

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Николаева Семёна Владимировича «Совместное легирование никеля рением и переходными металлами V-VI групп», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01. – неорганическая химия.

Актуальность работы определяется разработкой новых высокотемпературных материалов, в частности дисперсионно-твердеющих суперсплавов на основе никеля, отличающихся как повышенной механической прочностью, так и коррозионной стойкостью в интервале температур 650-1100 °С.

Создание новых материалов всегда базируется на исследовании строения многокомпонентных диаграмм состояния металлических систем, включающих составляющие их компоненты.

Представленная работа, посвященная исследованию шестого поколения суперсплавов на основе никеля, легированного рением и металлами V-VI групп, является важным разделом современного материаловедения, а также последующих этапов развития этого направления.

Прежде всего это касается установления фазовых равновесий в девяти четырехкомпонентных системах никеля, рения и переходных металлов V-VI групп, пятикомпонентной системе никель-рений-ниобий-хром-молибден при 1375 и 1200К, а также исследования взаимного влияния указанных легирующих элементов на свойства никелевых сплавов для выявления областей новых составов суперсплавов.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, выводов и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность работы и сформулированы основные задачи исследования.

В первой главе представлен обзор литературы по теме работы, где приводятся данные о составе и структуре различных никелевых сплавов, а также методах их получения и свойствах.

Кроме того, анализируются данные о методах построения многокомпонентных диаграмм состояния и фазовых равновесиях в двух-трех- и многокомпонентных системах никеля и рения с металлами V-VI групп, а также вопросы их окислительной устойчивости.

Обзор вполне отражает состояние научных исследований, проведенных в этой области, а также позволил автору на основе критического анализа выделить важные нерешенные проблемы в этом направлении и сформулировать задачи исследования.

Во второй главе диссертации представлено описание методов синтеза образцов для исследования и обоснованы режимы их термообработки.

Для изучения фазовых равновесий, структуры и свойств исследуемых материалов С.В. Николаев применил современный комплекс физико-химического анализа, который включает сканирующую и просвечивающую

электронную микроскопию, электронно-зондовый микроанализ, различные методы рентгенофазового анализа, а также другие методы исследования структуры и свойств.

Экспериментальные данные обрабатывались с помощью различных программ, что обеспечило автору надежность и достоверность полученных результатов, а также обоснованность сделанных в ходе эксперимента выводов.

Третья основная часть диссертации посвящена широкому спектру экспериментальных работ для решения важной практической задачи - выбору составов сложнолегированных твердых растворов на основе никеля для создания нового поколения жаропрочных и жаростойких суперсплавов. В ней также обсуждены полученные результаты и определены наиболее значимые составы для дальнейших широкомасштабных исследований.

С целью решения поставленных задач комплексом современных методов физико-химического анализа в работе изучено взаимодействие никеля и рения с металлами V-VI групп элементов в сложнолегированных сплавах никеля.

Впервые представлены результаты полиэдрации диаграмм фазовых равновесий четырехкомпонентных систем никеля, рения с переходными металлами V-VI групп и пятикомпонентной системы никель-рений-молибден-хром-ниобий.

Прогнозирование строения изотермических сечений фазовых равновесий в четырехкомпонентных системах никеля и рения с металлами V-VI групп осуществлялось методом графов путем пяти последовательных шагов на примере системы никель-рений ниобий-молибден.

Полученные результаты были подтверждены также при экспериментальном исследовании сплавов этой системы, в том числе существование всех непроецируемых трехфазных равновесий, образующихся в системе никель-рений-ниобий-молибден при 1375К.

Аналогичное исследование последующих четырехкомпонентных систем никеля и рения с такими металлами V-VI групп как ванадий, ниобий, молибден, тантал, хром и вольфрам позволило определить графы взаимосвязи четырехфазных равновесий при температуре 1375К для систем никель-рений-ванадий-ниобий, никель-рений-ванадий-тантал, никель-рений-ниобий-тантал, никель-рений-ниобий-хром, никель-рений-ниобий-вольфрам, никель-рений-тантал-хром, никель-рений-тантал-молибден и никель-рений-тантал-вольфрам.

В развитии этих работ метод графа был применен также для анализа и полиэдрации четырехкомпонентных систем никель-рений-ниобий-хром, никель-рений-ниобий-молибден, никель-рений-хром-молибден, никель-ниобий-хром-молибден при температуре 1200К.

Впервые полученные результаты этих исследований были использованы для анализа и полиэдрации пятикомпонентной системы никель-рений-ниобий-хром-молибден при температурах 1375 и 1200К.

В результате в пятикомпонентной системе при температуре 1375К были идентифицированы и исследованы два пятифазных равновесия, а также установлены и исследованы четыре пятифазных равновесия при температуре 1200К.

Установлено, что твердый раствор на основе никеля в пятикомпонентной системе при температуре 1375К находится в равновесии α -, β -, δ - и P фазами, а также твердым раствором рения.

При снижении температуры до 1200К в равновесии появляется μ' -фаза, при этом область твердого раствора для поиска новых жаропрочных и жаростойких сплавов на основе никеля достаточно узкая.

Поэтому при дальнейших исследованиях в области пятикомпонентных твердых растворов никеля автором была определена максимальная растворимость в нем легирующих элементов при температуре 1200 и 1375К, а также построена аналитическая модель для описания поверхности раствора на изотермических сечениях.

С учетом полученных результатов были построены проекции поверхностей никелевого твердого раствора в системах никель, рений с металлами V-VI групп и пятикомпонентной системе никель-рений-ниобий-хром-молибден при температурах 1200 и 1375К.

Полученные проекции поверхности многокомпонентного твердого раствора на основе никеля позволяют выбирать фазовый состав новых дисперсионно-твердеющих сплавов для дальнейших исследований и разработок.

С этой целью автором установлены закономерности изменения твердости дисперсионно-упрочненных сплавов никеля системы никель-рений-хром-молибден-ниобий, а также построены диаграммы состав-структура-свойство для трехкомпонентных систем никеля с металлами V-VI групп, позволяющие оценить их свойства в зависимости от состава упрочняющей фазы.

Полученные результаты показали, что значение твердости новых дисперсионно-твердеющих суперсплавов на основе никеля зависит как от состава, так режимов термической обработки, в частности для исследованных пятикомпонентных сплавов значение твердости изменяется в пределах 286-320 HV.

Значительный интерес с практической точки зрения представляет также исследование коррозионной стойкости новых многокомпонентных суперсплавов никеля. Автором установлено, что на воздухе при температуре 1200К наибольшей стойкостью к окислению обладают многокомпонентные сплавы никеля, легированные рением, который подавляет процесс потери их массы при нагреве.

Сведения, полученные автором в третьей главе, касающиеся составов и свойств четырех- и пятикомпонентных сплавов никеля, обладают базовой основой для разработки новых составов жаропрочных и жаростойких дисперсионно-твердеющих никелевых сплавов.

В заключительной части диссертации обобщены экспериментальные результаты, проведено их обсуждение и вопросы дальнейшего развития.

В работе следует отметить следующие недостатки.

1. Рабочие температуры материалов и температуры экспериментов представлены в различных единицах.

2. Не всегда приведены погрешности измерений при экспериментальных исследованиях.

3. Методика коррозионных испытаний описана достаточно поверхностно.

4. В работе встречаются неточности и опечатки.

Отмеченные недостатки не снижают ценности работы.

В диссертации исследуются и решены научно-практические задачи, имеющие значение для развития наиболее актуальных разделов современного материаловедения и неорганической химии.

Считаю, что по своей новизне, научному уровню и актуальности, а также достоверности полученных теоретических и практических результатов диссертация **Николаева Семёна Владимировича** в полной мере соответствует современным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Ее автор - **Николаев Семён Владимирович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности (02.00.01) – неорганическая химия.

Результаты исследования автора опубликованы в ведущих научных российских и международных журналах и доложены на конференциях. Текст диссертации соответствует автореферату.

Результаты работы следует рекомендовать в другие заинтересованные организации и ведомства, разрабатывающие новые никелевые сплавы.

Официальный оппонент, кандидат химических наук,
доцент

 **Е.И. Курбатова**

09. 04 2014



