

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XII Международной конференция студентов и молодых ученых

21–24 апреля 2015 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XII International Conference of students and young scientists

21–24 April, 2015

Томск 2015

УДК 50(063)
ББК 20л0
П27

Перспективы развития фундаментальных наук [Электронный П27 ресурс] : сборник трудов XII Международной конференция студентов и молодых ученых (Томск, 21–24 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 1556 с.

ISBN 978-5-4387-0560-4

Сборник содержит труды участников XII Международной конференции студентов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». Включает доклады студентов и молодых ученых, представленные на секциях «Физика», «Химия», «Математика», «Биология и медицина», «Нanomатериалы и нанотехнологии», «Технология», «Конкурс архитектурных работ», «IT-технологии и электроника».

Предназначен для студентов, аспирантов, молодых ученых, преподавателей в области естественных наук и высшей математики.

УДК 50(063)
ББК 20л0

Редакционная коллегия

И.А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент ТПУ.
Г.А. Воронова, кандидат химических наук, доцент ТПУ.
С.А. Поробова, инженер ТГАСУ.

ISBN 978-5-4387-0560-4

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ,
электронный текст, 2015

**ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ СПЛАВА СИСТЕМЫ
V–Cr–Zr–W В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСТЯЖЕНИЯ**

И.В. Смирнов, К.В. Гриняев

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. И.А. Дитенберг

Томский государственный университет, Россия, Томск, пр. Ленина, 36, 634050,

Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, Россия, Томск, пр. Ленина, 67, 634050

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия, Томск, пр. Академический, 2/4, 634021

E-mail: smirnov_iv@bk.ru

**FEATURES OF PLASTIC DEFORMATION AND FRACTURE OF V-Cr-Zr-W SYSTEM
ALLOYS SUBJECT TO TENSION TEMPERATURE**

I.V. Smirnov, K.V. Grinyaev

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., Dr. I.A. Ditenberg

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Russia, Tomsk, pr. Akademicheskii, 2/4, 634021

Siberian Physical-Technical Institute, Russia, Tomsk, Lenin str., 67, 634050

E-mail: smirnov_iv@bk.ru

***Annotation.** The features of plastic deformation of V-Cr-Zr-W system alloy after chemical- heat treatment are depending on temperature of stretching. It was found that plastic deformation occurs mainly in the grain volume at room temperature, when at high temperature deformation processes mainly affect the grain boundaries due to their weakening.*

Актуальной задачей современного физического материаловедения в области атомной энергетики является создание новых конструкционных материалов [1, 2]. При этом одной из важных характеристик для этих материалов является жаропрочность. На сегодняшний день одним из перспективных направлений решения данной задачи является разработка малоактивируемых ванадиевых сплавов [1, 2]. Для контролируемого получения материалов с высокой термической стабильностью механических свойств необходимо изучение особенностей изменения структуры и свойств как в зависимости от температуры, так и от степени деформации. В настоящей работе представлены результаты исследования влияния температуры на особенности пластической деформации и разрушения сплава V–4.23 Cr–1.69 Zr–7.56 W (вес. %) после комплексной термомеханической плюс химико-термической обработки. Термомеханическая обработка включает несколько циклов «деформация прокаткой плюс отжиг» [3]. Химико-термическая обработка проводилась по типу низкотемпературного внутреннего окисления до концентрации кислорода ~ 2.1 ат. % [4]. Механические испытания образцов активным растяжением проведены при температурах 20 °С, 800 °С, 900 °С и 1000 °С. Направление растяжения совпадает с направлением прокатки (НП).

Установлено, что при комнатной температуре пластическая деформация характеризуется как хрупким, так и вязким типом разрушения (рис. 1 а). При высоких температурах (800 – 1000 °С) преобладает вязкое разрушение (рис. 1 б). Отличительной особенностью при этом является формирование трещин, вязко раскрывающихся в направлении растяжения (рис. 1 в).

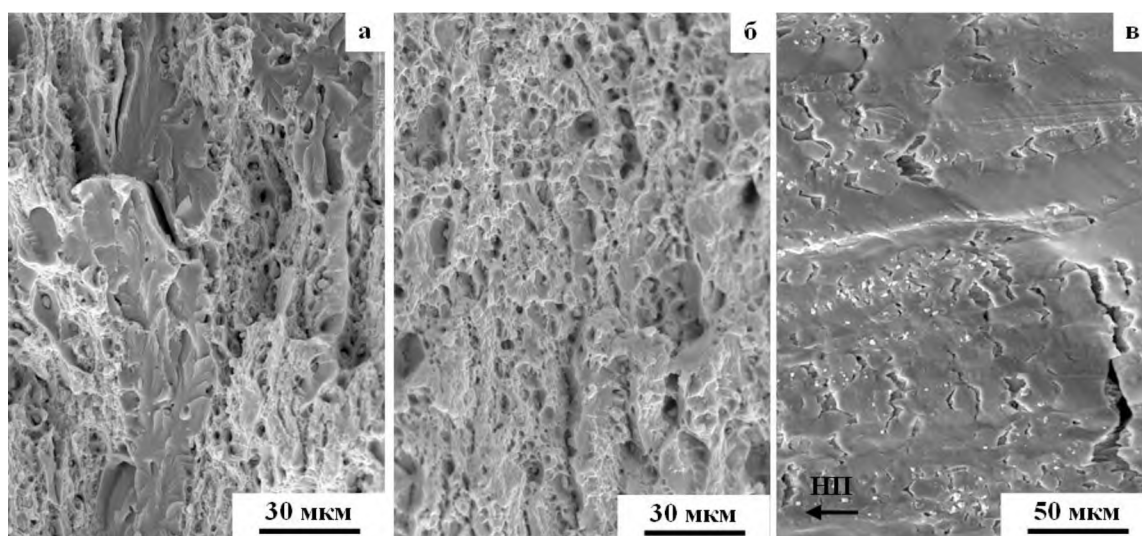


Рис. 1. Поверхности разрушения (а, б) и деформационный рельеф боковой поверхности (в) при температуре растяжения 20 °С (а) и 800 °С (б, в)

В результате анализа карт ориентации, полученных с использованием метода дифракции обратно рассеянных электронов, установлено, что микроструктура недеформированной части образцов представлена вытянутыми в направлении прокатки крупными зернами (длиной до 200 мкм и шириной до 20 мкм), разделенными прослойками из мелких (длиной 2 – 20 мкм и шириной 2 – 6 мкм) кристаллитов. Объемные доли крупных и мелких зерен приблизительно равны (рис. 2 а). Микроструктура в областях однородной деформации образцов после испытаний при 20 °С, 800 °С и 900 °С качественно подобна микроструктуре в недеформированной части. Увеличение температуры деформации до 1000 °С приводит к уменьшению доли крупных зерен в области однородного удлинения до 30 % (рис. 2 б).

В области локализации деформации, в зависимости от температуры испытаний, выявлены следующие особенности фрагментации зеренной структуры:

- при 20 °С и 800 °С наблюдается частичное сохранение исходных крупных зерен, примерно 70 % объема материала занимают мелкие зерна, длиной до 10 мкм и шириной 1 – 4 мкм, внутри большей части как крупных, так и мелких зерен формируется высокая плотность малоугловых границ с разориентировками непрерывного и дискретного типа (рис. 3 а);

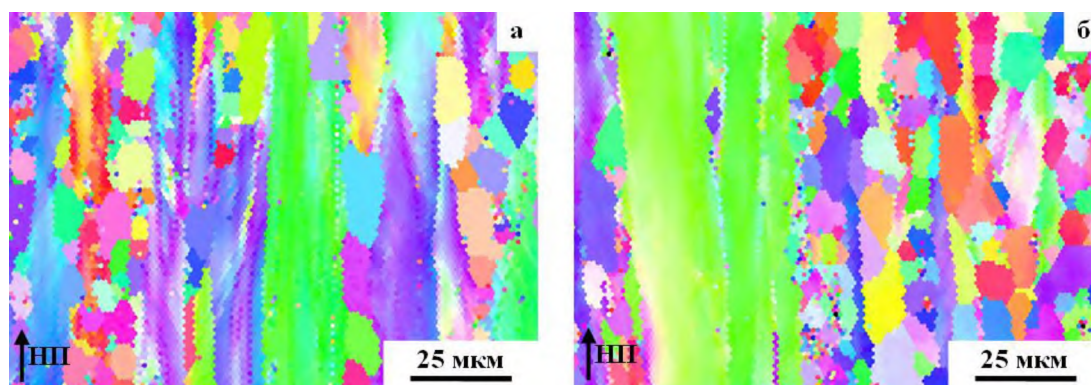


Рис. 2. Карты ориентации, полученные из недеформированной области образца (а) и области однородной деформации растяжением при температуре 1000 °С (б)

– при повышении температуры испытания до 900 °С объемная доля исходных крупных зерен уменьшается до 20 % и основной объем материала при этом представлен мелкими зернами, длиной 10 – 20 мкм и шириной до 5 мкм, в объеме кристаллитов практически не наблюдается формирования малоугловых границ (рис. 3 б);

– увеличение температуры до 1000 °С приводит только к уменьшению объемной доли крупных зерен до 7 %.

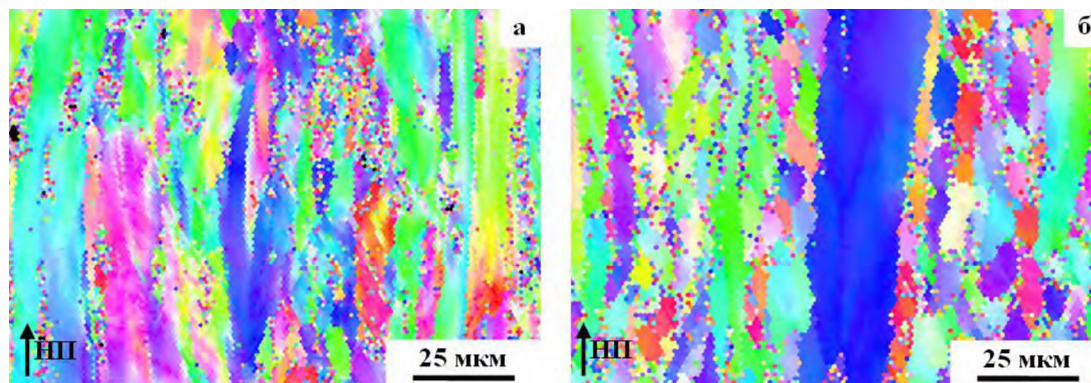


Рис. 3. Карты ориентации, полученные с области локализации деформации после растяжения при температуре 20 °С (а) и 900 (б)

Таким образом, значительные изменения структуры в зависимости от температуры наблюдаются только в области локализации деформации. При 20 – 800 °С происходит интенсивная фрагментация зеренной структуры с формированием высокой плотности малоугловых границ внутри зерен. При повышении до 900 – 1000 °С, в основном, фрагментируются исходные крупные зерна, в объеме зерен практически не присутствуют малоугловые границы, локализация пластической деформации наблюдается преимущественно вдоль границ кристаллитов.

Исследования проведены с использованием оборудования Томского регионального центра коллективного пользования ТГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shyrovkov V.V., Vasylyv Ch.B., Shyrovkov O.V. Ways of improving the high-temperature work service of vanadium and some alloys used in reactors // Journal of Nuclear Materials – 2009. – V. 394. – P. 114–122.
2. Miroga T., Chen J.M., Chernov V.M. et al. Present status of vanadium alloys for fusion applications // Journal of Nuclear Materials. – 2014. – V. 455. – P. 263–268
3. Тюменцев А.Н., Дитенберг И.А., Гриняев К.В. и т.д. Влияние режимов термомеханических обработок на микроструктуру и механические свойства сплавов системы V—Me(Cr, W)—Zr—C // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез – 2014. – Т. 37. – вып. 1. – С. 18–26.
4. Тюменцев А.Н., Овчинников С.В., Дитенберг И.А. и т.д. Микроструктура и механические свойства сплавов V—Me(Cr, W)—Zr—(C, N, O) в зависимости от режимов химико-термической обработки // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез – 2014. – Т. 37. – вып. 1. – С. 27–33.