

НИЦ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»	
ДОУ	Вх. № 1158/01-88/54
	«04» 05 2026г.
	Осн. 3 л.
№ _____	

ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Кондратьева Никиты Андреевича «Разработка научно-технологических основ изготовления листового проката толщиной 5-15 мм их высокопрочной хладостойкой стали с пределом текучести не менее 460 МПа для морской техники», представленной к защите по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации продиктована отсутствием технологий изготовления высокопрочного проката относительно небольшой толщины (5-15 мм) судостроительного назначения, которые обеспечивают равномерность и изотропность механических свойств по длине проката, отсутствие коробления кромок, как следствия неравномерного распределения температур по ширине и толщине проката. Автор решает некоторые проблемы разработки технологий термомеханической обработки – горячей прокатки и контролируемого ускоренного охлаждения на агрегатах непрерывного широкополосного стана (НШПС). Поскольку подобные технологии ТМО для судостроительных сталей, как указано в автореферате, отсутствовали (в отличие от трубных и конструкционных сталей широкого назначения), диссертационную работу Н.А. Кондратьева следует признать актуальной.

Научная новизна. Методами физического моделирования с использованием возможностей термомеханического симулятора *Gleeble* и опробования в лабораторных условиях установлено, что из стали марганцовоникелевой композиции 07Г2НФБ может быть получен листовый прокат толщиной 5 мм с пределом текучести не менее 460-690 МПа. Прокат толщиной 7 мм с уровнем прочности 500-690 МПа необходимо изготавливать на базе стали марки 09ХН2МД. Показано, что деформация 30% со скоростью 10 с^{-1} в аустенитной области увеличивает после охлаждения со скоростями 20-30 °C/с до температур 650-570 °C долю превращенного аустенита в стали 09ХН2МД, микролегированной ниобием, ускоряя превращение в верхней области бейнитного интервала сильнее, чем в стали, микролегированной ванадием.

Исследование влияние скорости деформации ($1, 5$ и 10 с^{-1}) на процессы динамической рекристаллизации (*DRX*), показало, что однократная деформация в диапазоне от 26 до 34 % способствует ее протеканию при скоростях до 5 с^{-1} и температурах деформации от 1200 до 1150 °C для стали марок 07Г2НФБ и 09ХН2МДБ. Однако достижение таких деформаций на первых трех проходах на высокотемпературной стадии при непрерывной прокатке не реализуемо, что не позволяет обеспечить измельчение аустенитного зерна за счет *DRX*. Показано, что при понижении температуры ускоренного охлаждения с 650-600 до 550-500 °C структура стали 09ХН2МДБ изменяется с неоднородной ферритно-перлитнобейнитной до бейнитной реечной и гранулярной морфологии, а твердость повышается на ~15%. После ускоренного охлаждения до 650-600 °C снижение скорости замедленного охлаждения от 0,070

до 0,025 °C/с, характерной для внешних и внутренних витков рулонного проката, соответственно, приводит к увеличению доли феррита и понижению твердости на 10-11 HV10, тогда как после ускоренного охлаждения до 550-500 °C твердость не изменяется.

Сформулированы принципы назначения технологических параметров изготовления листового проката толщиной 5-15 мм для получения хладостойкой стали марки 09ХН2МДБ с гарантированным пределом текучести 460, 500, 550, 620 или 690 МПа на непрерывном стане: температура горячей пластической деформации на высокотемпературной стадии прокатки 1000-1100 °C позволяет формировать аустенит с размером зерна ~20-30 мкм, снижая его устойчивость к последующему фазовому превращению в бейнитной области, температура завершения горячей пластической деформации определяет соотношение бейнита различных морфологий, а изменение температуры конца и скорости ускоренного охлаждения позволяет изменять соотношение (феррита, гранулярного и реечного бейнита) и размер структурных составляющих (зерен феррита и пакетно-блочной структуры бейнита).

Практическая значимость диссертации Н.А. Кондратьева состоит в разработке технологических основ изготовления листового проката толщиной 5-15 мм из высокопрочной хладостойкой стали с пределом текучести не менее 460-690 МПа на непрерывном стане горячей прокатки с реверсивной клетью и непрерывной группой клетей. Разработанные методические указания для имитационного моделирования технологического процесса изготовления листового проката на непрерывном стане горячей прокатки внедрены в учебный процесс СПбПУ Петра Великого (лабораторный практикум по дисциплине «Управление структурой и свойствами материалов в процессах термомеханической обработки», I курс магистратуры по направлению 22.04.01).

При подготовке диссертации автор опубликовал 9 печатных работ, из которых 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, одна статья цитируется в базе данных Scopus. Основные результаты диссертации были доложены на нескольких конференциях и семинарах.

По материалам диссертации необходимо высказать следующие замечания:

1. В России действует три непрерывных широкополосных стана 2000 (ЧерМК, НЛМК, ММК), а также стан 2500 (ММК). Состав и расположение оборудования станов отличаются. Следовательно, различаются и технологии. Например, стан 2500 оснащен реверсивной клетью, на других станах реверсивная клеть отсутствует. В связи с этим стан 2500 обладает более широкими возможностями по управлению структурой и свойствами толстолистового проката. По материалам диссертации не совсем ясно, можно ли использовать результаты работы на других НШПС.

2. Непонятен выбор параметров имитационного моделирования, представленный в табл. 2 автореферата – почему моделирование прокатки на НШПС выполняется, как 3 прохода в черновой группе стана и 3 прохода в чистовой, тогда как на станах 2000 черновая группа включает 5 клетей, а чи-

стовая – 7 клеток. На стане 2500 Магнитогорского металлургического комбината в черновой группе с реверсивными клетями может быть выполнено несколько проходов, а чистовая группа включает также 7 клеток, как и на стане 2000. Кроме того, станы оснащены мощной системой межклетевого охлаждения, возможностями контроля скорости охлаждения проката в широких пределах на установках ускоренного охлаждения. Как учесть возможности этих технологических параметров в формировании свойств проката?

3. В диссертации нет ссылки на книгу академика Рудского А.И. «Научные основы управления свойствами сталей в процессах термомеханической обработки», М. Изд-во РАН, 2019. 276 с., в которой описана разработка цифровых двойников ТМО и решаются задачи, аналогичные рассмотренной в диссертации Н.А. Кондратьева.

И тем не менее, несмотря на высказанные замечания, можно полагать, что по своей актуальности, новизне, научно-практической значимости, диссертация Никиты Андреевича Кондратьева, выполненная на тему **«Разработка научно-технологических основ изготовления листового проката толщиной 5-15 мм из высокопрочной хладостойкой стали с пределом текучести не менее 460 МПа для морской техники»** соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в редакции Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024, от 01.10.2018 № 1168), а ее автор Никита Андреевич Кондратьев достоин присуждения исковой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Профессор высшей школы физики и технологии
материалов института металлургии,
машиностроения и транспорта
Санкт-Петербургского политехнического
университета Петра Великого

д.т.н., профессор

 Колбасников Николай Георгиевич

Специальность 05.16.05. Обработка металлов давлением.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29.

М.т. +79213694531; e-mail: nikolay.kolbasnikov@gmail.com; kolbasn_ng@spbstu.ru.

Согласен на обработку персональных данных

Колбасников Н.Г.

