

А.В. Германенко

«20» мая 2024



2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)

Во второй и третьей главах, которые являются основными в диссертации, описаны методики выплавки лабораторных слитков сталей, легированных разными элементами; отработаны методы получения образцов проката; проведено изучение структуры и фазового состава лабораторных образцов; аттестованы механические свойства образцов, в том числе и после различных термомеханических обработок. Особо следует отметить высокий уровень исследований структуры

и механических свойств лабораторных образцов. Действительно, в настоящее время методику ТЕМ нечасто применяют в рутинных металловедческих работах по сталям! На основании проведенных исследований были отобраны оптимальные составы для перспективных строительных сталей и предложены методы ТМО, позволяющие получать на лабораторных образцах требуемые служебные свойства. Также были выполнены огневые испытания лабораторных образцов, согласно ГОСТ 30247.1-94.

В четвертой главе представлены результаты опытов, поставленных на промышленном прокате, производства Череповецкого меткомбината ПАО «Северсталь». В качестве легирующих элементов была выбрана система Cr-Nb-V с бором и без бора. Металл получали по методу непрерывной разливки, а ТМО проводили на широкополосном стане 2000. Проведены комплексные исследования структуры и служебных свойств опытных образцов рулонного проката С390П (В), согласно требований производителя. На основании полученных данных определены новые рецептуры строительных сталей, которые можно производить в условиях Череповецкого меткомбината.

В пятой главе приведены результаты проведения сравнительных испытаний экспериментальных стальных двутавровых балок, изготовленных из металлопроката различных классов прочности С255, С355 и С390П, на огнестойкость по ГОСТ 30247.1-94. Огневыми испытаниями в ВНИИПО МЧС России было подтверждено, что прокат класса прочности С390П соответствует высокому уровню огнестойкости.

В шестой главе описана модель расчета огнестойкости металлоконструкций при высокотемпературном воздействии, которая может быть использована при оценке устойчивости металлоконструкции из металлопроката класса прочности С390П к огневому воздействию при пожаре.

В заключении приведены основные результаты и выводы по диссертации.

Научная новизна результатов исследования

В диссертационной работе было показано, что класс прочности С390П строительной стали достигается в случае формирования в ней однородной мелкозернистой феррито-бейнитной структуры с долей продуктов бейнитного превращения не менее 50% и наличием в матрице наноразмерных частиц NbC, VC и TiC. Разработана система легирования Cr-V-Nb-Ti, где дефицитный молибден был заменен хромом (концентрация 0,5-0,8 %), которая позволяет сформировать в низколегированной стали мелкозернистую (за счет легирования ниобием) феррито-бейнитную структуру (за счет легирования хромом) и обеспечить выделение упрочняющих частиц (за счет легирования ниобием, ванадием и титаном). Показано, что формирование в стали С390П двухфазной феррито-бейнитной структуры (полиэдрический феррит + бейнит), может быть достигнуто на широкополосном прокатном стане за счет охлаждения проката до температуры смотки.

Практическая значимость и рекомендации по использованию результатов диссертации

Прикладной аспект работы нацелен на разработку опытно-промышленной технологии получения низколегированного рулонного проката категории С390П с повышенной огнестойкостью на широкополосном стане 2000 ПАО «Северсталь». Показано, что полученный рулонный прокат соответствует показателям класса прочности С390П, что было подтверждено в процессе огневых испытаний на экспериментальной установке ИЦ ФГУ ВНИИПО.

Практическая значимость заключается не только наличием научных трудов, но и коммерческими поставками партий проката С390П в объеме более 100 тонн, что подтверждено наличием информационного письма от ПАО «Северсталь» о практическом использовании результатов диссертационной работы №704–00-24-09 от 12.02.2024.

Разработанная концепция легирования и основные технологические параметры процесса промышленного производства огнестойкого высокопрочного проката представляют собой большой интерес в металлургической отрасли. Полученные результаты рекомендуются к использованию в таких организациях как ПАО «Северсталь», АО «ВМЗ», АО «Уральская сталь», ПАО «ТМК» и в других промышленных металлургических компаниях.

Замечания по диссертационной работе

В качестве замечания можно отметить явно избыточное внимание автора к деталям описания структуры образцов, включая ТЕМ эксперименты, полученных при проведении плавок в условиях лаборатории. Это безусловно важная информация, однако более интересным и нужным было изучить столь же подробно структуру и фазовый состав стали промышленного производства. А поскольку, основным критерием для выбора химической композиции стали были технологические условия производства и огневые испытания изделий, то значительный объем интересных данных оказался по сути лишь украшением представленной работы. Также вызывает нарекание распределение материала по главам, которое не помогает читателю понять суть работы Д.В. Тена. Шесть глав слишком много для кандидатской диссертации, можно было ограничиться тремя примернотаким содержанием: глава 1 Литературный обзор; глава 2 Лабораторные исследования; глава 3 Технологические опыты.

Заключение

Диссертационная работа «Разработка высокопрочной строительной стали с повышенной огнестойкостью» по актуальности, обоснованности и достоверности полученных результатов, научной и практической значимости полностью отвечает квалификационным требованиям п. 2 «Положения о порядке присуждения учёных степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. По научно-технической направленности, содержанию, выводам и практической значимости работа соответствует паспорту специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. В автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований. Содержание автореферата отражает основные положения диссертации. Диссертационная работа выполнена соискателем на высоком научно-техническом уровне. Автор диссертации – Тен Денис Васильевич – заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Отзыв подготовили преподаватели Кафедры физики конденсированного состояния и наноразмерных систем Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина» доктора физико-математических наук профессор Панфилов П.Е. и доцент Зайцев Д.В.

Отзыв утверждён на заседании Кафедры физики конденсированного состояния и наноразмерных систем Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральского федерального университета имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина» 17.05.2024 года, Протокол № 5.

Профессор кафедры физики конденсированного
состояния и наноразмерных систем
Института естественных наук и математики УрФУ
д.ф-м.н., старший научный сотрудник

 Панфилов П.Е.

Доцент кафедры физики конденсированного
состояния и наноразмерных систем
Института естественных наук и математики УрФУ
д.ф-м.н.

 Зайцев Д.В.