

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тена Дениса Васильевича «Разработка высокопрочной строительной стали с повышенной огнестойкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Повышение требований к безопасности строительных металлоконструкций ставит перед учеными и конструкторами задачу создания огнестойкого проката, отвечающего новым стандартам. Поэтому не вызывает сомнения актуальность диссертационного исследования Тена Д.В., направленного на решение этой задачи. Практическая значимость результатов работы подтверждается проведением исследований при взаимодействии с ведущими металлургическими предприятиями. Судя по автореферату, диссертантом выполнен существенный объем экспериментов, включая модельные, на большой выборке плавок.

При выполнении аналитического обзора литературы автором были изучены структурные факторы, определяющие огнестойкость строительных сталей, и выработана стратегия создания огнестойкого проката из низколегированных сталей, включающая выбор легирующего комплекса, использование термически стабильных упрочняющих фаз, создание специального структурного состояния и некоторые др.

В рамках диссертационного исследования автором была получена сетка плавок низколегированных сталей (элементами V, Nb, Mo, Ti, Cr, B), на которых в лабораторных условиях смоделированы условия проката и проведены детальные исследования влияния легирующего комплекса на микроструктуру, механические свойства при комнатной температуре и 600 °С и ударную вязкость при низких температурах, с точки зрения выполнения требований стандарта к огнестойким сталям класса С390П. На основе полученных результатов автором была рекомендована экономнолегированная сталь системы Cr-V-Nb-Ti. Был установлен характер влияния технологических параметров прокатного производства на свойства проката и рекомендованы оптимальные значения температурно-скоростных и деформационных параметров прокатки рулонов С390П. Высокие значения огнестойкости полученного проката, по сравнению с рядовым строительным прокатом классов прочности С255 и С355, были гарантированно подтверждены результатами натурных огневых испытаний (на базе ФГУ ВНИИПО МЧС России) двутавровых балок, изготовленных из рулонного проката С390П.

К основным научным достижениям диссертационной работы можно отнести:

– установлено, что для достижения требований к огнестойким сталям класса С390П: предела текучести при комнатной и повышенной (600 °С) температуре, и низкотемпературной ударной вязкости, необходима однородная мелкозернистая феррито-бейнитная микроструктура с долей продуктов бейнитного превращения около 50 %, содержащая наноразмерные термически стабильных частиц карбидов NbC, VC, TiC, что обеспечивается в безмолибденовой системе легирования Cr-V-Nb-Ti, где в качестве замены дорогостоящего Mo выступает Cr в количестве 0,5-0,8 %.



По результатам работы автором опубликованы 3 статьи, переводные версии которых входят в международную базу данных Scopus.

В то же время к автореферату имеется ряд замечаний:

1) из текста автореферата не ясно, как определяли химический состав наноразмерных частиц;

2) в качестве одного из требований к огнестойкому прокату автор называет отношение пределов текучести при повышенной и комнатной температуре (таблицы 3 и 4), однако далее в работе это требование автором не учитывается;

3) автор отмечает, что для обеспечения огнестойкости, кроме изначального присутствия в структуре стали наноразмерных частиц NbC, VC, TiC, такие частицы должны дополнительно выделяться при нагреве, однако доказательств последнего не приводится.

Однако, данные замечания не снижают научную и практическую ценность работы. Диссертационное исследование является законченной квалификационной работой, выполненной на хорошем уровне, а Тен Денис Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Заведующий лабораторией металловедения  
и прочности

ООО «Исследовательский центр ТМК»,  
кандидат технических наук



Арсенкин Александр Михайлович

07.05.2024.

**Подпись Арсенкина Александра Михайловича удостоверяю**

Начальник отдела по работе с персоналом

ООО «Исследовательский центр ТМК»



Е.А. Кушниренко

Я, Арсенкин Александр Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Тена Дениса Васильевича, и их дальнейшую обработку.

121205, Москва г., Внутригородская территория муниципальный округ Можайский, территория инновационного центра Сколково, Большой б-р, дом 5,

ООО «Исследовательский центр ТМК»,

тел.: (495) 775-76-05, доб.: 12490,

e-mail: [aleksandr.arsenkin@tmk-group.com](mailto:aleksandr.arsenkin@tmk-group.com).