

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук Яковлевой Ирины Леонидовны на диссертацию Попковой Дарьи Сергеевны «Особенности выделения интерметаллидных фаз в сплавах аустенитного класса, стойких в расплавах солей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность темы диссертации

Перспективы применения сплавов аустенитного класса в качестве коррозионностойких материалов в агрессивной среде солевых расплавов обусловлена их способностью сохранять стойкость к коррозии в широком интервале температур. Основными способами повышения коррозионной стойкости для сплавов системы Ni-Cr-Mo являются оптимизация химического и фазового состава, а также установление закономерностей выделения интерметаллидных фаз. Наличие противоречивых данных о фазовом составе и структуре, типе интерметаллидных фаз в этих сплавах нуждаются во всесторонних исследованиях. В связи с вышесказанным, можно констатировать, что тема диссертационной работы Попковой Д. С. является безусловно актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и достоверность результатов

Положения и выводы диссертации базируются на фундаментальных основах физического металловедения сталей и сплавов.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается большим объемом выполненных экспериментов с использованием современного оборудования и методов исследования. Полученные результаты непротиворечивы и во многих случаях согласуются с известными данными других исследователей.

Структура диссертации

Диссертационная работа содержит введение, пять глав с выводами по каждой главе, заключение, библиографический список из 145 наименований, 93 рисунка, 14 таблиц и изложена на 150 страницах.

Научная новизна

В качестве наиболее важных результатов диссертационной работы, с моей точки зрения, можно отметить следующие:

- Установлено положительное влияние высокотемпературной обработки расплава на кинетику образования упорядоченной $Ni_2(Cr, Mo)$ фазы в сплаве ХН62М в интервале температур $600^{\circ} - 800^{\circ}C$
- На основании экспериментальных и расчетных методов исследования получены новые данные о фазовых и структурных образованиях упорядоченной ТПУ фазы в сплаве ХН62М в широком интервале температур.
- Установлено, что при получении аддитивных изделий методами СЛС (селективное лазерное сплавление) и ЭЛС (электронно-лучевое спекание) варьирование энергозатрат позволяет изменять кинетику зарождения интерметаллидов.

Практическая значимость работы

Полученные в диссертационной работе новые экспериментальные результаты о взаимосвязи фазового состава сплавов Hastelloy С4 и ХН62М с физическими и теплофизическими свойствами дают возможность использовать эти данные при разработке деталей и конструкций для химического машиностроения.

Определены оптимальные режимы СЛС для сплава 316L, которые обеспечивают повышение коррозионной стойкости за счет выделения равномерно распределенных частиц χ -фазы, а также режимы ЭЛС для сплава Inconel 718 при получении текстуры $\{100\} \langle 001 \rangle$.

Содержание диссертации

Во введении сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе рассмотрены основы влияния различных факторов на коррозионную стойкость сталей и сплавов аустенитного класса в среде расплавленных солей. Описаны различные механизмы и кинетика упорядочения в сплавах системы никель-хром-молибден и их влияние на свойства. Рассмотрено применение двух технологий аддитивного производства СЛС и ЭЛС аустенитных сплавов, с целью управления структурными факторами. В конце главы сформулирована постановка задачи исследования.

Во второй главе дано описание материалов, режимов термической обработки и методов исследования, включающих электронно-микроскопический анализ, рентгеноструктурный фазовый анализ, измерение удельного сопротивления, испытание на растяжение и испытание на коррозионную стойкость для сплава 316L.

Третья глава посвящена изучению влияния параметров аддитивного производства на текстуру аустенита, кинетику и морфологию выделения интерметаллидных фаз. Исследована коррозионная стойкость стали 316L, полученная методом СЛС. Показано, что стойкость к коррозии у образцов этой стали выше, чем у образцов, полученных традиционным способом. Установлены режимы СЛС, при которых получено минимальное содержание, примерно 2,5%, χ -фазы. Для сплава Inconel 718 определен режим ЭЛС, позволяющий получить текстуру типа $\{100\} \langle 001 \rangle$.

В четвертой главе изучено влияние химического состава и режимов обработки на структурообразование сплавов системы Ni-Cr-Mo. Прогнозирование фазового состава проведено с использованием трех методик для сплавов ХН62М, Hastelloy G35 и Hastelloy С4. Показано, что максимальная устойчивость аустенита к выделению ГПУ фаз характерна для сплава ХН62М. Для сплавов ХН62М и Hastelloy С4 установлены закономерности фазовых превращений и построены С-образные диаграммы выделения интерметаллидных фаз. Проанализировано влияние холодной пластической деформации на кинетику образования σ -фазы в сплаве ХН62М. Показано, что холодная пластическая деформация способствует значительному уменьшению инкубационного периода выделения этой фазы. Проведена высокотемпературная обработка (1700° С), в результате которой выявлено увеличение устойчивости аустенита литого сплава ХН62М к выделению σ -фазы и упорядоченной фазы $Ni_2(Cr, Mo)$.

В пятой главе рассмотрено влияние структурно-фазового состава на механические и теплофизические свойства сплавов Hastelloy С4 и ХН62М. Проведено испытание на одноосное растяжение сплава Hastelloy С4 после различных обработок и выявлено, что длительный отжиг приводит к увеличению прочностных свойств при сохранении пластичности на уровне 35%. Ухудшение пластичности и рост предела текучести связано с выделением частиц упорядоченной фазы $Ni_2(Cr, Mo)$. Результаты изучения физических характеристик (удлинение, температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и электросопротивление) сплавов ХН62М и Hastelloy С4 показали, что эти характеристики имеют особенности в интервале температур 580 – 620° С, связанные с нарушением ближнего порядка. Изменение интенсивности роста кристаллической решетки аустенита с температурой подтверждает этот вывод.

В конце каждой главы приведены выводы. Общие результаты и выводы сформулированы в Заключение диссертационной работы.

Замечания по работе.

1. В диссертационной работе исследовано 4 сплава. Из них: 3 - на никелевой основе, 1 - на железной. Аддитивные технологии СЛС и ЭЛС применяли для изготовления сплавов 316L и Inconel 718, используя различные режимы. Высокотемпературная обработка проводилась только для сплава ХН62М. На этом же сплаве изучали влияние холодной пластической деформации на скорость образования σ -фазы. На коррозионную стойкость была испытана сталь 316L. В связи с вышесказанным возникает вопрос, как сопоставлять и сравнивать результаты экспериментальных данных, полученных на разных сплавах и по разным технологиям.
2. В таблицах 4.1 – 4.4 приведены расчетные данные по показателям баланса легирования и энергии дефекта упаковки (ЭДУ) для сплавов ХН62М, Hastelloy C4 и Hastelloy G35. Однако, в диссертационной работе для сплава Hastelloy G35 не приведен его химический состав и технология получения, но указано, что по критерию минимума ЭДУ данный сплав имеет наивысшую устойчивость к коррозии.
3. В работах ученых ЦНИИ КМ «Прометей» (Мушникова С.Ю.) аргументировано определена роль азота к коррозионной стойкости аустенитных сталей. В таблице химического состава исследуемых сплавов азот не указан.
4. В диссертационной работе указано, что высокотемпературная обработка расплава ХН62М составляла 1700° С. Не ясно, почему была выбрана эта температура, которая намного выше температуры гомогенизации этого расплава.
5. На темнопольных изображениях частиц упорядоченной σ -фазы (рис. 4.24, 4.25, 4.30) не указаны рефлексы, в которых получены эти изображения, а также фазы, для которых определены оси зон.

Отмеченные недостатки не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научную и практическую ценность.

Заключение

Диссертация Попковой Дарьи Сергеевны на тему: «Особенности выделения интерметаллидных фаз в сплавах аустенитного класса, стойких в расплавах солей» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены новые результаты в области физического материаловедения.

Диссертация и автореферат соответствуют пунктам Паспорта специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов: 1. Изучение взаимосвязи химического и фазового составов

(характеризуемых различными типами диаграмм, в том числе диаграммами состояния) с физическими, механическими, химическими и другими свойствами сплавов; 2. Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях, включая технологические воздействия, и влияние сварочного цикла на металл зоны термического влияния, их моделирование и прогнозирование; 4. Теоретические и экспериментальные исследования термических, термоупругих, термопластических, термохимических, термомагнитных, радиационных, акустических и других воздействий на изменение структуры и свойств металлов и сплавов, их моделирование и прогнозирование.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор Попкова Дарья Сергеевна заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. - Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov i spлавov».

Официальный оппонент

Доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Ирина Леонидовна Яковлева

Главный научный сотрудник
Лаб. Физического металловедения
ФГБУН Института физики металлов
имени М. Н. Михеева УрО РАН

E-mail: labmet@imp.uran.ru

620108, г. Екатеринбург, Ул. С. Ковалевской, 18

Научная специальность 2.6.1. - Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov i spлавov



Яковлева И.Л.
Заставщик ИФМ УрО РАН
И.Ю. Арапова
Арапова 20 24