

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Юрченко Никиты Юрьевича «Разработка и исследование высокоэнтропийных сплавов с высокой удельной прочностью на основе системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Сравнительно недавно была предложена принципиально новая концепция легирования, основанная на разработке металлических сплавов с несколькими основными элементами, взятыми в приблизительно равных атомных концентрациях, которые получили название высокоэнтропийные (ВЭСы). Хотя высокая энтропия смешения, как было показано позже, не является ни достаточным, ни необходимым условием фазообразования в таких сплавах, однако, было принято сохранить этот термин с целью выделения их в отдельный класс. Микроструктура ВЭСов подобна микроструктуре обычных сплавов, но твердый раствор является многоэлементным и может содержать частицы упрочняющих фаз. Данная концепция предложила обширные возможности по разработке новых сплавов для конструкционных и функциональных применений. В частности, одним из наиболее привлекательных направлений развития ВЭСов стало создание композиций, перспективных для высокотемпературной эксплуатации. В связи с этим, диссертационная работа Н.Ю. Юрченко, посвященная исследованию влияния химического состава на структуру и механические свойства ВЭСов системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr и разработка на этой основе состава сплава с плотностью менее 6 г/см^3 , является несомненно актуальной.

Методом термодинамического моделирования и расчетом феноменологических параметров в работе впервые показано существование в системе Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr эквиатомной композиции AlNbTiV с однофазной структурой. Построены квазибинарные фазовые диаграммы AlNbTiV-Cr и AlNbTiV-Zr, прогнозирующие образование фазы Лавеса C14 и σ -фазы или фаз типа Zr_xAl_y различной стехиометрии при легировании сплава AlNbTiV, соответственно, Cr или Zr. Также в результате анализа различных феноменологических параметров и данных по структуре и фазовому составу около 140 ВЭСов разработан критерий формирования фаз Лавеса. Показано, что фазы Лавеса преимущественно образуются, когда средние разницы атомных радиусов δ_i и электроотрицательностей по Аллену $\Delta\chi$ больше 5,0% и 7,0%, соответственно. Данный критерий корректно работает для ВЭСов, состоящих из Al и элементов 4, 5 и 6 групп. После этого диссертант установил, что добавка Cr или Zr приводит к снижению степени упорядочения B2 фазы и выделению вторых фаз: фазы Лавеса C14 в Cr-содержащих сплавах и фаз типа Zr_5Al_3 и Лавеса C14 в сплавах с Zr, а также выявил, что рост прочности в сплаве вызван как снижением степени упорядочения B2 фазы, равно как в сплавах AlNbTiVZr_x твердорастворным, а в сплавах AlCr_xNbTiV также и дисперсионным упрочнением. В качестве практического результата проведенных исследований разработан сплав AlNbTiVZr_{0,25} с более высокими удельными пределами текучести и ползучести по сравнению с применяемыми до температуры 600°C сплавами, а также с удовлетворительным сопротивлением окислению и стабильностью структуры и свойств при длительных высокотемпературных отжигах.

Достоверность полученных Н.Ю. Юрченко результатов не вызывает сомнения в силу применения комплекса современной экспериментальной техники и измерительных приборов, современных методов исследования а также воспроизводимостью и непротиворечивостью результатов.

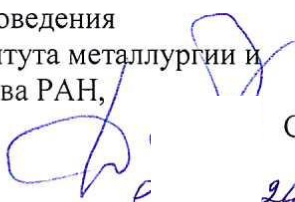
Проведенные в данной работе систематические исследования и установление связей между химическим и фазовыми составами, их влияния на механические свойства ВЭС на основе тугоплавких металлов, а также определение критерия формирования фаз Лавеса в них могут служить методологической основой для создания практически значимых составов, перспективных для высокотемпературных применений. Результаты, полученные в ходе

исследования, позволили разработать сплав с плотностью менее 6 г/см³ для возможного высокотемпературного конструкционного применения. Убедительна проведенная апробация работы, результаты которой были доложены на семи национальных и международных конференциях, отражены в восьми статьях в рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК и индексируемых в Web of Science, а также в одном патенте.

Замечание. Не вполне ясно, с чем связано разупрочнение в интервале температур 800 -1000°С, наблюдаемое во всех исследуемых сплавах.

По совокупности перечисленных ранее признаков считаем, что в целом работа Н.Ю. Юрченко полностью отвечает требованиям ВАК РФ, (удовлетворяет пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней), и он заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заведующий лаборатории металловедения
цветных и легких металлов Института металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
профессор, д.т.н.



Сергей Владимирович Добаткин

2019 г.

дня

Старший научный сотрудник лаборатории ме
цветных и легких металлов Института металл
материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
к.ф.-м.н.



Петр Борисович Страумал

г. 2019 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук

Адрес: 119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 49

Тел.: 8 (499) 135 7743

e-mail: dobatkin.sergey@gmail.com

straumal.peter@yandex.ru

Подпись С.В. Добаткина и П.Б. Страумала заверяю

Начальник отдела кадров Института металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова РАН



Г.А. Корочкина