

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛОФИЗИКИ

На правах рукописи

ЧЕРЕПОВА ТАТЬЯНА СТЕПАНОВНА

УДК 620.22:669.017.11.3

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИИ В СПЛАВАХ КОБАЛЬТА С КАРБИДАМИ  
И РАЗРАБОТКА ИЗНОСОСТОЙКОГО ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ  
МАТЕРИАЛА

05.16.01 - металловедение и термическая  
обработка металлов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Киев - 1994



00756382 (V)

AB 30.021

Робота виконана в Інституті металофізики АН України

Научні керівники: доктор технічних наук Шурин А.К.

кандидат технічних наук Дмитрієва Г.П.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Ошкадеров С.П.

(ИИФ АН України)

кандидат хімічних наук, доцент

Марків В.Я.

(Київський державний університет)

Ведущая организация: Інститут проблем матеріалознавства АН України

Защита состоится 25 мая 1994 года в 14<sup>00</sup> на заседании  
специализированного совета Д.016.37.01 Института металофізики  
АН України.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института  
металофізики АН України.

Отзывы, заверенные печатью, просим направлять по адресу:  
152680, ГСП, г.Киев-142, пр.Вернадского, 36  
Институт металофізики АН України

Автореферат разослан 21 апреля 1994 г.

Ученый секретарь специализированного  
совета Д.016.37.01

кандидат физико-математических наук

*Мадатова* МАДАТОВА Э.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для развития современной техники требуется создание новых материалов, которые, в зависимости от функционального назначения, должны обладать определенным комплексом физико-механических свойств. Особые требования предъявляются к материалам, работающим в авиационных газотурбинных двигателях: хорошие прочностные показатели (в том числе износостойкость) должны сохраняться при высоких температурах, в агрессивных средах, при переменных нагрузках достаточно длительное время.

Перспективным направлением создания новых материалов является использование в качестве базовых - эвтектических сплавов переходных металлов с фазами внедрения, строение которых характеризуется сочетанием двух фаз, одна из которых является пластичной матрицей, а вторая служит эффективным упрочнителем. Благодаря этому, эвтектики сочетают в себе не только свойства отдельных фаз, но зачастую приобретают комплекс совершенно новых характеристик, недостижимых другими способами. Путем легирования матрицы, изменения состава, формы и размеров упрочняющих фаз, изменения количественного соотношения упрочнителя и матрицы можно достичь необходимого уровня требуемых свойств.

Научно обоснованная разработка новых эвтектических сплавов требует знания диаграмм фазовых равновесий, использование которых особенно важно при разработке высокотемпературных материалов. Стабильность свойств сплавов, предназначенных для работы при высоких температурах, достигается лишь при стабильности структуры и фазового состава, которые определяются диаграммой состояния.

Хорошими физико-механическими свойствами обладают эвтектики металлов группы железа с карбидами тугоплавких металлов IV и

ИЗДАНИЕ 8. М. 1977  
ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

У групп. Результаты исследования систем  $Ni - MeC$ ,  $Fe - MeC$  и  $Co - MeC$  достаточно освещены в литературе. Наибольшие преимущества присущи кобальт-карбидным эвтектикам, по сравнению с эвтектиками на основе никеля и железа. Благодаря более высоким температурам плавления, стойкости к окислению и коррозии, прочностным свойствам и сопротивлению термической усталости кобальт-карбидные эвтектики привлекают все большее внимание разработчиков. Путем увеличения объемной доли упрочняющих карбидных фаз в эвтектике за счет введения в сплав не одного, а двух карбидов можно достичь повышенных прочностных показателей и износостойкости эвтектических сплавов.

В связи с отсутствием литературных сведений о взаимодействии кобальта с двумя карбидами существует необходимость проведения экспериментального исследования фазовых равновесий в сплавах систем  $Co - Me^I C - Me^II C$ , где  $Me^I$  и  $Me^II$  - металлы IV и V групп Периодической системы элементов.

Наряду с исследованиями фазовых равновесий и структуры кобальтовых эвтектических сплавов, особую актуальность приобретает изучение диаграмм состав-свойство и таких важных эксплуатационных характеристик сплавов, как износостойкость при высоких температурах, стойкость к высокотемпературной солевой коррозии, термическое расширение, литейные качества сплавов и т.п.

С учетом изложенного были сформулированы цель и основные задачи исследования.

Целью настоящей работы является изучение фазовых равновесий в сплавах кобальта с двумя карбидами и разработка высокотемпературного износостойкого сплава на основе кобальта.

Основные задачи исследования:

I. Построить диаграммы фазовых равновесий систем кобальта

с двумя монокарбидами, образованными металлами IV и V групп Периодической системы элементов.

2. Изучить структуру литых и отожженных сплавов в области эвтектических составов.

3. Изучить влияние легирования на структуру, фазовый состав и температуру плавления сплавов наиболее перспективной системы.

4. Изучить влияние состава сплавов на износостойкость и разработать литейный сплав для защиты от износа бандажных полок лопаток газотурбинных авиационных двигателей.

Научная новизна. В диссертационной работе с применением методов физико-химического анализа впервые исследованы сплавы 14-ти сечений  $Co - Me'C - Me''C$  четверных систем  $Co - Me' - Me'' - C$ , где  $Me'$  и  $Me''$  -  $Ti, Zr, Hf, Nb, V, Ta$ , а монокарбиды  $Me'C$  и  $Me''C$  соответствуют составам с конгруэнтным плавлением. В каждой из исследованных систем (сечений) установлен тип диаграммы плавкости, положение эвтектических тальвегов, структура, температура плавления и фазовый состав литых и отожженных сплавов.

Получены новые сведения о связи износостойкости с составом в легированных сплавах системы  $Co - TiC - NbC$  в области температур от 20 до 1000°C. Оценена фазовая и структурная стабильность эвтектики данной системы в этой области температур.

Научная и практическая ценность. Полученные результаты о фазовых равновесиях в сплавах кобальта с двумя карбидами имеют фундаментальный характер и могут быть использованы для решения различных задач научного и прикладного плана. Новая научная информация, содержащаяся в работе, может быть использована при создании новых эвтектических материалов различного назначения.

На основе проведенных исследований разработаны две модификации износостойкого при высоких температурах сплава для упрочнения лопаток ГТД, применение которого увеличивает ресурс работы двигателя предположительно в 4-6 раз.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Диаграммы состояния кобальта с двумя монокарбидами металлов IV и V групп Периодической системы элементов не содержат тройных соединений и подразделяются на три типа: I - диаграммы с моновариантным эвтектическим равновесием, II - диаграммы с невариантным эвтектическим равновесием, когда тройная эвтектика обусловлена эвтектическими равновесиями в граничных системах, III - диаграммы с невариантным эвтектическим равновесием, когда тройная эвтектика обусловлена эвтектическими равновесиями в двух граничных системах и образованием области несмешиваемости в третьей.

2. Комплексное легирование хромом, вольфрамом, молибденом и алюминием сплавов системы  $Co - TiC - NbC$  придает им высокую износостойкость при повышенных температурах в сочетании с хорошей технологичностью их получения и обработки.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на V Всесоюзном совещании "Диаграммы состояния металлических систем", Звенигород, 1989 г.; IV Всесоюзной школе-семинаре "Диаграммы состояния в материаловедении", Одесса, 1990 г.; IV и V Научно-технических конференциях "Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий", Запорожье, 1989 г., 1992 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состо-

ит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложения. В диссертации содержится 140 страниц, 9 таблиц, 60 рисунков, 79 ссылок на работы отечественных и зарубежных авторов.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, выбор объектов исследования, формулируются цели и задачи работы, ее научная новизна и практическое значение, а также научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе сделан обзор отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Проанализированы имеющиеся данные о диаграммах фазовых равновесий в системах кобальта с карбидами металлов IV и V групп, а также в двойных системах карбид-карбид. Отмечено отсутствие сведений об исследованиях сплавов кобальта с двумя карбидами, за исключением системы  $Co - VC - NbC$ . Рассмотрены вопросы, связанные с применением износостойких кобальт-карбидных сплавов в газотурбостроении, приведены марки и составы промышленных кобальтовых сплавов, применяемых в настоящее время в мире. Особое внимание уделено вопросам влияния легирующих элементов на свойства кобальтовых сплавов.

Вторая глава посвящена описанию методов исследования и методике приготовления образцов, характеристике применяемых исходных шихтовых материалов и методам выплавки сплавов. Металлографические исследования сплавов проводились на световом микроскопе "Неофот-2", фазовый рентгеноструктурный анализ - на рентгеновской установке ДРОН-2.0. Температуру начала и конца плавления, превращений в твердом состоянии определяли с помощью высокотемпературного дифференциального термического анализа. Твердость сплавов определяли стандартным методом на приборе Виккерса.

Оценка износостойкости сплавов осуществлялась на оригинальной лабораторной установке, имитирующей рабочие условия лопаток газотурбинных двигателей, а стойкость сплавов в реальных условиях определялась промышленными испытаниями на полноразмерных стационарных двигателях. Контроль состава сплавов проводился методом рентгеноспектрального анализа на установке VRA -2. Термическая обработка сплавов осуществлялась в вакуумных печах типа ТВВ-4.

В третьей главе изложены результаты исследования фазовых равновесий в системах кобальта с двумя карбидами. Рассматриваемые системы  $Co - Me^I C - Me^{II} C$  являются сечениями четверных систем  $Co - Me^I - Me^{II} - C$ , где  $Me^I C$  и  $Me^{II} C$  - карбиды металлов IV и V групп составов конгруэнтного плавления, имеющие следующую стехиометрию:  $TiC_{0,80}$ ;  $ZrC_{0,81}$ ;  $NbC_{0,82}$ ;  $VC_{0,86}$ ;  $NiC_{0,94}$  и  $TaC_{0,82}$ . В каждой из 14 исследованных систем (рис. I) изучены структура, фазовый состав, температура плавления литых и отожженных сплавов. Установлен тип диаграмм плавкости систем, положение эвтектических тальвегов, состав и температура плавления точек тройных эвтектик и точек экстремума.

В результате проведенных исследований установлены концентрационные границы существования областей доэвтектических и заэвтектических сплавов. Избыточными в доэвтектических сплавах являются дендриты кобальтового твердого раствора. В заэвтектических сплавах избыточные кристаллы карбидов имеют форму ограниченных дендритов. Все исследованные эвтектики относятся к ограниченно-неограниченным. Фазой, зарождающей и ведущей эвтектическую кристаллизацию является во всех случаях карбид. Ширина области квазиэвтектических структур составляет 2-3 мол. %.

По данным фазового рентгеноструктурного анализа матричная

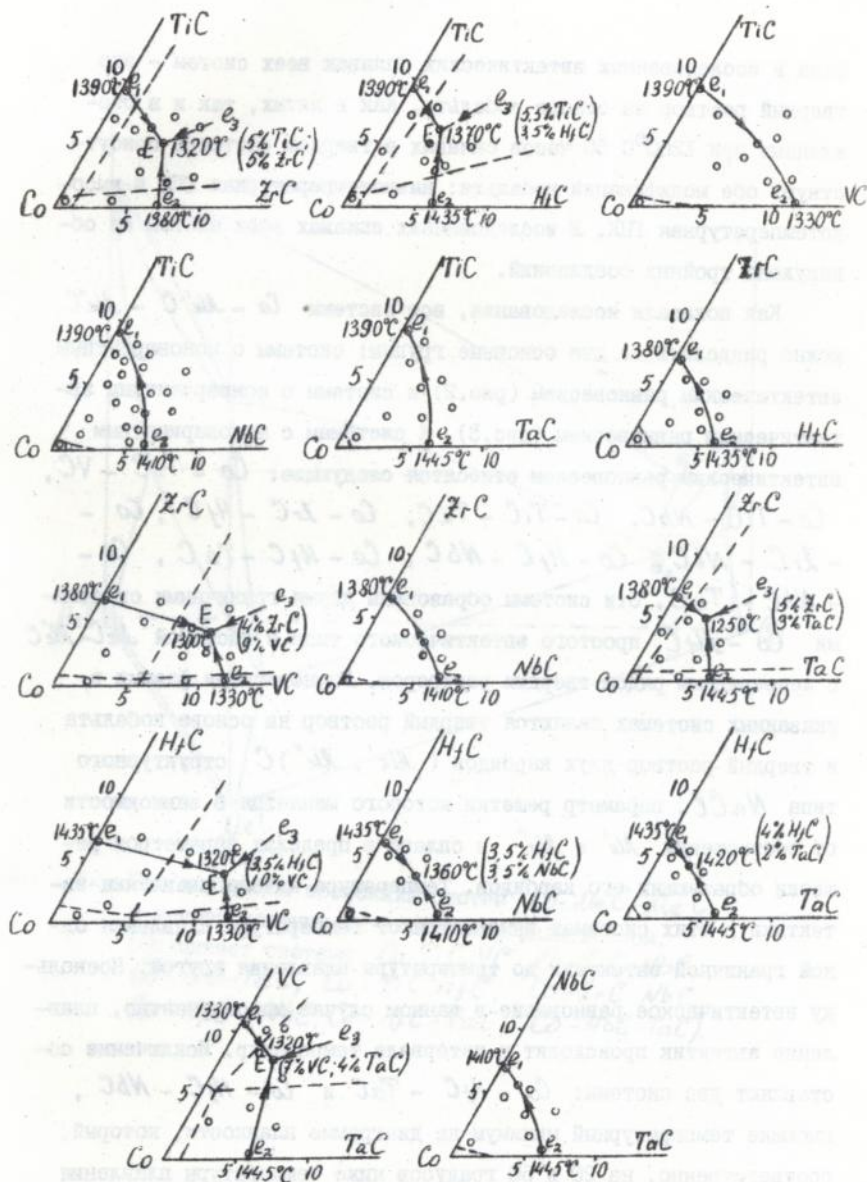


Рис. I. Проекция поверхностей солидус и ликвидус на концентрационный треугольник (мол. %).

фаза в исследованных эвтектических сплавах всех систем - это твердый раствор на основе кобальта. Как в литых, так и в отожженных при 1200°C 50 часов сплавах в твердом растворе присутствуют обе модификации кобальта: низкотемпературная ГПУ и высокотемпературная ПЦК. В исследованных сплавах всех систем не обнаружено тройных соединений.

Как показали исследования, все системы  $Co - Me' C - Me'' C$  можно разделить на две основные группы: системы с моновариантным эвтектическим равновесием (рис.2) и системы с невариантным эвтектическим равновесием (рис.3). К системам с моновариантным эвтектическим равновесием относятся следующие:  $Co - TiC - VC$ ,  $Co - TiC - NbC$ ,  $Co - TiC - TaC$ ,  $Co - ZrC - HfC$ ,  $Co - ZrC - NbC$ ,  $Co - HfC - NbC$ ,  $Co - HfC - TaC$ ,  $Co - NbC - TaC$ . Эти системы образованы двумя граничными системами  $Co - MeC$  простого эвтектического типа и системой  $Me' C - Me'' C$  с непрерывным рядом твердых растворов. Равновесными фазами в указанных системах являются твердый раствор на основе кобальта и твердый раствор двух карбидов ( $Me'$ ,  $Me''$ )C структурного типа  $NaCl$ , параметр решетки которого меняется в зависимости от соотношения  $Me'$  и  $Me''$  в сплаве в пределах параметров решетки образующих его карбидов. Температура начала плавления эвтектики в этих системах изменяется от температуры плавления одной граничной эвтектики до температуры плавления другой. Поскольку эвтектическое равновесие в данном случае моновариантно, плавление эвтектик происходит в интервале температур. Исключение составляют две системы:  $Co - HfC - TaC$  и  $Co - HfC - NbC$ , имеющие температурный минимум на диаграмме плавкости, который, соответственно, на 20 и 50 градусов ниже температуры плавления наиболее легкоплавкой граничной эвтектики. Исходя из полученных

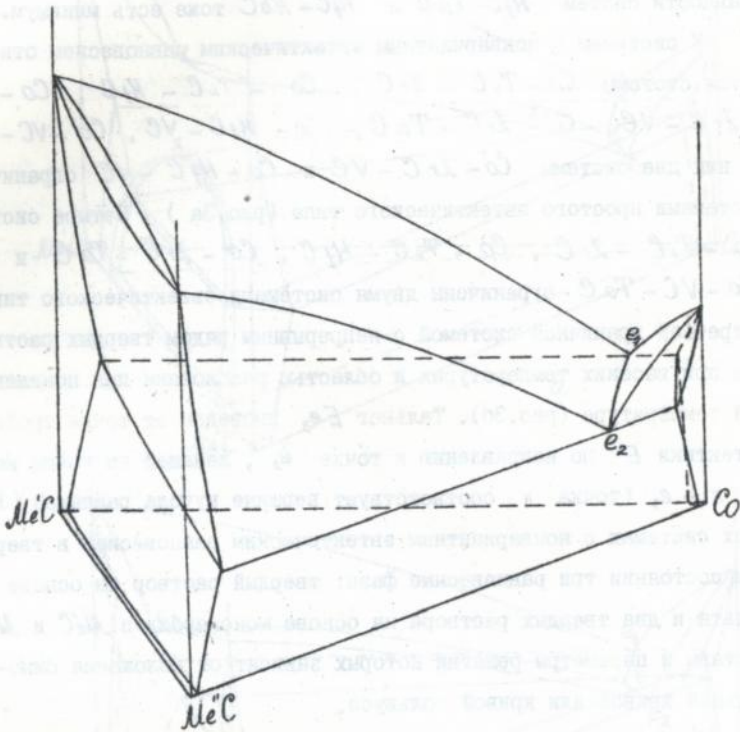


Рис. 2. Тип диаграммы состояния систем  $Co-Me''C-Me''C$  с моновариантным эвтектическим равновесием.  
(Описывает системы  $Co-TiC-VC$ ,  $Co-TiC-NbC$ ,  
 $Co-TiC-TaC$ ,  $Co-ZrC-HfC$ ,  $Co-ZrC-NbC$ ,  
 $Co-HfC-NbC$ ,  $Co-HfC-TaC$ ,  $Co-NbC-TaC$ ).

экспериментальных данных, можно предположить, что на диаграмме плавкости систем  $HfC-TaC$  и  $HfC-NbC$  тоже есть минимум.

К системам с неинвариантным эвтектическим равновесием относятся системы  $Co-TiC-ZrC$ ,  $Co-TiC-HfC$ ,  $Co-ZrC-VC$ ,  $Co-ZrC-TaC$ ,  $Co-HfC-VC$ ,  $Co-VC-TaC$ . Из них две системы  $Co-ZrC-VC$  и  $Co-HfC-VC$  ограничены системами простого эвтектического типа (рис.3а). Четыре системы  $Co-TiC-ZrC$ ,  $Co-TiC-HfC$ ,  $Co-ZrC-TaC$  и  $Co-VC-TaC$  ограничены двумя системами эвтектического типа и третьей граничной системой с непрерывным рядом твердых растворов при высоких температурах и областью расслоения при пониженной температуре (рис.3б). Тальвег  $Ee_3$  проведен от точки тройной эвтектики  $E$  по направлению к точке  $e_3$ , лежащей на конце коноды  $K-e_3$  (точка  $K$  соответствует вершине купола распада). Во всех системах с неинвариантным эвтектическим равновесием в твердом состоянии три равновесные фазы: твердый раствор на основе кобальта и два твердых раствора на основе монокарбидов  $MeC$  и  $Me''C$ , составы и параметры решетки которых зависят от положения бинодальной кривой или кривой сольвуса.

Четвертая глава посвящена решению прикладной задачи - разработке износостойкого при высоких температурах сплава на кобальтовой основе. Необходимость в таком материале диктуется возникшей производственной проблемой, которая заключается в следующем. При эксплуатации ГТД слабым звеном являются лопатки, которые, будучи собранными в замке, подвергаются трению, соударениям, колебаниям, высокотемпературному окислению. В результате этих явлений кромки бандажных полок лопаток изнашиваются и между ними появляется зазор. При достижении критической величины этого за-

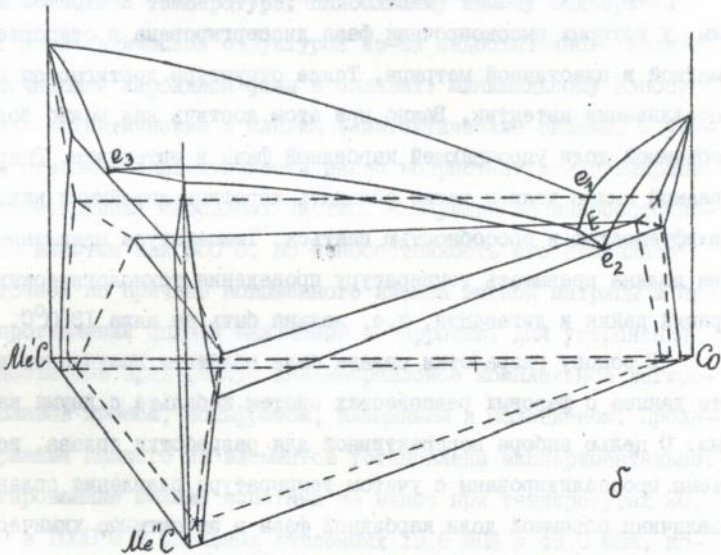
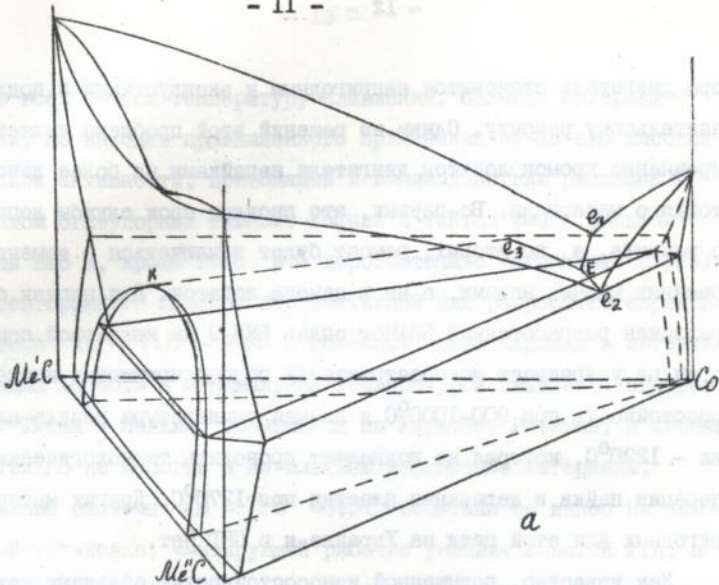


Рис. 3. Типы диаграмм состояния  $Co-Me'C-Me''C$  с неинвариантным эвтектическим равновесием. (Описывают системы:  $a - Co-TiC-ZrC, Co-TiC-NiC, Co-ZrC-TaC, Co-Vc-TaC$ ;  $\delta - Co-ZrC-Vc, Co-NiC-Vc$ ).

зора двигатель становится непригодным к эксплуатации и подлежит капитальному ремонту. Одним из решений этой проблемы является упрочнение кромок лопаток двигателя напайками из более износостойкого материала. Во-первых, это продлит срок службы лопаток до ремонта, а, во-вторых, ремонт будет заключаться в замене изношенных напайк новыми, а не в замене лопаток. Для напайки был предложен разработанный ВИАМом сплав ВЖЛ-2 на никелевой основе. Но он не устраивает моторостроителей по двум причинам: низкая износостойкость при 900-1000°C и низкая температура начала плавления - 1220°C, которая не позволяет проводить технологические операции пайки и дегазации пластин при 1270°C. Других материалов, пригодных для этой цели на Украине и в СНГ нет.

Как известно, повышенной износостойкостью обладают материалы, у которых высокопрочная фаза диспергирована в относительно мягкой и пластичной матрице. Такие структуры достигаются при кристаллизации эвтектик. Важно при этом достичь как можно большей объемной доли упрочняющей карбидной фазы в эвтектике. Разрабатываемый сплав должен также обладать хорошими литейными качествами, шлифуемостью и способностью паяться. Температура плавления сплава должна превышать температуру проведения технологических операций пайки и дегазации, т.е. должна быть не ниже 1300°C.

В основу разработки сплава были положены полученные в работе данные о фазовых равновесиях систем кобальта с двумя карбидами. С целью выбора перспективной для разработки сплава, все системы проанализированы с учетом температуры плавления сплавов, величины объемной доли карбидной фазы в эвтектике, химической активности компонентов, дефицитности и стоимости входящих в сплав элементов. Так сплавы, содержащие карбид ванадия имеют максимальную объемную долю карбида в эвтектике, но минимальную среди

сплавов всех систем температуры плавления. Сплавы, содержащие цирконий, не находят промышленного применения из-за его высокой химической активности, приводящей к взаимодействию расплава с материалом огнеупорных тиглей. Гафний и тантал имеют большой удельный вес и, кроме того, это дорогостоящие материалы. В результате всестороннего анализа перспективной для разработки определена система  $Co - TiC - NbC$  с объемной долей карбида в эвтектике порядка 18 об.% и минимальной температурой плавления сплавов -  $1380^{\circ}C$ . Титан - легкий, добывается на Украине. И титан, и ниобий относительно не дорогие и не слишком дефицитные материалы.

Сплавы системы  $Co - TiC - NbC$  испытаны на износ на лабораторной установке, имитирующей рабочие условия лопаток ГТД, вначале при комнатной температуре. Наибольшему износу подвержены сплавы с доэвтектической структурой из-за недостаточного количества упрочняющей карбидной фазы в сплавах. Минимальному износу подвержены эвтектические и слегка заэвтектические сплавы. С увеличением степени заэвтектичности износ возрастает из-за выкрашивания более крупных карбидных частиц. Наилучший по износостойкости сплав испытан при  $800^{\circ}C$ . Но износостойкость его оказалась недостаточной по причине повышенного износа мягкой матрицы и низкого сопротивления сплава окислению и коррозии. Для устранения этих недостатков предпринято целенаправленное комплексное легирование сплавов хромом, вольфрамом, алюминием и молибденом. Пределы содержания каждого из элементов установлены экспериментально.

Легированные сплавы испытаны на износ при температурах 20, 500, 800 и  $1000^{\circ}C$  и удельных давлениях 19,6 МПа и 49,0 МПа, которые соответствуют давлениям на лопатки двигателей различной мощности. Наилучший по износостойкости сплав, которому присвоена

марка ХТН-37, при давлениях 19,6 МПа превосходит по этому показателю в 15 раз сплав ВЖЛ-2 и в 8-10 раз лопаточный материал ЖС6У, работающий в маломощных двигателях без напаяек, а при давлениях 49 МПа превосходит сплав ВЖЛ-2 в 4 раза. Содержание титана в сплаве приводит к взаимодействию с некоторыми огнеупорными материалами. Для решения возникшей проблемы исследована серия сплавов, в которых уменьшение содержания химически активного титана компенсировано увеличением содержания второго карбидообразующего элемента - ниобия. Наилучший из них превышает износостойкость сплава ВЖЛ-2 в 5-10 раз<sup>3</sup> при удельном давлении 49,0 МПа. Разработанному сплаву присвоена марка ХТН-61. Температура плавления сплава ХТН-37 - 1330<sup>0</sup>С, сплава ХТН-61 - 1320<sup>0</sup>С. По микроструктуре - это заэвтектические сплавы. Они обладают удовлетворительной жаростойкостью, коррозионной стойкостью, литейными качествами, шлифуемостью. Первые партии сплавов выплавлены в ИМФ, отработана технология получения слитков. 100 кг сплава переданы в ЗМКБ "Прогресс" для испытаний на полноразмерных стационарных двигателях. ХТН-37 прошел промышленные испытания на изделии Д18Т (двигатель самолета "Руслан") на гарантийный ресурс 2000, 4000 часов, испытания продлены до 6000 часов, в то время как ВЖЛ-2 имеет наработку только 1000 часов.

Сплав ХТН-37 паспортизирован, на него выпущен сертификат ФР 1.2.1103-92 "Сплав ХТН-37 высокотемпературный износостойкий литейный". На сплавы ХТН-37 и ХТН-61 разработаны технические условия, которые прошли государственную регистрацию, как ТУ 86.061.001-92 "Прутки литые из сплавов ХТН-37 и ХТН-61". Согласно ТУ на заводе "Спецэлектрометаллургия" отработана технология и производится шихтованные заготовки для дальнейшего переплава

и изготовления деталей в ЗМКБ "Прогресс". Здесь сплав ХТН-37 внесен в чертежи в качестве материала для напаяк на кромки бандажных полок лопаток ГТД. На патентование сплавов ХТН-37 и ХТН-61 подана заявка.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Диаграммы состояния систем кобальта с двумя монокарбидами металлов IV и V групп подразделяются на три типа: I - диаграммы с моновариантным эвтектическим равновесием, II - диаграммы с невариантным эвтектическим равновесием, обусловленным эвтектическим равновесием в граничных системах и III - диаграммы с невариантным эвтектическим равновесием, обусловленным эвтектическим равновесием в двух граничных системах и образованием области несовместимости в третьей.

2. Диаграммы состояния исследованных систем можно расположить по типам: I тип -  $Co - TiC - VC$ ,  $Co - TiC - NbC$ ,  $Co - TiC - TaC$ ,  $Co - ZrC - HfC$ ,  $Co - ZrC - NbC$ ,  $Co - HfC - NbC$ ,  $Co - HfC - TaC$ ,  $Co - NbC - TaC$ ; II тип -  $Co - ZrC - VC$ ,  $Co - HfC - VC$ ; III тип -  $Co - TiC - ZrC$ ,  $Co - TiC - HfC$ ,  $Co - ZrC - TaC$ ,  $Co - VC - TaC$ .

3. В сплавах всех систем не образуются тройные соединения.

4. На основе всестороннего анализа система  $Co - TiC - NbC$  признана наиболее перспективной для разработки износостойкого сплава, работающего при высоких температурах.

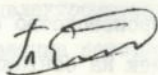
5. Как легированные, так и нелегированные сплавы перспективной системы с заэвтектической структурой в наименьшей степени подвержены износу в условиях работы лопаток ГТД.

6. Разработан и внедрен в производство сплав в двух модификациях, предназначенный для напаяк на бандажные полки лопаток

ГТД, который увеличивает ресурс работы двигателя предположительно в 4-6 раз.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Шурин А.К., Дмитриева Г.П., Максютя И.И., Черепова Т.С. Фазовые равновесия и свойства сплавов систем  $Co(Ni) - TiC - NbC$ . // Диаграммы состояния металлических систем. М. 1989. С.269-270.
2. Максютя И.И., Дмитриева Г.П., Черепова Т.С. Эвтектические кобальт-карбидные сплавы, стойкие против высокотемпературной коррозии. // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий. Запорожье, 1989. С.41-42.
3. Шурин А.К., Дмитриева Г.П., Максютя И.И., Черепова Т.С. Высокотемпературная солевая коррозия кобальт-карбидных эвтектических сплавов. // Защита металлов. 1990. Т.26. № 4. С.659-661.
4. Шурин А.К., Дмитриева Г.П., Черепова Т.С. Сечение  $Co - TiC_{0,86} - NbC_{0,9}$  диаграммы состояния системы  $Co - Ti - Nb - C$ . // Порошк.металлургия. 1991. № 4. С.78-82.
5. Шурин А.К., Дмитриева Г.П., Черепова Т.С. Диаграммы плавкости тройных кобальт-карбидных систем. // Диаграммы состояния в материаловедении. Киев: ИИМ, 1991. С.71-77.
6. Шурин А.К., Дмитриева Г.П., Андрейченко Н.В., Ищенко Л.И., Черепова Т.С. Разработка высокотемпературного износостойкого сплава для упрочнения бандажных полок лопаток ГТД. // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий. Запорожье, 1992. С.41-42.



Подписано в печать 8.04.94г формат 60x84/16  
Бумага писчая. Усл. печ.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №629  
Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвинконсерв. г. Киев, Саксаганского,1

1994 144

AB 30.021

**AB 30.021**

1944  
MAY 14  
1944