



Акционерное общество «КОМПОЗИТ»

Пионерская ул., д. 4, г. Королёв, Московская область,
Россия, 141070

Телеграф БЕРЕЗА

тел. (495) 513-2028, 513-2329
канц. 513-2256, факс (495) 516-0617

E-mail: info@kompozit-mv.ru

ОКПО 56897835, ОГРН 1025002043813, ИНН / КПП 5018078448 / 501801001

_____ исх. № _____
на _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Мишнева Романа Владимировича

«СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ 10X10K3B2МФБР», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

В свете современного развития техники и мировой экономики особо важным является разработка теоретических основ и практических решений по созданию перспективных отечественных теплостойких сталей, способных работать при сверхкритических температурах и давлениях пара, что в свою очередь приведёт к существенному увеличению КПД паротурбинных установок. Именно в таком направлении была спланирована и проведена диссертационная работа, представленная в рассматриваемом автореферате.

Главной целью работы является повышение температуры эксплуатации высокохромистых сталей до 620-630°C за счет модификации их микроструктуры путём направленного легирования и отработки режимов термообработки.

В качестве аналога использован состав теплостойкой стали Р92, легированной Cr, Mo, Ni, V, Nb, W, N, B. При создании стали нового поколения, 10X10K3B2MФБР, разработанной на базе НИУ «БелГУ», автором применен принцип легирования, заключающийся в увеличении содержания хрома в стали с 8,75% до 10% мас., дополнительное легирование кобальтом и повышение содержания бора наряду с уменьшением содержания азота. Добавление кобальта и увеличение содержания бора направлено на повышение сопротивления ползучести за счет снижения скорости диффузионных процессов в матрице и скорости укрупнения карбидов $M_{23}C_6$, в то время как уменьшение содержания азота предотвращает выделение неметаллических включений BN.

Таким образом, научная новизна и практическая актуальность данной работы обусловлена двумя причинами. Во-первых, изучение структуры и механических свойств данной стали позволит расширить представление о микроструктурном строении высокохромистых теплостойких сталей, внесет существенный вклад в понимание механизмов ползучести, малоциклового усталости и хрупко-вязкого перехода. Во-вторых, изучение предлагаемой стали может стать серьезным толчком для внедрения в производство отечественных сталей нового поколения и позволит отказаться от импортной продукции, поскольку изучаемая сталь с уникальным набором свойств имеет высокий потенциал для использования в качестве материала для изготовления элементов, рассчитанных на сверхкритические параметры пара. Актуальность данной работы носит как фундаментальный, так и практический характер.

В диссертационной работе Мишнева Р.В. поставлена и решена материаловедческая задача изучения закономерностей и условий создания необходимой микроструктуры высокохромистых теплостойких сталей и достижения её стабильности в процессе эксплуатации при высоких температурах в условиях как статического, так и циклического нагружения.

На основе всестороннего изучения литературных данных спланирован и проведён обширный ряд исследований механических свойств при различных способах статического и динамического нагружения, а также структурных исследований высокого уровня на современном сертифицированном оборудовании, позволивших описать механизм устойчивости от трансформации структуры в субзёрненную, определен оптимальный режим отпуска при температуре 770°C , который обеспечил необходимые показатели механических свойств, высокое сопротивление высокотемпературной ползучести и малоциклового усталости. Сопротивление ползучести обусловлено стойкостью карбидов M_{23}C_6 к укрупнению благодаря низкой межфазной энергии когерентных границ и сохранению их когерентности при долговременной ползучести. Цепочки этих карбидов по границам реек сдерживают трансформацию реечной структуры в субзёрненную за счет тормозящей силы Зинера. Выявлено, что дополнительное выделение карбонитридов MX , обогащенных ванадием, на переходной и установившейся стадиях ползучести обеспечивает дополнительное дисперсионное упрочнение, что в совокупности с влиянием карбидов M_{23}C_6 нивелирует снижение твердорастворного упрочнения из-за выделения частиц фазы Лавеса. Кроме того частицы NbX , наряду с дополнительно выделившимися после 10 000 ч на дислокациях карбонитридами VX , эффективно тормозят движение дислокаций внутри реек, что также увеличивает стойкость реечной структуры против трансформации в субзёрненную. Время до разрушения стали 10X10K3B2MФБР при испытании на ползучесть при 650°C и напряжении 120 МПа составило 39437 ч, что в настоящее время является уникальным результатом и не имеет аналогов ни в России, ни за рубежом. Предел длительной прочности, рассчитанный с помощью параметра Ларсена-Миллера на основе экспериментальных данных при температурах $600\text{--}650^{\circ}\text{C}$, за 10^5 ч при температуре 650°C составляет 114 МПа. Это значение примерно на 50% больше, чем для стали Р92, и примерно на 35% больше, чем для стали Р92 с

3%Со. Такое сопротивление ползучести стали обеспечивается благодаря высокой стабильности структуры. Выявленная роль легирования и структурных факторов в достижении высокого сопротивления ползучести может быть использована для разработки новых теплотехнических высокохромистых сталей. На основе полученных результатов предложен и запатентован химический состав высокохромистой стали нового поколения с повышенной длительной прочностью (патент № 2585591).

По автореферату диссертации имеется несколько замечаний рекомендательного характера, не влияющих на ее общую положительную оценку:

1. При полном и глубоком описании теоретической и экспериментальной части мало уделено внимания перспективам опробования запатентованной стали в реальных теплонагруженных изделиях.

2. Во втором абзаце 4-й главы нарушена причинно-следственная связь во фразе: «Исследуемая сталь демонстрирует линейную зависимость приложенного напряжения от времени до разрушения». В подписи же под рис.5 написано правильно.

3. Не оправданно, по нашему мнению, применение в ряде мест текста автореферата нарочито-новомодного определения «микроструктурный дизайн».

Оценивая диссертационную работу Мишнева Р.В. можно с уверенностью констатировать, что автором выполнено самостоятельное научное исследование с использованием современных методов и методик исследования. Достоверность результатов обеспечивается комплексным подходом к решению поставленных задач с использованием современных методик на сертифицированном структурно-аналитическом оборудовании; согласованием результатов, полученных различными способами; сопоставимостью их с данными других авторов, а также с результатами моделирования с помощью программного обеспечения Thermo-Calc и Prisma.

Диссертационная работа Мишнева Романа Владимировича представляет научный и практический интерес, отвечает требованиям, предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заместитель генерального
директора АО «Композит», к.т.н.



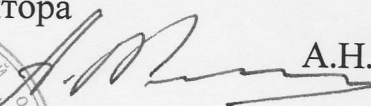
В.Н. Бутрим

04.12.18

Адрес: 141070, г.Королёв М.О., ул. Пионерская, д.4
Тел.: +7(495)513-2211, Тел/Факс: 516-0578
e-mail: info@kompozit-mv.ru
www.kompozit-mv.ru

Подпись к.т.н. Бутрима В.Н. удостоверяю,

Первый заместитель генерального директора
АО «Композит», д.т.н.



А.Н. Тимофеев.