



АЭМ-ТЕХНОЛОГИИ  
АЭМ-СПЕЦСТАЛЬ  
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «АТОМЭНЕРГОМАШ»  
**Акционерное общество**  
**«Инжиниринговая компания**  
**«АЭМ-технологии»**  
**(АО «АЭМ-технологии»)**  
**Филиал Акционерного общества**  
**«Инжиниринговая компания**  
**«АЭМ-технологии» «АЭМ-Спецсталь»**  
**(Филиал АО «АЭМ-технологии»**  
**«АЭМ-Спецсталь»)**

территория Ижорский завод, д. 39,  
лит. БУ, помещение 126,  
г. Колпино, Санкт-Петербург, 196650  
Телефон (812) 331-9-331, факс (812) 331-9-331  
E-mail: info@aemtech-st.ru  
ОКПО 83789628, ОГРН 1079847125522  
ИНН 7817311895, КПП 781743001

На 15.05.2024 № сч/16/4001  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Отзыв на автореферат

В диссертационный совет  
75.1.018.01

НИЦ «Курчатовский институт»  
-ЦНИИ КМ «Прометей»

191015, г. Санкт-Петербург,  
ул. Шпалерная, д. 49  
opnk-prometey@crism.ru

НИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № <u>1665/17</u>	в ДЕЛО
	<u>«16» 05 2024 г.</u>	№ _____
	Осн. <u>4</u> л.	подп. _____
	Прил. <u>-</u> л.	

УТВЕРЖДАЮ  
Технический директор  
Филиала АО «АЭМ-технологии»  
АЭМ «Спецсталь»  
**Гусарев Роман Юрьевич**  
2024 г.

**ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Сыч Ольги Васильевны  
**«НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И**  
**СВОЙСТВ ХЛАДОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ АРКТИКИ»,**  
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

К современным хладостойким судостроительным сталям с индексом «Arc», используемым для строительства мощных ледоколов, судов ледового плавания, ледостойких морских платформ, терминалов и другой морской техники, эксплуатирующийся в арктических условиях, предъявляется целый ряд особых требований к характеристикам работоспособности.

Диссертационная работа Сыч Ольги Васильевны посвящена созданию хладостойких судостроительных сталей с пределом текучести 355...750 МПа с гарантированной работоспособностью при низких температурах (с индексом «Arc»), предназначенных для эксплуатации в Арктике, и технологий их производства. Для ее выполнения потребовались новые научно-технологические подходы.



Представленная диссертация отличается целостностью от постановки задачи до предложенных научно-технических решений, в работе прослеживаются глубокие знания автора особенностей формирования структуры на каждом этапе технологической цепочки.

Решение автором поставленных задач осуществлялось посредством разработки комплексного метода, сочетающего выбор наиболее эффективных концепций легирования и предложения прецизионных технологических приемов по совершенствованию процессов термомеханической и термической обработки с учетом особенностей структурообразования и производственных возможностей заводов-производителей листового проката.

Преимуществом работы является использование широкого спектра исследовательского оборудования для определения особенностей структуры стали различных классов прочности: оптическая, растровая, сканирующая, в том числе EBSD-анализ, и просвечивающая электронная микроскопия. На основании комплексного анализа автор показала, что помимо анизотропии и морфологических особенностей структуры, значимыми факторами повышения работоспособности судостроительных сталей являются параметры ее внутреннего строения, а требуемые характеристики хладостойкости и трещиностойкости «Arc»-сталей достигаются при определенной степени структурной неоднородности по толщине листов, названной «допустимой».

Применение в работе современного пластометра «GLEEBLE 3800» позволило успешно разработать параметры технологических процессов (термомеханической обработки с ускоренным охлаждением, горячей прокатки с последующей прямой закалкой), обеспечивающие формирование дисперсной структуры в сталях различного легирования. Автором рассмотрено влияние всех возможных варьируемых в промышленных условиях параметров, которые могли бы оказать влияние на внесение своего вклада в формирование структурной неоднородности.

Проведен ряд промышленных экспериментов, позволяющих разработать промышленные режимы термомеханической и термической обработки, гарантирующих формирование требуемой структуры по сечению листов различной толщины вплоть до 100 мм. Формирование структуры заданной дисперсности и морфологии в работе обеспечивается за счет многоэтапного повышения дисперсности и однородности структуры – контроля роста зерна аустенита при нагреве под прокатку, управления рекристаллизационными процессами в аустените на высокотемпературной стадии прокатки, создания субзеренной структуры при температурах ниже температуры статической рекристаллизации на завершающей стадии, дополнительного измельчения структуры при последующем фазовом превращении.

Важным достижением автора является разработка промышленных режимов, позволяющих минимизировать последствия неоднородности распределения термодеформационных параметров по сечению крупномасштабных заготовок при прокатке и термокинетических условий при последующем охлаждении, которая усиливается при увеличении толщины листового проката. Прецизионные технологические подходы позволили уменьшить развитие структурной неоднородности и анизотропии по всему сечению листов больших толщин.



Для высокопрочных сталей предложены режимы окончательной термической обработки, учитывающие особенности исходного закаленного состояния при различных способах закалки и легирования судостроительных сталей. Предложенные режимы высокотемпературного отпуска обеспечивают отсутствие развития рекристаллизационных процессов в  $\alpha$ -фазе речных составляющих и измельчение размера структурных элементов. Установленные граничные температурные условия отпуска могут быть использованы при разработке режимов для листов из низкоуглеродистых сталей различного легирования и отраслей промышленности.

Работа актуальна с точки зрения полномасштабного внедрения результатов в производство при массовом изготовлении высококачественного листового проката толщиной до 100 мм на ведущих металлургических комбинатах. Разработанные стали использованы при строительстве крупнейших в мире атомных ледоколов проекта 22220 «Арктика», «Сибирь», «Урал», «Якутия», «Чукотка», «Ленинград», сверхмощного ледокола «Лидер» проекта 10510 и других судов, при проектировании модернизированного атомного плавучего энергоблока проекта 20871, судна атомно-технологического обслуживания проекта 22770 и других объектов сложной морской техники для Арктики.

В автореферате материал изложен логично, хорошим литературным языком, сформулирована научная новизна и практическая значимость, отмечен личный вклад автора. Отмечается широкое освещение результатов работы на международных и российских научно-практических конференциях. Основные результаты опубликованы в 49 печатных работах, в том числе 31 статье в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, 19 публикаций издано на английском языке и индексируются в базе данных SCOPUS, получено 6 патентов РФ.

Следует отметить и отдельные замечания, которые, однако, не ухудшают положительного впечатления от работы:

1. На рисунке 4 не обозначены скорости охлаждения.
2. В таблице 4 не указаны единицы измерения времени завершения процесса первичной статической рекристаллизации.
3. Из текста автореферата не вполне ясен объем исследованных листов при разработке требований к структуре, промышленных режимов термомеханической обработки, а также объем изготовленных опытно-промышленных партий листового проката, о которых говорится в главе 7.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы и не снижают ее научную и практическую значимость. Представленная диссертация является законченной научно-исследовательской работой, предлагающей новые технические и технологические решения для отечественной промышленности и имеющей неоспоримую научно-практическую ценность.

Диссертационная работа Сыч О.В. на тему «Научно-технологические основы формирования структуры и свойств хладостойких сталей для Арктики» выполнена на высоком научном уровне и полностью соответствует действующим требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с Изменениями).

Автор данной работы, Сыч Ольга Васильевна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки).

Главный специалист  
отдела термообработки  
управления главного металлурга  
технической дирекции



Павлова Алла  
Григорьевна

196650, Санкт-Петербург, Колпино,  
территория Ижорский завод, д. 39,  
лит. БУ, помещение 126,  
Тел.: + 7 (812) 322-89-07  
E-mail: pavlova\_ag@aemtech-st.ru