

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тим Постон и Иэн Стюарт. «Теория катастроф и ее приложения»: М.»Мир», 1980.- 780с.
2. Налимов В.В., Чернова Н.А. «Статистические методы планирования экстремальных экспериментов»: М. «Наука». 1965.-340с.
3. Большаков В.И., Дубров Ю.И. Решение многокритериальной задачи металловедения с качественно неоднородными критериями // Доп. НАН України. – 2002. - № 3. – С. 190-197.
4. Дубров Ю.И., Путилов В.М., Тарханов В.К. Об одном методе повышения согласованности экспертной оценки. «Научно - исследовательский институт управляющих машин и систем» 1988. с.36-45.
5. Гуляев А.П. Металловедение, Учебник для высших учебных заведений.- 5-е издание, переработанное и дополненное, -М. 1978.-648с.
6. Л.А. Позняк Инструментальные стали : К. Наукова думка, 1996. – 488с.
7. Дурнев В.Д., Сапунов С.В., Федюкин В.К. «Экспертиза и управление качеством промышленных материалов.» - СПб.: Питер, 2004. - 254с.:ил.
8. Пинчук Л.С., Струк В.А., Мышкин Н.К., Свириденюк А.И. «Материаловедение и конструкционные материалы.» : Минск «Высшая школа», 1989. - 461с.

УДК:669.017:539.4

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ КАРКАСА НАДСТРОЙКИ ПЯТИЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

*В.И. Большаков проф., д.т.н., Д.В. Лаухин с.н.с., к.т.н.,**А.В. Бекетов доц., к.т.н., Е.В. Рабич доц., к.т.н., В.С. Магала, к.т.н., доц.**Т.А. Ковтун-Горбачева доц., к.т.н., В.А. Рабич магистр**Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Днепропетровск*

**Введение.** В настоящее время в строительстве намечаются тенденции, направленные на использование при производстве металлических конструкций сталей повышенной и высокой прочности, что объясняется значительным снижением металлоемкости каркаса и большей технологичностью монтажа конструкций. Экономическая эффективность повышения уровня прочности металла, используемого в сварных металлических конструкциях, показана многолетним мировым опытом производства и потребления качественных конструкционных сталей [1].

В Украине, при производстве строительных металлических конструкций, в большинстве случаев, используются, стали классов прочности С235 или С245 которые перестают удовлетворять современным тенденциям развития строительной индустрии. В то же время, рядом отечественных металлургических комбинатов освоено производство низкоуглеродистых сталей типа 10Г2ФБ, используемых в настоящее время при производстве труб и соединительных деталей магистральных трубопроводов.

Проведенный комплекс исследований [2, 3] показывает, что по уровню механических и эксплуатационных свойств стали данного типа удовлетворяют требованиям производителей строительных металлических конструкций. В связи с этим, целью настоящей работы являлось исследование возможности использования высокопрочных микролегированных сталей типа 10Г2ФБ в жилищном строительстве. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- рассчитаны несущие конструкции металлического каркаса надстройки пятиэтажного жилого дома с учетом применения низкоуглеродистых микролегированных сталей;
- обоснована целесообразность применения низкоуглеродистых микролегированных сталей для сварных металлических конструкций каркаса надстройки 5-этажного жилого дома;
- изучена структура и свойства стали 10Г2ФБ в зоне термического влияния после сварки;
- определена огнестойкость металлических конструкций из низкоуглеродистых сталей (10Г2ФБ) и предложена огнезащита строительных конструкций.

**Материал и методика исследований.** В качестве материала для настоящего исследования была выбрана малоуглеродистая низколегированная сталь типа 10Г2ФБ, произведенная по технологии контролируемой прокатки. Металлографические исследования осуществляли с помощью оптического микроскопа «Неофот-2». Исследования тонкой структуры металла производили на растровом электронном микроскопе РЭМ-106И.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Как показывает мировая практика, применение высокопрочных конструкционных сталей не всегда приводит к удорожанию металлопроката, так как при использовании эффективных технологий термомеханической обработки уровень легирования высокопрочных сталей даже ниже, чем у традиционно используемых сталей [4-6].

Для анализа возможности применения низкоуглеродистых микролегированных сталей в сварных металлических конструкциях был рассчитан каркас надстройки пятиэтажного жилого дома в виде однопролетных многоэтажных рам, основные элементы которых решетчатые.

Учитывая, что стали с высокой прочностью наиболее эффективно используются в сечениях, работающих на растяжение, в расчетах произвели замену низкоуглеродистой стали С245, рекомендуемой СНиП, на высокопрочную микролегированную сталь типа 10Г2ФБ.

Масса металлического каркаса из стали С245 (Ст3пс) составила 822,3т, из них на растянутые элементы – 161,25т. Масса металлического каркаса из сталей С245 (Ст3пс+10Г2ФБ) составила 745,4т, из них на растянутые элементы – 83,25т.

Таким образом, масса растянутых элементов металлического каркаса надстройки при использовании стали 10Г2ФБ в рассчитанных сечениях снизилась с 161т до 83т, т.е. почти вдвое.

В предложенном конструктивном решении соединения элементов каркаса – сварные. СНиП, при расчете сварных соединений предписывается использование коэффициентов проплавления  $\beta_f$  и  $\beta_z$ , что приводит увеличению массы элемента. Следовательно, необходимо исследовать степень разупрочнения металла в местах сварки.

Для исследования влияния сварки на характер структурообразования в зоне термического влияния (ЗТВ) (рис.1), были применены методы оптической и электронной микроскопии.

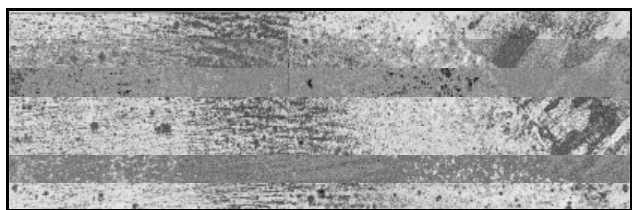


Рис.1. Микроструктура околошовной зоны 10Г2ФБ после сварки высокопрочной проволокой в среде защитного газа –общий вид,  $\times 100$ .

Околошовная зона была разбита на двенадцать участков, согласно фазовым превращениям, которые претерпевал металл под влиянием температуры сварки: основной металл (рис. 2, участки 1-3), переходная зона (рис. 2, участки 4-6), зона термического влияния (рис. 2, участки 7-12).

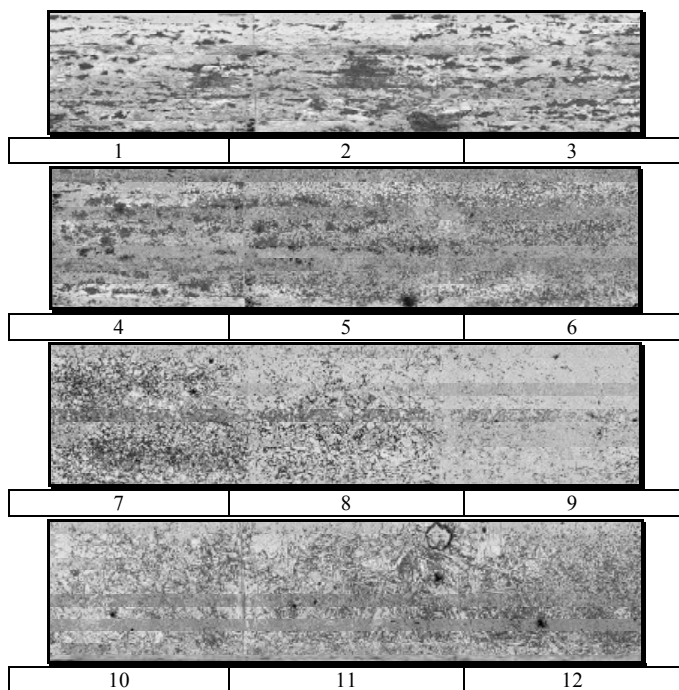


Рис.2. Микроструктура околошовной зоны 10Г2ФБ после сварки высокопрочной проволокой 07Х2ГСМФТЮ в среде защитного газа: 1-12 – монтаж выделенной области,  $\times 400$

Проведенный комплекс металлографических исследований показал, что структура основного металла – феррито-перлитная, с ярко выраженной перлитной полосчатостью. В переходной зоне наблюдается смешанная структура, образованная как по диффузионному механизму фазового превращения (феррит, сфероидизированный перлит), так и по промежуточному (различные морфологические типы бейнита). В данной зоне наблюдается также незначительное количество мартенсита. В структуре зоны термического влияния наблюдаются продукты промежуточного превращения аустенита. С целью более детального исследования структуры ЗТВ был проведен комплекс исследований с помощью растрового электронного микроскопа. Анализ полученных результатов показывает, что в структуре ЗТВ присутствуют три морфологических типа бейнита (рис. 3 а, б): верхний бейнит, нижний бейнит, игольчатый феррит.

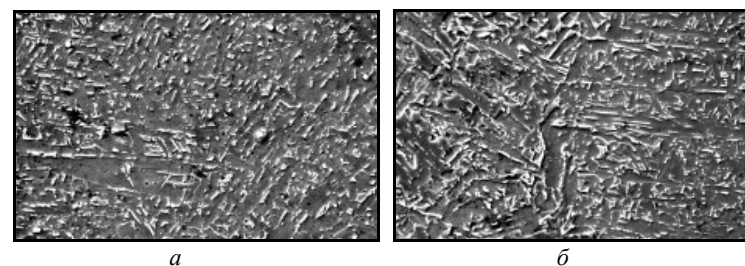


Рис. 3. Тонкая структура околошовной зоны стали 09Г2ФБ после сварки проволокой 07Х2ГСМФТЮ в среде защитного газа ( $\times 3000$ ): а – верхний бейнит; б – нижний бейнит и игольчатый феррит

На основании проведенных количественных и качественных исследований, была построена структурно-пространственная диаграмма (рис.4), отражающая различные структурные состояния металла по ширине зоны термического влияния.

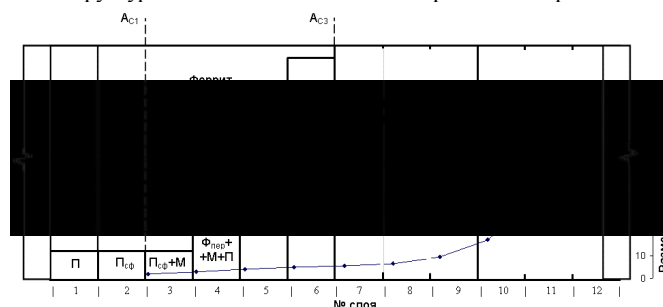


Рис. 4. Диаграмма распределения структурных составляющих и диаграмма изменения величины зерна аустенита в зависимости от расстояния до сварочной ванны:

Ф – феррит, П – перлит, М – мартенсит, К – карбидные выделения,  $\Phi_{пер}$  – перекристаллизовавшийся феррит,  $\text{П}_{сф}$  – сфероидизированный перлит, ИФ – игольчатый феррит

Исследовав характер распределения структур в ЗТВ и сравнив с его данными твердости, можно сделать выводы о том, что потенциально ослабленными зоны сварного соединения являются участки со структурой сфероидизированного перлита и дуальной феррито-мартенситной структурой.

Механические испытания показали, что прочность стали 10Г2ФБ в ЗТВ в пределах выше уровня нормативных требований.

На основании проведенных исследований сварных соединений установлено, что сварной шов не снижает механические и прочностные свойства и, следовательно, дает возможность повысить значения коэффициентов проплавления  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , которые приведены в СНиП П-23-81\*.

При более детальном исследовании сталей аналогичных марок можно рекомендовать повышение значений коэффициентов проплавления для расчета сварных соединений металлических конструкций.

В соответствии с назначением здания, необходимо обеспечить предел огнестойкости несущих конструкций здания до 2-2,5 часов.

При анализе воздействия высоких температур на металлические конструкции, принято считать, что при температуре 500<sup>0</sup>С наступает потеря несущей способности. Для стали 10Г2ФБ максимальная температура, при которой сохраняется структура и физико-механические свойства материала, составляет 720-727<sup>0</sup>С.

Предел огнестойкости находится в экспоненциальной зависимости от приведенной толщины металла и максимальной температуры, при которой сохраняются его структура и свойства. Это позволило нам предположить, что сталь 10Г2ФБ имеет ряд преимуществ перед С245. На основании произведенного теплотехнического и прочностного расчета огнестойкости для элементов конструкций выявлены изменения (на примере двутавра №20) из сталей С 245 и 10Г2ФБ для незащищенной металлоконструкции.

На основании анализа эффективности применения различных способов огнезащиты стальных конструкций в зависимости от требуемого предела огнестойкости конструкции, сложности конфигурации, ограничений по весу огнезащитного покрытия, условий эксплуатации, производства строительно-монтажных работ и эстетических требований, выявлено, что самым эффективным является применение вспучивающихся составов.

Используя огнезащитную штукатурку НЕОСПРЕЙ, мы можем повысить предел огнестойкости до 180мин для - стали С245 и, теоретически, до 220 мин - для стали 10Г2ФБ, однако требуется подтверждение натурными испытаниями образцов. НЕОСПРЕЙ наносится на конструкцию с помощью влажного торкретирования и под воздействием огня не изменяет внешний вид, не растрескивается и не отслаивается от поверхности защищаемой конструкции. покрытие выдерживает небольшие вибрации и деформации. Применяется на всех видах гражданского и промышленного строительства.

**Выводы.** На основании результатов работы, полученных теоретическими и натурными исследованиями, выявлено:

- при расчете несущих конструкций металлокаркаса надстройки с заменой стали С245 на 10Г2ФБ в отдельных элементах экономия металла составила порядка 50%;  
- целесообразность применения низкоуглеродистых микролегированных сталей для металлических конструкций в жилищном строительстве подтверждается снижением массы металла при повышении прочности стали;

- на основании изучения физико-механических свойств сварных соединений теоретически обосновано повышение предела огнестойкости металлических конструкций из стали 10Г2ФБ, что ведет к дополнительной экономии на огнезащите.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ниобийсодержащие низколегированные стали. / Хайстеркамп Ф., Хулка К., Магросов Ю.И. и др. – М.: “СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ”, 1999. –94 с.
2. Большаков В.И., Воробьев Г.М., Бекетов А.В., Лаухин Д.В. та др. Обоснование выбора материала для строительных металлических конструкций // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. – Днепропетровск, 2008. – Вып.45, Ч.3. – С. 116-122.
3. Большаков В.И., Бекетов А.В., Никитюк В.В. Оценка эффективности использования малоуглеродистых сталей, микролегированных V, Nb и Ti при производстве строительных металлических конструкций. Металознавство та термічна обробка металів. – 2006. – №1(32). – С. 14-20
4. Hisaya T., Tsutomu S. New Technology for High Toughness Plates Sumitomo High Toughness Process – SHT process. // Int. Conf. Steel Roll.,– Proc. Vol. Tokyo, 1980. – P. 957 – 969.
5. Toshio I. Development of Sumitomo High Toughness (SHT) Process for Low Temperature Service Steel. // Trans. Iron and Steel Inst. Jap. – 1980. – №8. – P. 561 – 569.
6. Высокопрочные стальные штрипсы для магистральных труб, получаемых при помощи ТМ – обработки./ Штрейсельбергер А., Бауэр Дж., Шульц В., Швинн В. // Металлургическое производство и технология металлургических процессов (МРТ): Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1990. – С. 46-59

#### УДК 624:131.22

#### ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ В СКЛАД ЯКИХ ВХОДЯТЬ S-,P-,D-ЕЛЕМЕНТИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЕКОМАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ

*В.І. Большаков д.т.н., проф., А.П. Приходько к.т.н., проф.,  
Л.С. Савін д.т.н., проф, Ю.Д. Баранов\*, Ю.Л Савін к.т.н., доц.,  
Н.С. Сторчай к.т.н., ас.*

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м.  
Дніпропетровськ*

*\*Вільногорський гірничо-металургійний комбінат, м. Вільногорськ*

**Постановка проблеми.** Вільногірський гірничо-металургійний комбінат як дестабілізуючий елемент навколишнього середовища, так як існуючі технології формують техногенні відходи і забруднюють навколишнє