

Библиографический список

1. Лукутцова Н. П. Тяжелые металлы в шлаках промышленных предприятий и возможные пути их использования в производстве строительных материалах // Строительные материалы, оборудования. Технологии XXI века. – 2001. – № 11. – С. 10–11.
2. Мини-завод по переработке нефтешламов / В. Н. Пеганов [и др.] // Нефтегазовые технологии. 2002. – № 1. – С. 26–34.
3. Турсумуратов М. Т., Бекбулатов Ш. Х. Использование шламов в дорожном строительстве // Вестник НИИ РК – 2010. – №1. – С. 108–115.

Сведения об авторах

Двойникова Анна Васильевна, к. т. н., доцент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89044915557

Гицаев Абубакар Адамович, магистрант кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89044915557

Information about the authors

Dvoynikova A. V., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, phone: 89044915557

Gicaev A. A., Master's Student at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, phone: 89044915557

Машины, оборудование и обустройство промыслов

УДК 669.018/541.126

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТАВОВ Fe-Ni-Co СПЛАВОВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДСКАЗАНИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ POSSIBILITIES OF MODELING OF COMPOSITIONS OF ALLOYS Fe-Ni-Co AIMING TO FORECAST THE PHASE TRANSFORMATIONS

А. С. Жилин, Дж. У. Ньюкирк, Т. Амин, В. Р. Рамазанова, В. В. Токарев

A. S. Zhilin, J. W. Newkirk, T. Amine, V. R. Ramazanova, V. V. Tokarev

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург*

ООО «Первый цех», г. Екатеринбург

*Ключевые слова: сплавы; моделирование; суперинвар; фазовое превращение; аустенит;
графит; тепловое расширение; структура; литье*

*Key words: alloys; modeling; super-invar; phase transformation; austenite; graphite; thermal
expansion; structure; casting*

Инварные сплавы, а также суперинварные с добавлением кобальта на их основе являются незаменимыми материалами при создании изделий с низкими параметрами теплового расширения [1]. По технологии производства данные сплавы делятся на деформируемые и литейные [2]. Разные технологии позволяют получать изделия различной массы, при этом понимание механизмов распределения структурных составляющих является ключевым фактором формирования конечных функциональных свойств [3].

Цель работы — показать, как современные методы моделирования состава сплава могут помочь с выбором состава экспериментального сплава. Смоделированные составы соотнесены в данной работе с экспериментальными составами, полученными разными научными группами, в том числе и нашей [4–6]. Использование современных методов компьютерного анализа становится необходимым шагом в связи с экономически затратным производством экспериментальных составов из-за высокого содержания дорогих легирующих элементов, таких как никель и кобальт. Поиск оптимального состава с целью рационального легирования

может быть осуществлен как раз за счет возможностей моделирования состава, и, как следствие, за счет моделирования фазовых превращений.

Анализируемые составы приведены в таблице.

Анализируемые сплавы

Сплав	Химический состав			
	Fe (%)	Ni (%)	Co (%)	C (%)
Сплав 1	64	36	—	—
Сплав 2	64	32	4	—
Сплав 3	64	30	6	—
Сплав 4	63,4	32	4	0,6
Сплав 5	63,4	30	6	0,6

сплавы не описаны достаточным образом в литературных источниках. Моделирование осуществлялось в программе JMatPro в лаборатории материаловедения Университета науки и технологии штата Миссури, США.

Все перечисленные сплавы (см. табл.) были получены экспериментальным путем на предприятии ООО «Первый цех». Полученные сплавы были дополнительно металлографически проанализированы с целью определения реального состава структурных составляющих.

В результате моделирования состава получены кривые распределения соответствующих фаз в зависимости от варьирования концентрации одного из компонентов: никеля (Ni), кобальта (Co), углерода (C) (рис. 1, 2).

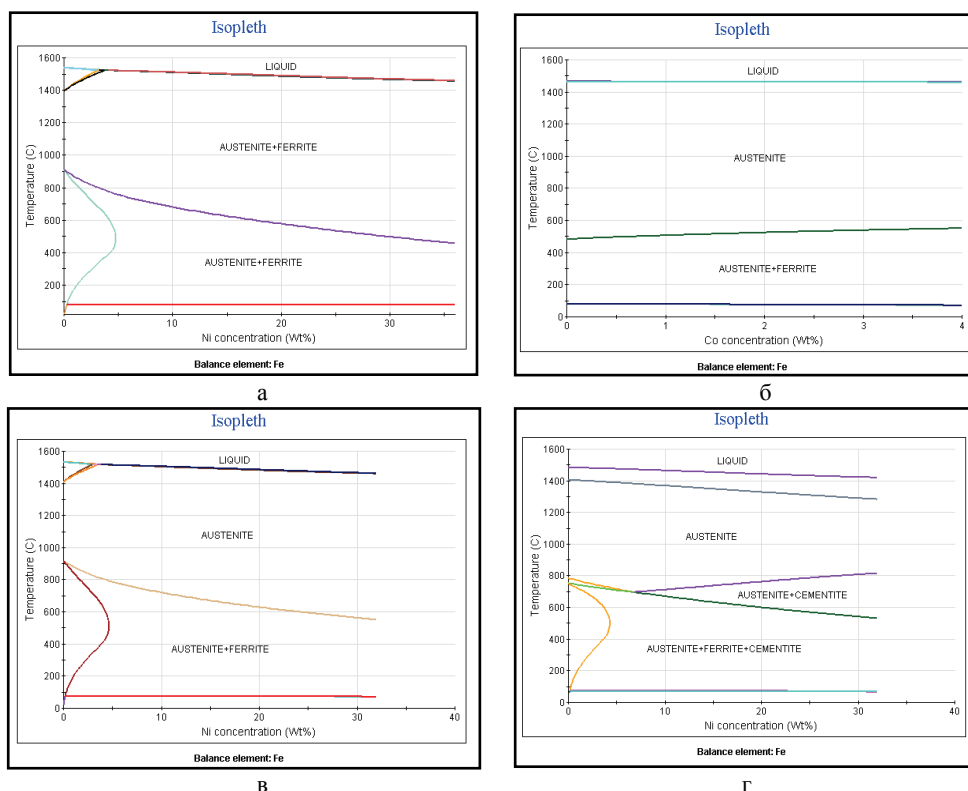


Рис. 1. Полученные фазовые диаграммы:

а — классический инварный сплав 64%Fe-36%Ni (сплав 1);
б, в — 64%Fe-32%Ni-4%Co (сплав 2); г — 63,4%Fe-32%Ni-4%Co-0,6%C (сплав 4)

На полученных диаграммах фазового состава существуют области твердых растворов и вторичных фаз, что, безусловно, согласуется с теорией, описанной в работах [2, 3]. Безуглеродистые сплавы (см. рис. 1 а, б, в и 2 а, б) являются наиболее хорошо рассчитываемыми. Полученные температурные границы существования фаз коррелируют с литературными данными, в частности, это касается линий ликвидуса и солидуса. Во всех без исключения сплавах наблюдается сравнительно узкий интервал кристаллизации, что подтверждено результатами, полученными на практике в условиях экспериментальных плавов. Металлографически разделить структурные составляющие в безуглеродистых железо-кобальт-никелевых сплавах довольно сложно и представляется возможным только с использованием дефрактометрических методов анализа, включающих определение параметров решетки материала. В данной работе это не было предметом исследования, поэтому такие исследования не проводились.

Однако существуют и существенные различия в структурных составляющих, смоделированных программой JMatPro и полученных в результате экспериментальных плавов. В частности, на диаграммах углеродсодержащих сплавов присутствует цементит (см. рис. 1 г, 2 в), но в реальных сплавах образование цементита не подтверждено металлографическим методом анализа. Существует гипотеза, что цементит образуется в результате охлаждения сплава, однако процессы диффузии приводят к распаду данной фазы. Поведение карбидной фазы во многом определяет конечные свойства и области применения анализируемых сплавов. Учитывая еще и влияние таких элементов, как никель и кобальт, которые образуют нестабильные карбиды, можно подтвердить, что образование карбида железа также подавлено. При этом мы не отрицаем, что, согласно классическим теоретическим представлениям, карбид железа образуется в определенной температурной области при кристаллизации углеродсодержащих сплавов на основе железа. Но нами данная карбидная фаза цементит не была зафиксирована и определена.

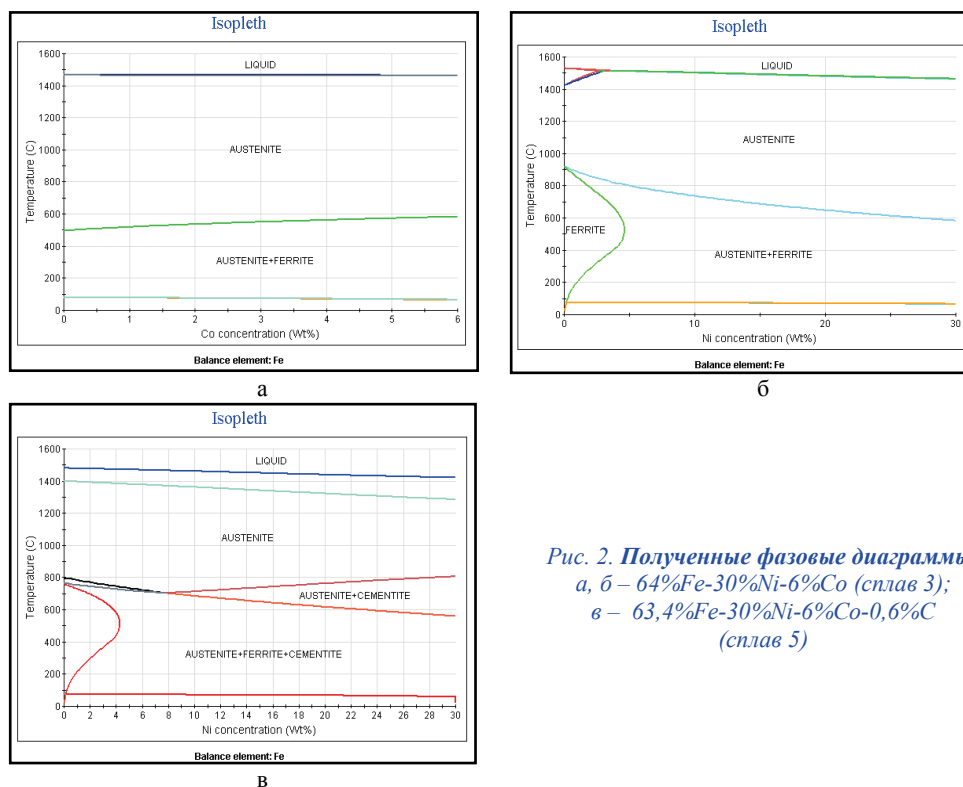


Рис. 2. Полученные фазовые диаграммы:
а, б – 64%Fe-30%Ni-6%Co (сплав 3);
в – 63,4%Fe-30%Ni-6%Co-0,6%C (сплав 5)

Выбор составов с содержанием кобальта 4 % (сплавы 2, 4) и 6 % (сплавы 3, 5) был произведен неслучайным образом. На экспериментальных сплавах, полученных по литейным технологиям, наиболее высокие тепловые свойства были получены именно на составе с 4 % кобальта. В то время как сплав с 6 % кобальта представляет практический интерес с позиции расширения интервала инварности. В суперинварных сплавах для улучшения термической стабильности в широком диапазоне температур активно используется замещение части атомов никеля атомами кобальта. В наших экспериментах мы поступили подобным образом, заменив атомы кобальта на атомы никеля.

Кобальт активно образует твердые растворы на основе аустенита (см. рис. 1 б, 2 а), который, в свою очередь, и обеспечивает конечные функциональные свойства сплавов. Но появление цементита в области от 600 до 800 °С (см. рис. 1 г, 2 в), и существование данной фазы в структуре при комнатной температуре вызывают вопросы. Диаграммы состояний не указывают на существование такой фазы, как графит. В наших экспериментальных сплавах, полученных по литейным технологиям (сплавы 3, 5), всегда одной из важнейших структурных составляющих являлся графит [3, 5]. К сожалению, ни одна из диаграмм не продемонстрировала наличие графита при комнатной температуре. С другой стороны, на всех диаграммах углеродсодержащих сплавов (сплавы 3, 5) присутствует цементит (см. рис. 1, 2), которого мы не обнаружили в экспериментальных сплавах, полученных по литейным технологиям. Действительные линии ликвидуса и солидуса находятся в пределах рассчитанных линий. Эти сведения хорошо согласуются. На основании полученных результатов работы предлагается к обсуждению следующая модель формирования структуры. Образование цементита происходит при повышенных температурах, однако при охлаждении сплава данная фаза распадается на металл и графит. Продукты распада не отражены на диаграммах состояния (см. рис. 1, 2). Нами ранее доказано в работах [5, 6], что в углеродсодержащих сплавах при охлаждении обязательно образуется графит. И графит существует в структуре при комнатной температуре как одна из структурных составляющих сплавов. Смоделированные кривые в какой-то степени подтверждают гипотезу о существовании и последующем распаде нестабильных карбидов металлов в данных сплавах. Однако полного понимания модели формирования структуры при комнатной температуре достигнуть невозможно, потому что цементита на диаграммах состояния быть не должно, а графит должен обязательно присутствовать.

Полученные модельные представления о фазовых равновесиях (см. рис. 1, 2) полезны при выплавке экспериментальных составов, потому что дают понимание начала и конца кристаллизации, что позволяет правильно устанавливать параметры, в том числе промышленных, а не лабораторных плавов.

Таким образом, в результате работы было установлено, что современные методы моделирования состава позволяют получить адекватные представления о фазовом распределении компонентов в сплавах, но только в высокотемпературной области. На основании смоделированных диаграмм равновесия фаз возможно выбрать правильные параметры промышленных плавов. Однако в рассчитанных кривых содержатся неточные сведения о выделении вторичных фаз, например, цементита. А фаза графит, распространенная в углеродсодержащих сплавах при комнатной температуре, вообще не отражена на диаграммах состава. Образование цементита не подтверждено металлографическим анализом. Это является поводом для проведения дальнейших исследований по определению процессов формирования структуры, при которых исчезает фаза цементит.

Авторы выражают благодарность С. В. Грачеву, почетному профессору Уральского федерального университета, за вклад в развитие технологий материаловедения суперинварных сплавов и консультирование.

Библиографический список

1. Masayuki Shiga. Invar alloys // Current Opinion in Solid State and Materials Science. – 1996. – Vol. 1, Issue 3. – P. 340–348.
2. Precision castable alloy of invar class for operating temperatures up to 500 °C / V. I. Chermenskii [and etc.] // Metal Science and Heat Treatment. – January 2011. – Vol. 52. – P. 504–507.
3. Особенности формирования структуры в суперинварных сплавах, дополнительно легированных углеродом / А. С. Жилин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2014. – № 1. – С. 91–94.
4. Thermal properties and structure of cast carbon-containing invar and superinvar alloys after two-stage annealing / S. V. Grachev [and etc.] // Metal Science and Heat Treatment. – July 2013. – Vol. 55. – P. 124–128.
5. Ha T. K., Min S. H. Effect of C content on the microstructure and physical properties of Fe-36Ni invar alloy // Materials Science Forum. – 2015. – Vol. 804. – P. 293–296.
6. Influence of carbon addition on structure and thermal properties of cast superinvar alloys / A. S. Zhilin [and etc.] // Procedia Materials Science. – 2014. – Vol. 5. – P. 173–180.

Сведения об авторах

Жилин Александр Сергеевич, к. т. н., доцент кафедры металловедения, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, тел. 8(343)3754808

Амин Тарак, пост-докторант, департамент материаловедения, Университет науки и технологии штата Миссури, США

Рамазанова Валерия Рамильевна, магистрант кафедры металловедения, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ньюкирк Джозеф Уильям, профессор, департамент материаловедения, Университет науки и технологии штата Миссури, США

Токарев Владимир Владиславович, ведущий специалист ООО «Первый цех», г. Екатеринбург

Information about the authors

Zhilin A. S., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Metallography, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, phone: 8(343)3754808

Amine T., Postdoc, Department of Materials Science, Missouri University of Science and Technology, Rolla, USA

Ramazanova V. R., Master's Student at the Department of Metallography, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg

Newkirk J. W., Professor, Department of Materials Science, Missouri University of Science and Technology, Rolla, USA

Tokarev V. V., Chief Specialist, LLC «First foundry», Ekaterinburg

Рефераты Abstracts

УДК 556.3.01

Гидрогеологические условия Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения. Бешенцев В. А., Абдрашитова Р. Н., Лазутин Н. К. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2017. № 5. С. 6–10.

Рассмотрены гидрогеологические условия мезозойского бассейна Заполярного нефтегазоносного месторождения, играющие значительную роль при формировании и сохранении скоплений нефти и газа. Дается объяснение присутствию гидрокарбонатно-натриевого типа вод в неокомском гидрогеологическом комплексе. Показано, что месторождение относится к элизионной геодинамической водонапорной системе — Омско-Гыданской структурной зоне, в частности к северной ее части — Ямало-Гыданским линейаментам.

Hydrogeological conditions of the Zapolyaroye oil and gas condensate field. Beshentsev V. A., Abdrashitova R. N., Lazutin N. K.

Hydrogeochemical conditions of the Zapolyaroye oil and gas condensate field are discussed in the paper. These conditions of Mesozoic basin are important in the formation and preservation of oil and gas deposits. An explanation is given for the presence of the hydrocarbonate-sodium type of waters in the Neocomian hydrogeological complex. It is shown, that the field belong to the Elyision geodynamic a water pressure system — Omsk-Gydansk structural zone, in particular to the northern part — the Yamal-Gydan lineaments.

УДК 551.7.022.4

Геометризация нижнеберезовской подсвиты в Западной Сибири. Глухов Т. В. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2017. № 5. С. 11–15.

Проведено расчленение разреза нижнеберезовской подсвиты в Западной Сибири на основе альтернативной концепции стратиграфического расчленения верхнего мела, построены модели геологического строения отложений по материалам профилей на основе данных ГИС.

Geometrization of the Lower-Berezhovskaya subformation in Western Siberia. Glukhov T. V.

Layering of the Lower-Berezhovskaya subformation in Western Siberia was made on the basis of alternative stratigraphic layering conception of Upper Cretaceous sediments, geological and lithological structure models of the sediments based on sections data from well logging were made.