

Таким образом, установлено, что никелевые сплавы Hastelloy G-35 и Nicrofer 6020 обладают крайне низкой коррозионной стойкостью в рассмотренных солевых и металлических расплавах. На основании полученных данных предлагается продолжить поиск новых материалов, в качестве таковых для солевых расплавов могут быть использованы безхромовые никель-молибденовые сплавы (Н70М27Ф, Hastelloy В-3 и т.д.).

The study was financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of subsidizing agreement of September 29, 2014 (no. 14.581.21.0002, unique agreement identifier RFMEF158114X0002) of the Federal Target Program "Research and Development in Priority Directions of the Progress of the Scientific and Technological Complex of Russia for the Years 2014–2020.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

Гибадуллина А.Ф.^{*}, Дедов К.В., Карпов В.В., Половов И.Б., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: gibadullina.a@gmail.com

THERMODYNAMIC MODELLING OF STRUCTURE OF NICKEL-BASED SUPERALLOYS

Gibadullina A.F.^{*}, Dedov K.V., Karpov V.V., Poloovov I.B., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

New type of nickel-based superalloy was proposed in terms of its application in contact with molten chloride salts. Thermocalc Software AB was used to simulate the phase content of new alloy in dependence on its chemical composition. It was shown that carbon content in the material should be maintain at minimal level. The influence of other elements presence in the γ -phase austenite matrix was analyzed.

По итогам научно-исследовательских работ, проводившихся в ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» и направленных на изучение коррозионной стойкости никелевых сплавов при контакте с жидкосолевыми хлоридными расплавами, сделан вывод о необходимости проведения работ по созданию нового материала на никелевой основе с пониженным содержанием углерода.

За основу матрицы будущего материала предложено взять систему Ni-Cr-Mo, так как никель-хром-молибденовые сплавы выгодно отличаются химической и коррозионной стойкостью, высокой прочностью и пластичностью в широком диапазоне температур. Основой будущего сплава является γ -фаза – твердый раствор на основе никеля, представляющая собой аустенитную фазу с решеткой типа ГЦК. Учитывая, что создаваемый материал должен работать в агрессивной среде и при повышенных температурах (550-700 °С), то при выплавке отечественного сплава необходимо оптимизировать содержание в нем углерода, чтобы исключить образования карбидных фаз по границам зерен.

С целью выбора оптимального состава сплава был проведен термодинамический анализ поведения систем Ni-Cr-Mo-C при высоких температурах при помощи комплекса программных продуктов фирмы Thermocalc Software AB. Данный программный комплекс позволяет не только непротиворечиво описывать фазовые диаграммы, но и достоверно предсказывать стабильные фазы и их термодинамические свойства в тех областях фазовой диаграммы, где отсутствует экспериментальная информация.

На первом этапе нами проанализирован диаграмма состояния системы «никель-хром-молибден» в диапазоне температур 500-1000 °С. Из полученных данных следует, что однофазная структура стабильного γ -твердого раствора в системе Ni-Cr-Mo возможна лишь при низких концентрациях хрома и молибдена. При анализе влияния углерода на фазовый состав исследуемой системы при различных температурах отмечено, что снижение количества углерода благоприятно сказывается на стабильности гамма-матрицы, однако понижение температуры существенным образом усложняет фазовую структуру материала, как с позиции интерметаллических соединений, так и возможности выпадения карбидных фаз. Это обусловлено метастабильной структурой гамма-твердого раствора в системе «Ni-Cr-Mo-C». Из полученных данных следует, что в случае образования избыточных фаз для обеспечения аустенизации будущего сплава необходимо проводить термическую обработку при температурах около 1100 °С или выше.

С целью обеспечения повышенной коррозионной стойкости и исключения образования топологически уплотненной сигма-фазы по границам зерен выбран оптимальный диапазон концентрации молибдена в сплаве 12 – 16 мас. %. Для исключения распада ГЦК-структуры вследствие селективного вытравливания хрома из приповерхностного слоя вследствие взаимодействия с агрессивным солевым электролитом предложено поддерживать содержание хрома в материале на уровне 23 – 25 %. Также показана целесообразность минимизации примесей железа, вольфрама и кобальта в материале. Для связывания углерода и азота предложено осуществлять легирование сплава ниобием или титаном.

Важно подчеркнуть, что при анализе полученных данных необходимо учитывать кинетические факторы. Процесс перехода из метастабильного состояния гамма-твердого раствора в термодинамически устойчивое положение требует

преодоления активационного барьера, причем, чем ниже температура, тем менее вероятен переход системы в активное состояние.

The study was financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of subsidizing agreement of September 29, 2014 (no. 14.581.21.0002, unique agreement identifier RFMEFI58114X0002) of the Federal Target Program “Research and Development in Priority Directions of the Progress of the Scientific and Technological Complex of Russia for the Years 2014–2020.”

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВА VDM©ALLOY C-4 ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫХ СРЕДАХ

Гибадуллина А.Ф.^{*}, Абрамов А.В., Карпов В.В., Жилияков А.Ю.,
Беликов С.В., Половов И.Б., Ребрин О.И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

*E-mail: gibadullina.a@gmail.com

DEVELOPMENT OF VDM©ALLOY C-4 HEAT TREATMENT TECHNOLOGIES FOR APPLICATION IN HIGH-TEMPERATURE AND CORROSIVE MEDIA

Gibadullina A.F.* Abramov. A.V., Karpov V.V., Zhilyakov A.Yu.,
Belikov S.V., Polovov I.B., Rebrin O.I.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The processes of VDM® Alloy C-4 heat treatment were studied. It was shown that the conditions of such technologies can be found based on constructed «time – temperature – precipitation» diagram. In a special series of experiments the thermal treatment of welded samples was investigated. The following regime of heat treatment was chosen – annealing at 1100 °C during 30 min with further rapid quenching in the air.

Реализация новых, более эффективных проектов в атомно-энергетическом комплексе невозможна без создания новых материалов и технологий их обработки. Коррозионностойкие, жаропрочные стали и сплавы на никелевой основе соответствуют не просто общим требованиям конструктивной прочности, но и одновременно обладают высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах и прочностью при высоких температурах. Но все преимущества таких материалов невозможно использовать без правильно проведенной термической обработки, тем более для сварных соединений.