

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ФГАОУ ВО

«Уральский феде~~ральный~~альный университет

имени первого

мина»

КАЕВ

017 г.

О Т З Ы В

ведущей организации о диссертационной работе

Старикова Сергея Анатольевича

«Деформационно-индуцированная сегрегация в аустенитных сплавах»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность темы. Среди эффективных технологических методов влияния на металлические материалы с целью направленного изменения их структуры и получения заданных физико-механических свойств обоснованно считаются пластическое деформирование, а также облучение высокоэнергетическими частицами. Важным результатом такого внешнего воздействия становится образование и миграция таких несовершенств кристаллического строения, какими являются точечные дефекты в виде вакансий и межузельных атомов. С наличием подобных дефектов решетки связаны наблюдаемые процессы расслоения матричного твердого раствора и формирования локальных скоплений атомов легирующих элементов. Подобные концентрационные неоднородности, возникающие, в том числе, вблизи границ зерен, очевидным образом способны влиять на характер структурного состояния материалов и их функциональное поведение.

В представленной диссертационной работе именно изучение физических процессов формирования сегрегаций легирующих элементов, инициированных интенсивной пластической деформацией, является предметом научного исследования. При этом объектом рассмотрения автором избран трехкомпонентный аустенитный сплав Fe-Cr-Ni-ой композиции. Полученные знания могут оказаться весьма полезными при практической разработке радиационно-стойких реакторных материалов. В этом отношении актуальность темы диссертации представляется вполне обоснованной.

Общая характеристика работы. Принципиально важным научным результатом представленной диссертационной работы является установление на примере

аустенитных Fe-Ni и Fe-Cr-Ni сплавов, подвергнутых интенсивной пластической деформации, процесса локализации атомов никеля вблизи границ зерен. Показано, что это происходит путем направленной миграции указанных атомов замещения, где ведущую роль в диффузионном процессе оказывают точечные дефекты, размноженные деформацией. Для корректного описания наблюданного явления автором обоснованно привлечена апробированная теоретическая модель стимулирования сегрегаций в условиях иного внешнего воздействия на исследуемый материал – радиационного облучения. Обстоятельно рассмотрено и объяснено влияние на формирование сегрегаций, стимулированных пластической деформацией, таких действующих факторов как температура и степень деформации, подвижность границ зерен, скорость генерации точечных дефектов.

Научная и практическая ценность работы определяются следующими соображениями.

1. Установлено, что в исследуемом аустенитном сплаве типа Fe-Cr-Ni формирование приграничных зон, обогащенных никелем, происходит не только в процессе радиационного облучения, но может активно протекать в условиях интенсивной пластической деформации. Предложена теоретическая модель, основанная на описании развития неравновесных сегрегаций, формирующихся при таком сильном деформировании. В основу подобного представления положена апробированная модель, характеризующая образование обогащенных зон в случае радиационного стимулирования процесса размножения точечных дефектов.

2. Физическая адекватность процессов деформационно- и радиационно-индуцированных сегрегаций в практическом плане дает возможность прогнозировать поведение последних в реакторных материалах, основываясь на фактических данных, полученных при пластической деформации.

Автором для проведения исследования привлечены современные экспериментальные методики, приборы и специальное оборудование, что позволило в итоге получить достоверные результаты. Высказанные научные положения, сформулированные основные выводы представляются вполне обоснованными.

В целом выполненная работа представляет собой законченное научное исследование, позволяющее получить не только важные знания о физических процессах, протекающих при радиационном или деформационном воздействии, но и создающее практические возможности для совершенствования технологических приемов получения эффективных реакторных материалов.

Основные результаты работы нашли широкое освещение в ведущих и авторитетных научных изданиях.

З а м е ч а н и я п о р а б о т е. Отмечая очевидную важность научных и прикладных результатов представленного диссертационного исследования С.А.Старикова, следует высказать ряд критических замечаний. Отметим некоторые из них.

1. В работе обсуждаются austenитные сплавы Fe-Ni-ой и Fe-Ni-Cr-ой композиций, основой которых является твердый раствор замещения. В этой связи хотелось бы понять, почему в данных системах рассматриваются в равной мере точечные дефекты как вакансационного, так и межузельного типа. Подобная картина представляется оправданной в случае радиационного облучения, приводящего к формированию парных дефектов по Френкелю. Однако считается, что концентрация размноженных при деформации межузельных атомов может составлять 15-20% от общего объема точечных дефектов, поскольку энергия образования межузельных атомов в несколько раз выше, чем энергия образования вакансий. Поэтому при описании точечных дефектов обычно по умолчанию принято понимать под этим присутствие именно вакансий.

2. В этой же связи при рассмотрении процесса формирования сегрегаций применительно к атомам замещения (никель, хром) обсуждается не только вакансационный, но и, видимо, близкий по эффективности, по мнению автора, межузельный механизм диффузии. Каково обоснование такой альтернативной модели диффузии для атомов замещения?

3. Важным научным содержанием представленного исследования является зафиксированное формирование обогащенных никелем зон вблизи границ зерен при деформационном или радиационном воздействии на рассматриваемые сплавы. Однако в работе не дается объяснение, почему именно этот элемент (в отличие, скажем, от хрома) ведет себя подобным образом

4. В работе основное внимание удалено формированию и поведению точечных дефектов. Но странным образом из поля внимания автора практически выпали другие важные структурные дефекты решетки – дислокации, размножение которых вследствие деформационного воздействия и соответственно влияние на свойства являются важными факторами.

5. В диссертационной записке, видимо, по причине невнимательности встречаются досадные оплошности. Так, подрисуночные подписи к рис. 4.4 и 4.5 полностью совпадают, хотя последний график характеризует совершенно иные зависимости. На стр.72 анализируются данные со ссылкой на рис. 4.8, где отмечается асимметрия профиля кон-

центраций, хотя в действительности рассматривается совершенно иное - зависимость ширины обогащенной никелем зоны.

Общее заключение.

С учетом актуальности выбранной темы диссертации, обоснованности научных положений и сформулированных выводов, научной и практической значимости можно утверждать, что представленная работа в полной мере отвечает требованиям ВАК «Положение о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям» (п. 9) и ее автор, Старикив Сергей Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной записи.

Отзыв подготовлен доктором технических наук, профессором кафедры металловедения УрФУ В.Р. Баразом и обсужден на заседании кафедры 21 апреля 2017 г., протокол № 4.

Заведующий кафедрой
металловедения УрФУ
профессор, докт. техн. наук
gervasyev@mail.ru

Гервасьев Михаил Антонович

Профессор кафедры
металловедения УрФУ,
докт. техн. наук
vrbaraz@mail.ru

Бараз Владислав Рувимович

С общим согласием
/ Гервасьев С.А./
26.04.2017.

Сведения о ведущей организации

Полное наименование: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Краткое наименование: УрФУ

Почтовый адрес:

ул. Мира, 19, Екатеринбург, Россия, 620002, тел.: +7 (343) 374-03-62,
факс +7 (343) 375-97-78, e-mail: rector@mail.ustu.ru, www.ustu.ru
ОКПО 02069208, ОГРН 1026604939855, ИНН/КПП 6660003190/667001001

Сведения о структурном подразделении УрФУ, подготовившем отзыв

Полное наименование: Кафедра металловедения Института новых материалов и технологий Уральского федерального университета.

Почтовый адрес: ул.Мира, 28, Екатеринбург, Россия, 620002

Тел.: +7 (343) 375-44-38

Факс: +7 (343) 375- 95-43

e-mail: kaf.mv@mail.ru

Основные научные направления:

- актуальные проблемыnanoструктурного состояния высокопрочных материалов;
- структура и свойства сталей и сплавов для приборостроения и специального машиностроения;
- поверхностная фрикционная обработка пружинных сплавов на железной и медной основах;
- износостойкие сплавы, наплавочные материалы и напылённые покрытия с метастабильным аустенитом;
- новые немагнитные стали с пониженным содержанием никеля, в том числе азотсодержащие, особенности их деформации и разрушении
- высокопрочные хладостойкие стали для крупногабаритных отливок и поковок.

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация

1. Березовская В.В., Расковалова Ю.А., Меркушкин Е.А., Валиев Р.З. TWIP-эффект в безникелевых высокоазотистых аустенитных Cr-Mn-сталих // МиТОМ, № 11, 2015. С. 20-26.
2. Березовская В.В., Хадыев М.С., Меркушкин Е.А., Соколовская Ю.А. Влияние деформации на структуру, механические и коррозионные свойства высокоазотистой аустенитной стали 07Х16АГ13М3 // Металлы, 2013, № 6. С. 54-62.
3. Berezovskaya V. Effect of structural state of high-nitrogen Cr-Mn-Mo-steel after hardening treatment of different scheme on mechanical and magnetic properties / V. Berezovskaya, M. Khadyev, M. Uimin, Y. Sokolovskaya // High Manganese Steel

- (HMnS2014): Proceedings of the 2nd International Conference (Aachen, Germany, 31 August – 4 September 2014). –Aachen: RWTH Aachen University, Max-Planck-Institute für Eisenforschung (MPIE), 2014. – P. 479-482.
4. Грачёв С.В., Филиппов М.А., Черменский В.И., Харчук М.Д., Кончаковский И.В., Жилин А.С. и др. Тепловые свойства и структура литьевых суперинварных сплавов после двухступенчатого отжига // Металловедение и термическая обработка металлов, 2013, № 3. С. 10-13.
 5. Жилин А.С., Грачёв С.В., Субачев Ю.В., Задворкин С.М., Филиппов М.А. и др. Влияние термической обработки на магнитные свойства суперинварного сплава // Нефть и газ. 2012, № 5, с. 109-110.
 6. Бараз В.Р., Федоренко О.Н. Влияние деформации трением на структуру и свойства метастабильной аустенитной хромоникелевой стали // Деформация и разрушение материалов, №12, 2011. С.15-18.
 7. Baraz V.R., Federenko O.N. Effect of Friction Deformation on the Structure and Properties of a Metastable Austenitic Chromium-Nickel Steel // Russian Metallurgy, Vol. , Nb. 10, 2012, pp 901-904.
 8. A.Yu.Volkov, V.R.Baraz, O.S.Novikova, E.I.Polovnikova Kinetics of the disorder→order transformation in the Cu-47%Pd alloy // Russian Physics Journal, Vol.55, No. 11, April, 2013, p.1258-1265.
 9. Мальцева Л.А., Мальцева Т.В., Юрковских А.С., Рааб Г.И., Шарапова В.А., Вахонина К.Д. Образование субмикроскопической структуры при интенсивной пластической деформации в метастабильных аустенитных сталях // Металлы. 2016. № 2. С. 16-23.
 10. Mal'Tseva L.A., Mitropol'Skaya S.Yu EFFECT OF TENSILE DEFORMATION ON AUSTENITIC CR-NI-STEEL STRUCTURE AND MAGNETIC PROPERTIES // Metal Science and Heat Treatment. 2013. T. 55. № 5-6. С. 328-334.

Директор Института новых материалов
и технологий

Шешуков О.Ю.


Заведующий кафедрой металловедения УрФУ

Гервасьев М.А.

25.04.2017