

### **Отзыв официального оппонента**

о диссертации Николаева С.В. "Совместное легирование никеля рением и переходными металлами V-VI групп ", представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01. – Неорганическая химия.

Разработка новых и совершенствование существующих конструкционных металлических материалов неразрывно связаны с поисками новых композиций и, как правило, с усложнением их химического состава. Многокомпонентные системы в то же время почти всегда содержат различные фазы, сочетание которых и приводит к формированию новых физических и химических свойств. Описание равновесий в многокомпонентных и многофазных системах представляет собой одну из актуальных проблем материаловедения. Вместе с тем, построение экспериментальными методами фазовых диаграмм многокомпонентных систем крайне трудоемко и, кроме того, возникает много затруднений в представлении таких диаграмм в удобном для практического использования виде. В этой связи диссертационная работа С.В. Николаева, посвященная экспериментальному изучению фазовых равновесий в четырехкомпонентных системах на основе никеля, содержащих рений и переходные металлы V-VI групп Периодической системы, обобщению полученных результатов с использованием метода графов для пятикомпонентных систем и определению некоторых свойств изученных композиций, безусловно, является актуальной.

Изложению результатов исследования предпослан литературный обзор, в котором наряду с кратким изложением свойств жаропрочных сплавов на основе никеля, главное место занимает рассмотрение диаграмм фазовых равновесий в двух- и трехкомпонентных сплавах, как на основе никеля, так и переходных металлов V-VI групп Периодической системы элементов. Обзор проведен с привлечением более чем 150 источников и свидетельствует о хорошем владении диссертантом предметом исследования.

Все рассмотрение проводится с использованием метода графов, разработанного в ранее проведенных исследованиях руководителя диссертанта Е.М. Слюсаренко. Сущность этого метода заключается в построении некоторых полиэдров, вершины которых соответствуют существующим в системе фазам, а линии, соединяющие вершины – равновесиям между этими фазами. Главное достоинство метода состоит в

возможности по информации о фазовых диаграммах систем с меньшим числом компонентов прогнозировать фазовые равновесия для систем с бóльшим их числом.

В литературном обзоре, наряду с изложением фактического материала о фазовом строении рассматриваемых систем содержатся также результаты применения к ним метода графов и построения соответствующих полиэдров. Из текста диссертации не ясно, является ли это рассмотрение оригинальным, выполненным диссертантом, или же оно взято из литературных источников.

Результаты работы состоят из двух основных частей, в первой определен равновесный фазовый состав в 9 четырехкомпонентных системах, во второй определена максимальная растворимость легирующих элементов в твердом растворе на основе никеля при 1375 и 1200 К

Для проведения исследования фазового состава сплавов в работе использованы традиционные, уже ставшие обычными, методы физико-химического анализа металлических систем: сканирующая электронная микроскопия, электронно-зондовый, рентгенофазовый и дифференциальный термический методы анализа. Измерения проведены на современном оборудовании, что свидетельствует об их достоверности и надежности.

Все сплавы получали при многократном переплаве, гомогенизацию состава проводили при многочасовом отжиге при температурах существования в сплавах твердого раствора, отжиги для изучения фазового состава при 1375 и 1200 К проводили в течение 500 и 1200 часов, что, скорее всего, обеспечивало установление равновесия между образующимися фазами, однако следует отметить, что специальной проверки этого факта в работе не проводили.

Результаты изучения фазового состава и состава сосуществующих фаз в 17 сплавах системы Ni-Re-V-Nb, 8 сплавах системы Ni-Re-V-Ta, 6 сплавах системы Ni-Re-Nb-Ta, 10 сплавах системы Ni-Re-Nb-Cr, 11 сплавах системы Ni-Re-Nb-Mo, 6 сплавах системы Ni-Re-Nb-W, 9 сплавах системы Ni-Re-Ta-Cr, 9 сплавах системы Ni-Re-Ta-Mo и 3 сплавах системы Ni-Re-Ta-W при 1375 К систематизированы в таблицах 3.1 – 3.9. Для каждого сплава определены присутствующие фазы, их структуры и приведены составы каждой из фаз. Этот колоссальный по своему объему прямой экспериментальный материал имеет непреходящее научно-справочное значение, что является несомненной заслугой диссертанта. Эти данные будут существовать независимо от последующих теоретических разработок и все последующие исследователи межчастичного взаимодействия в указанных системах найдут в этих данных свою опору.



На основе полученных данных построены графы изученных четырехкомпонентных систем и сконструирован граф фазовых равновесий в пятикомпонентной системы Ni-Re- Nb-Cr-Mo,

Во второй части диссертации предложено эмпирическое уравнение, которое должно описывать поверхность растворимости легирующих элементов в твердом растворе на основе никеля, подобраны значения коэффициентов уравнения и показана хорошее согласие вычисленных их него значений с опытными данными, в том числе и по измерению твердости дисперсно-упрочненных сплавов.

Кроме рассмотренных результатов в диссертации приведены данные по изучению окисления ряда сплавов на воздухе. Эта часть работы стоит несколько особняком и не вполне вписывается в главное направление работы.

К уже отмеченным замечаниям по диссертации можно добавить, что в ней недостаточно ясно изложено, какие общие принципы и основания для каждого конкретного случая были использованы для исключения из рассмотрения при построении полиэдров для пятикомпонентных систем по данным о четырехкомпонентных.

Можно также сделать некоторые мелкие замечания, относящиеся к изложению

На рис. 1.1 надписи сделаны на английском языке, хотя согласно требованиям ВАК диссертации должна быть написана на русском языке.

На стр.57 указаны условия проведения гомогенизирующего отжига, хотя, как это видно из последующего текста, речь идет об отжиге для установления фазовых равновесий.

Диссертант везде в соответствующем разделе пишет о "максимальной растворимости" легирующих элементов в никелевом твердом растворе. Следует заметить, что сам по себе термин "растворимость" предполагает максимальную концентрацию какого-либо вещества в растворе в равновесии с некоторой избыточной фазой, поэтому термин "максимальная растворимость" не имеет смысла.

Непонятно, почему ссылка 35 на статью В.В. Молоканова в списке литературы приведена не на ее оригинал в ЖФХ а на ее переводную версию.

Переходя к оценке диссертации Семена Владимировича Николаева в целом можно заключить, что выполненная им работа содержит решение задачи, имеющей значение для развития материаловедения и неорганической химии и по всему своему содержанию, новизне, достоверности и значению полученных результатов вполне соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам он, показавший хорошее владение современными методами исследования и анализа

полученных экспериментальных данных, безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности "02.00.01 Неорганическая химия".

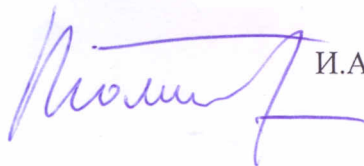
Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание. Материалы диссертации неоднократно докладывались на научных конференциях, как внутри страны, так и Международных и опубликованы в 2-х статьях в рецензируемых изданиях.

Официальный оппонент

Заслуженный деятель науки Российской Федерации,

профессор, доктор химических наук

14.04.14



И.А. Томилин

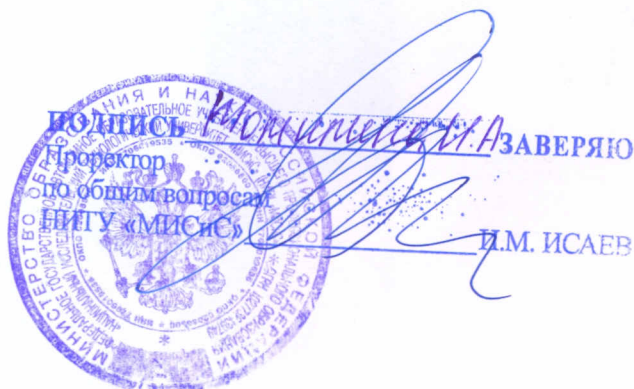
Томилин Игорь Аркадьевич

119049, Москва, Ленинский просп. 4

Тел. 8-(495)-638-45-95; e-mail: [tomilin@misis.ru](mailto:tomilin@misis.ru)

Федеральное государственное автономное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС".

Ведущий эксперт



ПОДПИСЬ *И.М. Исаев* ЗАВЕРЯЮ  
Проректор по общим вопросам  
НИТУ «МИСиС» И.М. ИСАЕВ