде таблеток (рис. 1, а).

Нагрев образцов с припоем осуществляли в вакуумной печи по режиму (рис. 2). При двухступенчатом нагреве наблюдаются структурные изменения в основном металле (рис. 3, а).

Установлено, что при одноступенчатом нагреве и использовании припоя в порошковом (насыпном виде) наблюдается пористость в наплавленном металле. Применение припоя в компактном виде (в виде таблетки) обеспечивает хорошее смачивание основного металла (рис. 3, б). При нагреве оптимального соотношения двух компонентов таблетизированного припоя наблюдается расплавление эвтектической составляющей, смачивание тугоплавкого основного металла и взаимодействие с ним, что приводит к протеканию диффузионных процессов и частичному растворению последнего. При охлаждении образца кристаллизуются сначала первичные зерна твердого раствора (химический состав которых близок к химическому составу тугоплавкого наполнителя), по границам которых кристаллизуется эвтектика, обогащенная цирконием (рис. 3, б).

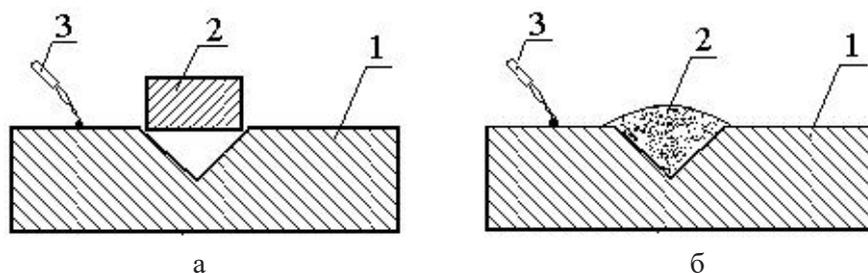


Рис. 1. Схема размещения припоя при вакуумной пайке с радиационным нагревом в виде таблетки (а) и в насыпном виде (порошковом) (б):

1 – подкладка основного металла; 2 – припой; 3 – термонаправитель

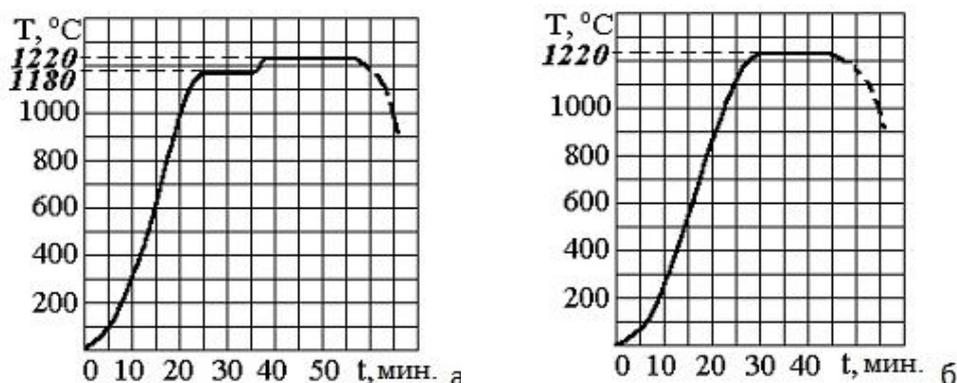
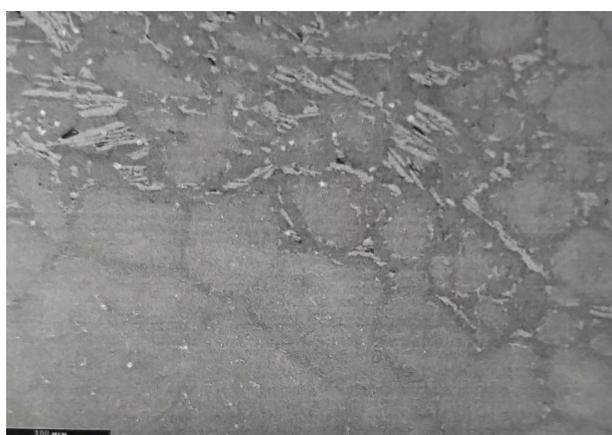


Рис. 2. Термические циклы нагрева образцов: двухступенчатый (а) и одноступенчатый (б)



а



б

Рис. 3. Микроструктура межфазной границы сплав ЖС 6У-припой при двухступенчатом (а) и одноступенчатом нагреве (б)

Локальным микрорентгеноспектральным анализом установлено, что химический состав зерен, находящихся в нижней части дефекта, отличается от химического состава зерен в центральной зоне наплавленного металла по количеству кобальта и вольфрама. Чем ближе расположены зерна наплавленного металла к основному металлу, тем выше в них концентрация вольфрама и кобальта, что свидетельствует об активных диффузионных процессах.

При увеличении количества легкоплавкой составляющей в наплавленном металле наблюдается увеличение объема эвтектической составляющей (рис. 4).

Главное преимущество вакуумной пайки с радиационным нагревом заключается в отсутствии трещин на границе сплавления с основным металлом.

Таким образом, при заполнении дефектов литья в жаропрочных никелевых сплавах с помощью композитного припоя с оптимальным со-



Рис. 4. Микроструктура межфазной границы сплав ЖС 6У-припой при увеличенном количестве легкоплавкой составляющей

отношением легкоплавкой и тугоплавкой составляющих и одноступенчатого вакуумного нагрева обеспечивается формирование бездефектной плотной структуры наплавленного металла.