

Впливом вмісту титану в сталі на формування осьової пористості й хімічної неоднорідності можна знехтувати, оскільки в паспортах його вміст відмінний від нуля зустрічається лише у двох плавках.

Перелік посилань

1. *Смірнов О.М.* Безперервне розливання сталі [Підручник] / О.М. Смірнов, С.В. Куберський, Є.В. Штепан. – Алчевськ: ДонДТУ, 2011. – 518 с.
2. *Ботников С.А.* Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла / С.А. Ботников. – Волгоград, 2011. – 97 с.

УДК 669.245.018.044:620.193.53

А. А. Глотка, С. В. Гайдук

Национальный университет «Запорожская политехника», г. Запорожье

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В КАРБИДАХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ РАВНО-ОСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

По мере совершенствования системы легирования жаропрочных никелевых сплавов усложняется их микроструктура и изменяется фазовый состав. Кроме основных фаз: γ - твердого раствора, высокодисперсной γ' - фазы, выделяющейся из γ - твердого раствора, и карбидов типа MC , выделяются избыточные фазы, представляющие собой эвтектику $\gamma+\gamma'$, карбиды других типов ($M_{23}C_6$, Me_6C), фазы на основе твердого раствора одного из элементов: (хром, кобальт) σ - фаза, (вольфрам, молибден) μ - фаза и т. д [1, 2]

В системе многокомпонентного легирования (Ni-13,5Cr-5Co-3,4Al-4,8Ti-7,3W-0,8Mo-0,015B-0,12C), что соответствует среднemarkочному сплава ЗМИ-3У [9], диапазон варьирования элементами был выбран из соображений максимального и минимального количества элемента, вводимого в жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС). Таким образом, для исследования были выбраны карбидообразующие элементы в следующих диапазонах легирования: углерод (0,02-0,2); титан (1-6); ниобий (0,1-4); тантал (0,5-12); гафний (0,1-2,5) % по массе.

Титан присутствует не только в составе упрочняющей γ' фазы, но и является сильным карбидообразующим элементом, на основе которого формируются карбиды типа MC. В исследуемой системе легирования первичный карбид на основе титана содержит и такие элементы как вольфрам, молибден и хром. Как показали исследования, содержание вольфрама находится в пределах (25-40)%, в то время как молибдена и хрома в пределах (0,15-0,35)% и (0,45-1,45)% по массе, соответственно. При этом установлено, что титан оказывает сложное влияние не только на температуру растворения (или выделения) первичного карбида MC, но и на аналогичную температуру образования вторичного карбида $M_{23}C_6$.

с увеличением содержания ниобия в сплаве до 1,5% по массе возрастает его концентрация в первичном карбиде и превышает концентрацию вольфрама. А при 2,5% по массе карбид изменяет свою основу и карбид становится на основе ниобия. Так же, при 2,5% масс ниобия наблюдаются изменения во вторичных карбидах, до указанной концентрации ниобия, карбиды содержали, % по массе: 73,8Cr ; 13,7Mo ; 5,6W ; 1,76Ni и 0,71Co и практически эти показатели не изменялись. Однако, выше 2,5% Nb концентрация элементов в карбидах заметно изменилась, % по массе: 88,7Cr ; 2,6Mo ; 1,5W ; 0,87Ni и 0,8Co и заметно не менялась с ростом содержания ниобия. Изменение концентраций элементов приводит к выделению ТПУ фазы (Р-фазы) и приближению состава вторичного карбида к монокарбиду типа $Cr_{23}C_6$, который имеет более низкую термодинамическую стабильность.

Увеличение содержания тантала в сплаве до 4% по массе приводит к образованию ТПУ фаз (типа Р- фазы), что может оказывать негативное влияние на механические свойства. При содержании 4% тантала происходит изменение стехиометрии вторичного карбида подобно тому, как это происходит при легировании ниобием - вторичный карбид стремится к образованию монокарбида на основе хрома $Cr_{23}C_6$. При содержании в сплаве тантала 8% по массе возможно выделение σ - фазы, что также оказывает негативное влияние на структурную неоднородность и механические характеристики сплава, особенно пластичность.

Таким образом, расчетные результаты, полученные CALPHAD-методом по определению типа, количества и химического состава карбидов показали хорошую сходимость и согласованность, в сравнении с экспериментальными данными, полученными методом электронной микроскопии.

Список литературы

1. *Каблов, Е.Н.* Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина : науч.-техн. сб. : к 100-летию со дня рождения С. Т. Кишкина / Под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М. : Наука, 2006. –272 с.

2. *Логунов, А.В.* Температуры растворения упрочняющих фаз в жаропрочных никелевых сплавах / А.В. Логунов, Н.В. Петрушин, И.М. Хацинская // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 1977. - № 6. - С. 67-68.

УДК 621.039

А. В. Глушко

Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут», Харків

**ВИКОРИСТАННЯ СТАЛІ 25Х2НМФА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ РОТОРІВ ПАРОВИХ
ТУРБІН АЕС**

Сучасні вимоги до роботи Об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України на сьогоднішній день є досить високими. Надійність роботи та збільшення ресурсу експлуатації є пріоритетними задачами ОЕС.

АЕС, як одні з основних генеруючих потужностей ОЕС України, представлені чотирма АЕС (15 енергоблоків, з яких 13 – потужністю по 1 000 МВт і 2 – потужністю 415 та 420 МВт) [1].

При цьому термін напрацювання більшості енергоблоків вже перевищує свій парковий ресурс. Тому пріоритетним напрямком роботи є збільшення ресурсу експлуатації роботи енергоблоків, у тому числі і складових елементів енергоблоків.

Ротори парових турбін великої потужності є невід'ємним елементом енергоблоків АЕС. Покращення якісних характеристик структури металу зварних з'єднань роторів парових турбін великої потужності, які працюють на АЕС, є однією з головних причин для збільшення їх експлуатаційних характеристик. Вивчення структурного стану зварних з'єднань зі сталі 25Х2НМФА, яка використовується при виготовленні роторів парових турбін, є актуальною та важливою задачею. Сталь 25Х2НМФ – це конструкційна високоякісна хромонікельмолібденова сталь, яка застосовується для виготовлення зварних роторів турбін. Заготовки зварних роторів з цієї сталі підляга-