

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 411.006.01
д.т.н., профессору Малышевскому В.А.

191015, г. Санкт-Петербург,
ул. Шпалерная, д.49
ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»

ОТЗЫВ

официального оппонента Титовой Т.И.
на диссертационную работу Коротовской С.В.
«Разработка технологии термомеханической обработки,
обеспечивающей унификацию судостроительных и трубных сталей
по химическому составу за счет формирования
ультрамелкозернистой и субмикрокристаллической структуры»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.01 – Металловедение
и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность работы

В настоящее время в России и во всем мире интенсивно осваиваются новые северные территории, в том числе за Полярным кругом, на шельфе северных морей и в Арктике. Разработка в этих регионах месторождений полезных ископаемых, природного газа и нефти увеличивает потребность в листовом прокате повышенной и высокой прочности, хладостойкости и с хорошей свариваемостью для изготовления разнообразной техники в северном исполнении – морских буровых платформ, трубопроводов, ледоколов, танкеров и др. Известно много хладостойких марок стали как для судостроения, так и для магистральных трубопроводов. Следует отметить, что сегодня в производстве трубных сталей широко используется сочетание экономного легирования и микролегирования с возможностями специальных режимов термомеханической обработки, что обеспечивает получение оптимальной дисперсной структуры и высокого комплекса служебных свойств изделий.

В то же время в судостроительных сталях, более легированных по сравнению с трубными сталями аналогичного уровня прочности, указанные технологические приемы используются недостаточно. При этом разработка совершенно новых материалов и технологий является длительным и дорогостоящим, а потому не всегда экономически оправданным процессом. Поэтому в современной металлургии для удовлетворения все более высоких требований заказчиков – конструкторов и машиностроителей - широко и весьма эффективно применяются такие приемы, как снижение содержания основных легирующих (особенно дорогостоящих) элементов в известных марках конструкционных сталей с одновременным использованием микролегирования,

оптимизация/совершенствование технологических процессов производства заготовок с учетом технических возможностей нового современного производственного оборудования и т.д., что в свою очередь, предоставляет большие возможности для унификации сталей с обеспечением различных категорий прочности за счет вышеуказанных приемов. Однако, это является достаточно трудной инженерной задачей и требует знания фазовых и структурных превращений, происходящих в стали заданного химического состава под влиянием горячей пластической деформации и охлаждения с различными скоростями, определения условий формирования структуры с высокой степенью дисперсности, разработки технологических параметров, обеспечивающих эти условия в реальном промышленном производстве.

Исходя из изложенного, не вызывает сомнений актуальность представленной работы, посвященной разработке промышленной технологии термомеханической обработки, позволяющей произвести унификацию судостроительных и трубных сталей по химическому составу за счет снижения суммарного легирования листовой судостроительной стали и формирования в ней ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры.

Достоверность научных положений, результатов и выводов

При рассмотрении достоверности и обоснованности полученных в работе результатов и выдвинутых на защиту научных положений и выводов следует отметить, что соискателем представлены достаточно обширные и подробные материалы исследований, выполненных на стали различного химического состава, соответствующего основным принципам легирования и микролегирования судостроительных и трубных сталей. Применение современных методов моделирования технологических процессов производства металлопроката на установке «GLEEBLE 3800», большой объем выполненных исследований, а также применение современного высокоточного оборудования и разнообразных методов исследования – дилатометрии, электронной микроскопии и оптической металлографии наряду с определением механических свойств - являются весомым обоснованием полученных результатов. Убедительной апробацией результатов работы и подтверждением их достоверности следует считать изготовление опытных партий судостроительной и трубной стали по технологии, разработанной в рамках настоящей диссертационной работы. Положительные результаты сертификационных испытаний по Правилам Российского Морского Регистра судоходства листового проката судостроительной стали с пределом текучести не менее 460 МПа, изготовленного по этой технологии, также подтверждают обоснованность выводов представленной к защите работы.

Научная и практическая ценность работы

В работе достаточно четко установлены условия формирования ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры листовых хладостойких судостроительных сталей с пределом текучести 420-460 МПа, позволяющие унифицировать ее по химическому составу с трубной сталью категории прочности К65. Реализация этих условий позволяет управлять

процессами структурообразования при термопластической обработке судостроительных сталей для обеспечения высокой прочности, вязко-пластических свойств и хладостойкости. Поэтому полученные соискателем результаты научных исследований и разработанная технология термопластической обработки могут быть широко использованы для практических целей в производстве крупногабаритного листового проката для различных конструкций и судов северного исполнения.

Научная новизна результатов работы

Важными и имеющими практическое применение являются следующие положения диссертации, имеющие научную новизну:

1. Показано, что требуемый комплекс механических свойств судостроительных сталей с пределом текучести 420-460 МПа толщиной до 50 мм и трубных сталей с пределом текучести 550-620 МПа толщиной до 27,7 мм достигается при изготовлении из слэбов унифицированного химического состава за счет варьирования технологических режимов на чистовой стадии прокатки.

2. Установлено, что при снижении содержания основных легирующих элементов в судостроительной стали с пределом текучести 420-460 МПа формирование квазиоднородной структуры по толщине проката после термомеханической обработки с ускоренным охлаждением обеспечивается за счет строгой регламентации степени деформации и количества междеформационных пауз при температуре ниже температуры рекристаллизации на 150-200°C.

3. Показано, что при пониженном содержании легирующих элементов формирование феррито-бейнитной структуры с доминирующим размером структурного элемента 2-4 мкм обеспечивает достижение требуемых характеристик работоспособности в хладостойких судостроительных сталях с пределом текучести 420-460 МПа, причем структура характеризуется наличием малоугловых границ с разориентировками 8-10° в количестве 20-25%.

4. Предложен метод определения пороговых температуры и степени деформации для прохождения динамической рекристаллизации в легированных марганцем низкоуглеродистых сталях по дилатометрическим кривым, основанный на определении повышения температуры начала $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения и изменения характера кинетики превращения после горячей пластической деформации.

Вышеизложенное позволяет дать положительную оценку диссертационной работе С.В. Коротовской в целом. Вместе с тем, представленная работа вызывает ряд замечаний, а именно:

1. Непонятно, на основании каких исследований и экспериментов разработан химический состав судостроительной стали с пределом текучести 420-460 МПа, представленный в п.1 «Основных выводов и результатов работы», так как химический состав исследуемой стали не указан в п.5.2, относящемся к моделированию режимов термомеханической обработки, и не приведен в п.п.5.3 и 5.4, описывающих соответственно опытное и промышленное производство судостроительной и трубной стали унифицированного химического состава. В главе 6 диссертации также не указан химический состав листового проката

судостроительной стали, подвергнутого испытаниям по Правилам Российского Морского Регистра судоходства.

2. Непонятно, применяется ли в новой стали унифицированного состава легирование титаном и алюминием для предотвращения роста зерна при технологических нагревах, так как в п.5.1 в таблице 5.2 приведен «разработанный» химический состав стали, содержащий титан, но не содержащий алюминий, а в основных выводах по работе (п.1) записано, что «разработан и опробован химический состав», наоборот, содержащий алюминий (в сумме с ванадием и ниобием), но не содержащий титан.

3. Рекомендуемый унифицированный химический состав судостроительной и трубной стали записан в п.1 «Основных выводов и результатов работы» недостаточно корректно. В случае установки требований по суммарному содержанию каких-либо элементов обязательно должно быть введено требование по содержанию одного из двух (или двух из трех) элементов. Например, из записи « $\Sigma(\text{Ni}, \text{Cu}) - 0,20-0,40\%$ » следует, что Ni может вообще отсутствовать в системе легирования, тогда как известно, что его присутствие в определенных количествах необходимо для эффективного легирования медью и предотвращения ее выделения в виде частиц.

4. Не обосновано применение автором как в отдельных главах диссертации, так и в «Основных выводах и результатах работы» таких формулировок, как «судостроительная сталь с пределом текучести 420-460 МПа» или «с гарантированным пределом текучести 420 и 460 МПа», так как согласно представленным в диссертации данным весь изготовленный и испытанный металл разработанного унифицированного химического состава показал при испытаниях уровень предела текучести более 460 МПа, причем в основном с большим запасом, достигающим 100 МПа и более (таблица 5.4, рисунок 5.12, таблица 6.1). Поэтому более корректным было бы утверждение о гарантированном обеспечении предела текучести не менее 460 МПа в судостроительной стали разработанного состава, унифицированного с составом трубной стали категории прочности K65.

5. Работа посвящена разработке технологии производства судостроительной стали, которая, как известно, должна иметь хорошую свариваемость. Термин «свариваемая судостроительная сталь» применяется автором, но в работе отсутствуют какие-либо подтверждения свариваемости стали разработанного химического состава. Даже если у автора по какой-либо причине не было возможности провести испытания сварных соединений стали разработанного состава, что требуется при сертификации технологии производства стали по Правилам Российского Морского Регистра судоходства, следовало бы подтвердить расчетным путем то, что эта сталь сваривается не хуже стали известного состава за счет уменьшения суммарного легирования.

Часть вышеизложенных замечаний может быть предметом дискуссии, другую часть замечаний рекомендуется учесть автору в дальнейших исследованиях и работах по данной тематике.

Оценивая работу в целом, следует отметить, что она написана хорошим языком, достаточно иллюстрирована. Поставленные в работе задачи решены. Список литературы достаточно объемный и содержит 113 наименований.

Результаты работы имеют достаточную публикацию. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Следует отметить, что работа имеет практический результат в части разработки технологических параметров термомеханической обработки с ускоренным охлаждением судостроительной стали, а также в части рекомендаций по снижению содержания в ней легирующих элементов, что позволило произвести унификацию химического состава судостроительной стали E460W и трубной стали K65.

Диссертационная работа соответствует специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Заключение

На основании анализа представленных материалов – диссертации, автореферата, оттисков публикаций автора – считаю, что диссертационная работа «Разработка технологии термомеханической обработки, обеспечивающей унификацию судостроительных и трубных сталей по химическому составу за счет формирования ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры» является законченной научно-исследовательской работой, имеющей практическое значение. Она отвечает требованиям «Положения» ВАК РФ, а ее автор Коротовская Светлана Владимировна заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Генеральный директор,
Директор Научно-исследовательского центра
ООО «ТК «ОМЗ-Ижора»,
доктор технических наук

Т.И. Титова
(Татьяна Ивановна Титова)

Подпись Т.И. Титовой удостоверяю:
Начальник ООИД ООО «ТК «ОМЗ-Ижора»



Н.Е. Шарова
(Надежда Евгеньевна Шарова)

Адрес организации, в которой работает оппонент:
196650 Санкт-Петербург, Колпино, Ижорский завод, д.б/н
Тел. (812) 322-86-81
Факс (812) 322-82-89
E-mail: Tatyana.Titova@omzglobal.com