

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 09Г2С

*Г.В. ГОРДИЕВСКИЙ<sup>1</sup>, Н.К. ГАЛЬЧЕНКО<sup>2</sup>, В.П. САМАРЦЕВ<sup>2</sup>*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: gennadygordievsky@yandex.ru

Решение проблемы повышения свойств сварных соединений из высокопрочных низкоуглеродистых сталей при изготовлении металлоконструкций северного исполнения связано с улучшением качества отечественных сварочных материалов. Одним из путей решения проблемы повышения свойств металла сварного шва является целенаправленное легирование или модифицирование сварочной ванны нанодисперсными частицам тугоплавких химических соединений через покрытые электроды.

Цель работы – исследование влияния нанодисперсных частиц карбонитрида титана и легирующих элементов (Ni, Mo), введенных в сварочную ванну через покрытые электроды ОЗС-12 и МР-3, на структуру и сварных соединений из стали 09Г2С.

Для выявления общих закономерностей исследования проводились как при сварке, так и при наплавке низколегированных сталей 09Г2С сварочными покрытыми электродами ОЗС-12 и МР-3 исходного состава и с присадками легирующих элементов (Mo, Ni) и частиц карбонитридов нанодисперсного диапазона с заданным концентрационным соотношением.

Наноконпоненты вводились в сварочную ванну в виде лигатуры после прессования и спекания гомогенной смеси порошка железа фракцией 40 мкм и наноразмерных порошков оксидов алюминия или титана (27...41 нм) с заданным объемным соотношением.

Необходимым условием для формирования высоковязкой мелкодисперсной структуры типа игольчатого феррита является наличие в металле швов определенной доли неметаллических включений. При этом важно отметить, что наиболее эффективны в этом отношении включения размером до 1 мкм, в состав которых входят соединения титана.

На рисунке 1 представлены температурные зависимости пределов прочности  $\sigma$ , а также относительного удлинения при статическом растяжении сварных соединений, полученных электродами ОЗС-12 и ОЗС-12+(3масс.% Ni+ 0,6масс.% Mo).

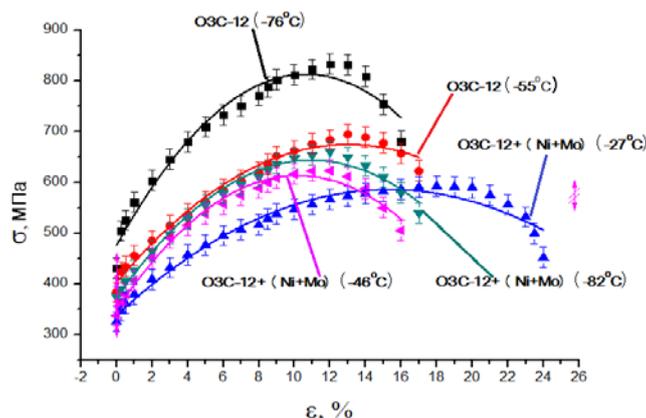


Рисунок 1 - Температурная зависимость механических свойств сварных соединений из стали 09Г2С, полученных экспериментальными электродами ОЗС-12 с Ni (3мас.%) и Mo (0,6мас.%)

Как видно из рисунка 1, с понижением температуры происходит увеличение значений предела прочности  $\sigma_e$  при незначительном снижении относительного удлинения образцов.

Характер изменения прочностных характеристик  $\sigma_B$ ,  $\sigma_{0,2}$  и  $\delta$  в зависимости от температуры испытаний представлен на рисунке 2 на примере сварного соединения состава ОЗС-12 + (3масс.% Ni + 0,6масс.% Mo). Из рисунка видно, что с понижением температуры испытания значения  $\sigma_B$  и  $\sigma_{0,2}$  увеличиваются, причем рост предела текучести происходит более интенсивно, чем предела прочности.

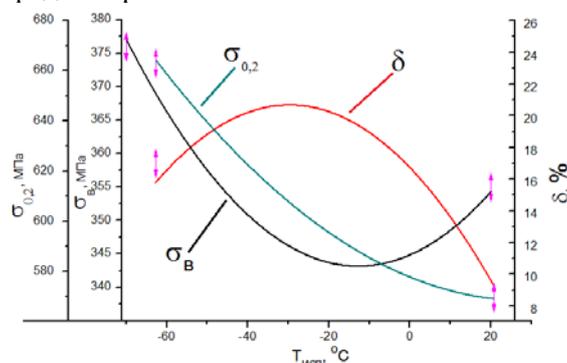


Рисунок 2 - Температурные зависимости механических свойств сварных соединений из стали 09Г2С, полученных электродом ОЗС-12 + (3 масс.% Ni + 0,6масс.% Mo)

Известно, что рост значения предела текучести при понижении температуры приводит к разрушению материала при напряжениях ниже напряжения начала макропластической деформации. Условием зарождения хрупкой трещины является предшествующая ему микропластическая деформация, приводящая к локальной концентрации напряжений и образованию трещин. Способность металла к развитию микродеформации определяет возможность вероятного протекания процессов релаксации локальных напряжений и, следовательно, возможность предотвращения хрупкого разрушения.

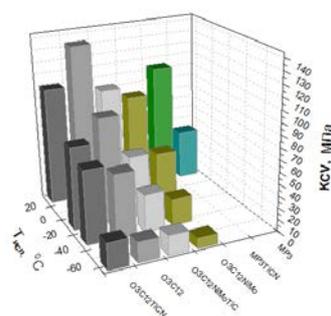


Рисунок 3 - Изменение ударной вязкости сварных соединений из стали 09Г2С в зависимости от состава сварочных электродов и температуры испытаний

Для понимания причин наблюдаемых эффектов, необходимо дальнейшее исследование, в частности, структурные исследования – растровая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия и ИК-спектроскопия.

### Список литературы

1. Горынин И.В. Принцип легирования, фазовые превращения, структура и свойства хладостойких сварных строительных сталей / И.В Горынин, В.В. Рыбин, В.А Рисышевский, Е.И. Хлусова // МиТОМ. –2007. – № 1. – С. 9-15.
2. Гуцин Д.А. Анализ и поиск перспективных направлений комплексного модифицирования металла сварных швов при автоматической сварке под флюсом мостовых металлоконструкций / Д.А. Гуцин, В.Г. Гребенчук, И.В. Гребенчук // Научные труды ОАО ЦНИИС. – Выпуск №261.– С.18-25.