



*Аргунова Анастасия Афанасьевна*

канд. техн. наук, доцент

*Кириллина Евдокия Ивановна*

студентка

Технологический институт

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный

университет им. М.К. Аммосова»

г. Якутск, Республика Саха (Якутия)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ СТ.ЗПС И НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ 09Г2С, СВАРЕННЫХ ПРИ +20°C И -40°C**

*Аннотация:* в статье исследованы микроструктуры сварных соединений из конструкционной углеродистой обыкновенного качества стали общего назначения Ст3пс и низколегированной стали 09Г2С, сваренных при +20°C и -40°C.

*Ключевые слова:* околошовная зона, сварное соединение, низколегированная сталь.

Исследование микроструктуры сварных соединений из конструкционной углеродистой стали позволяет поучить представление о физико-химических явлениях, происходящих в материалах при различных условиях их эксплуатации [1]. В зависимости от условий термической обработки стали одного и того же химического состава можно получить самые различные соотношения характеристик прочности, пластичности, упругости и вязкости [2].

В данной работе были исследованы микроструктуры сварных соединений из конструкционной углеродистой обыкновенного качества стали общего назначения Ст3пс и низколегированной стали 09Г2С, сваренных при +20°C и -40°C.

Химический состав исследуемых сталей был проведен на приборе: «WAS Foundry-Master» (Германия) (таблица 1).

Таблица 1

## Химический состав сталей

№	Материал	Химический состав, %						
		C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
1	Ст.Зпс	0,15	0,08	0,47	<0,3	<0,3	0,01	0,01
2	09Г2С	0,08	0,73	1,4	<0,3	<0,3	0,003	0,008

Кромки стыкуемых пластин были подготовлены согласно ГОСТу, стыки собраны с помощью прихваток, равномерно расположенных по длине стыков на расстоянии 75–125 мм одна от другой.

Исследуемые стали были сварены электродом марки УОНИ-13/55 со скоростью 3 мм/с, силой тока 130 А, напряжением 220 В при  $T = +20^{\circ}\text{C}$  и силой тока 145 А, напряжением 220 В при  $T = -40^{\circ}\text{C}$ .

Металлографический анализ проводили на оптическом микроскопе «МЕТАМ-PB21». Исследуемые образцы шлифовали, полировали и травили 4%-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Основной металл стали Ст.Зпс имеет феррито-перлитную микроструктуру, мелкозернистую, с баллом зерна 7–8, перлит пластинчатый (рис. 1).

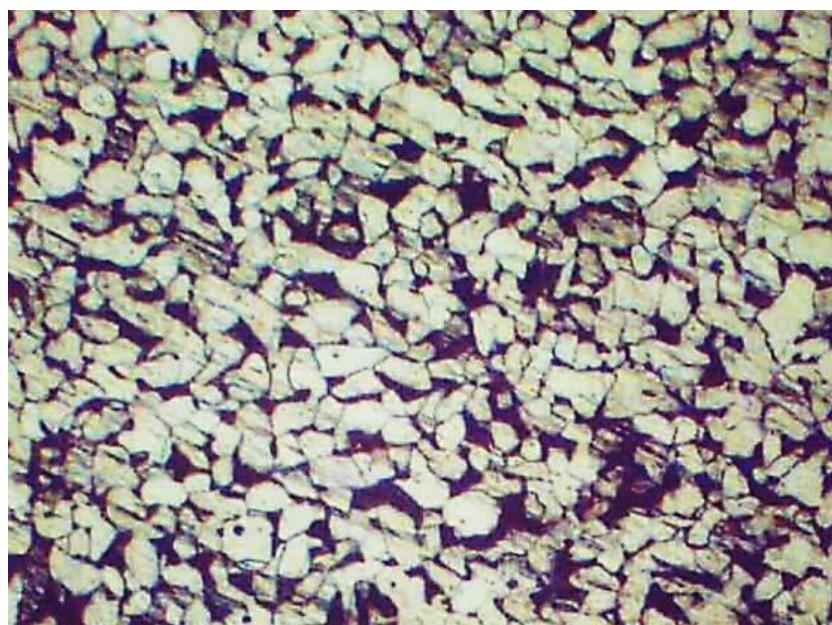


Рис. 1. Микроструктура стали Ст.Зпс. Основной металл. Увел. 500х

Околошовная зона (ОШЗ), непосредственно примыкающая к сварному шву, имеет крупнозернистую видманштеттовую микроструктуру, о чем свидетельствует выделения избыточного феррита в форме сетки по границам зерен, а также выделения ее по кристаллографическим плоскостям в форме пластин. Рост перлитных колоний также начинается с границ зерен аустенита или зерен избыточного феррита (рис. 2).

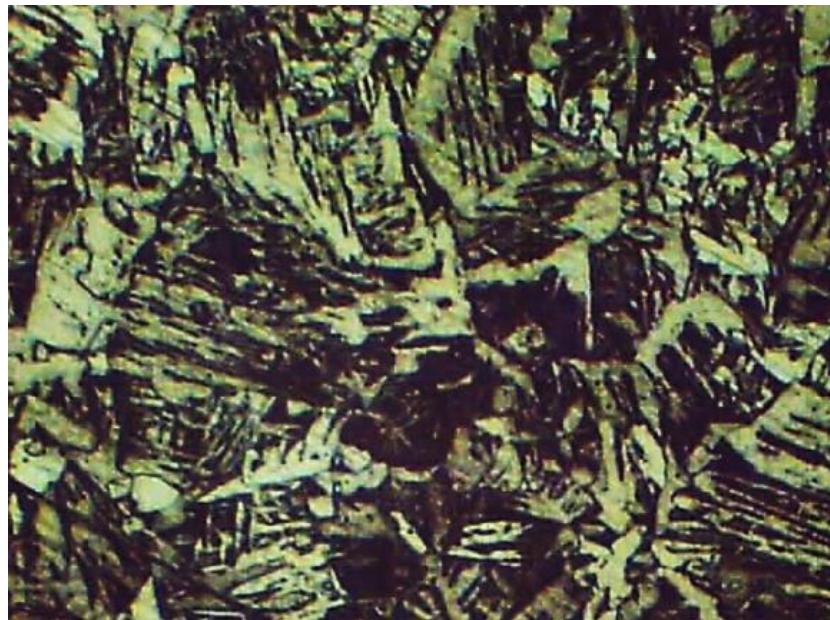


Рис 2. Околошовная зона, примыкающая к сварному шву. Увел. 500х



Рис. 3. Продолжение околошовной зоны (ОШЗ) сварного соединения

стали С.3пс. Увел. 500х

Основной металл низколегированной стали 09Г2С имеет феррито-перлитную микроструктуру, полосчатую, мелкозернистую, с баллом зерна 9–10, перлит пластинчатый (рис. 4).



Рис. 4. Микроструктура низколегированной стали 09Г2С. Основной металл. Увел.500

Околошовная зона сварного соединения из низколегированной стали 09Г2С, выполненного при +20°C, имеет крупнозернистое зерно с ферритной оторочкой с мелкоигольчатым образованием внутри зерна (рис. 5).

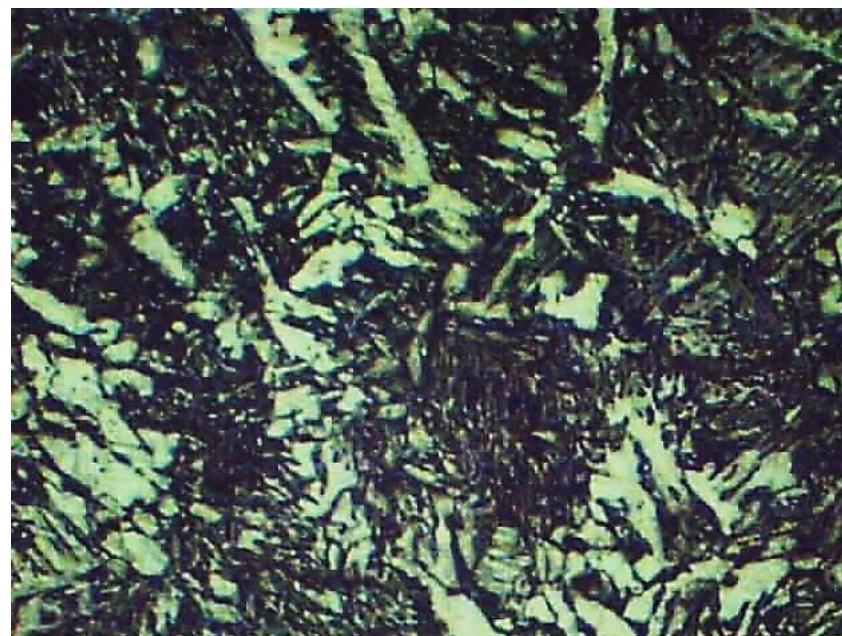


Рис. 5. Околошовная зона сварного соединения из низколегированной стали 09Г2С, выполненного при +20°C

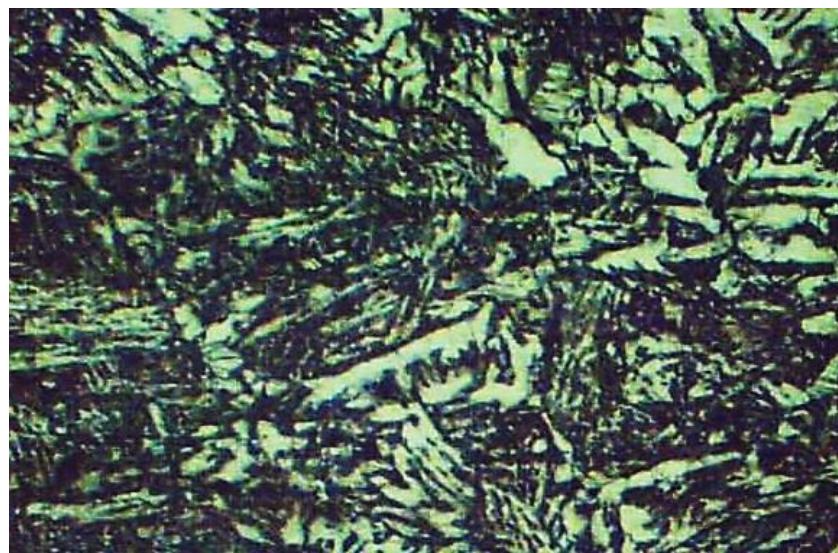


Рис. 6. Микроструктура ОШЗ сварного соединения из низколегированной стали 09Г2С, выполненного при  $+20^{\circ}\text{C}$

Околошовная зона сварного соединения из низколегированной стали 09Г2С, выполненного при  $-40^{\circ}\text{C}$  имеет крупнозернистое зерно с тонкой ферритной оторочкой по границам зерна и мелкоигольчатым образованием внутри зерна (рис. 7, 8).

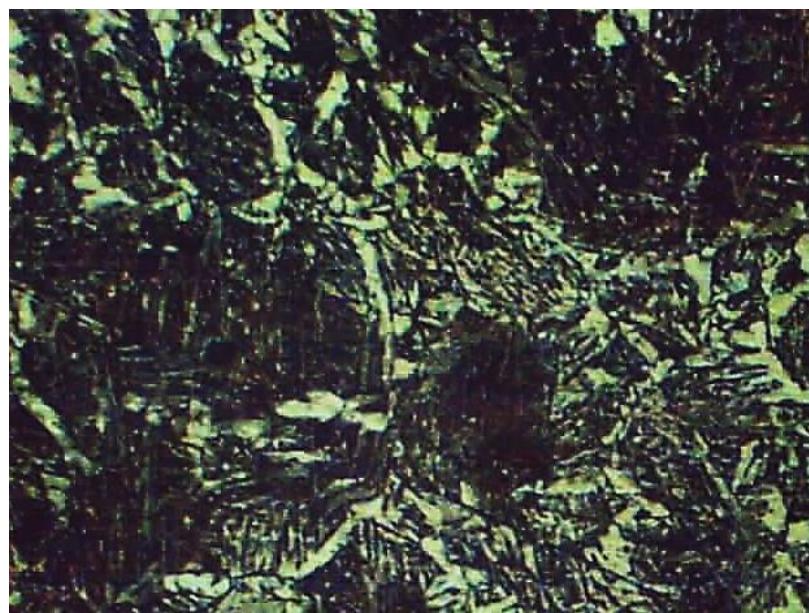


Рис. 7. Микроструктура околошовной зоны сварного соединения из низколегированной стали 09Г2С, выполненного при  $-40^{\circ}\text{C}$ . Увел. 500

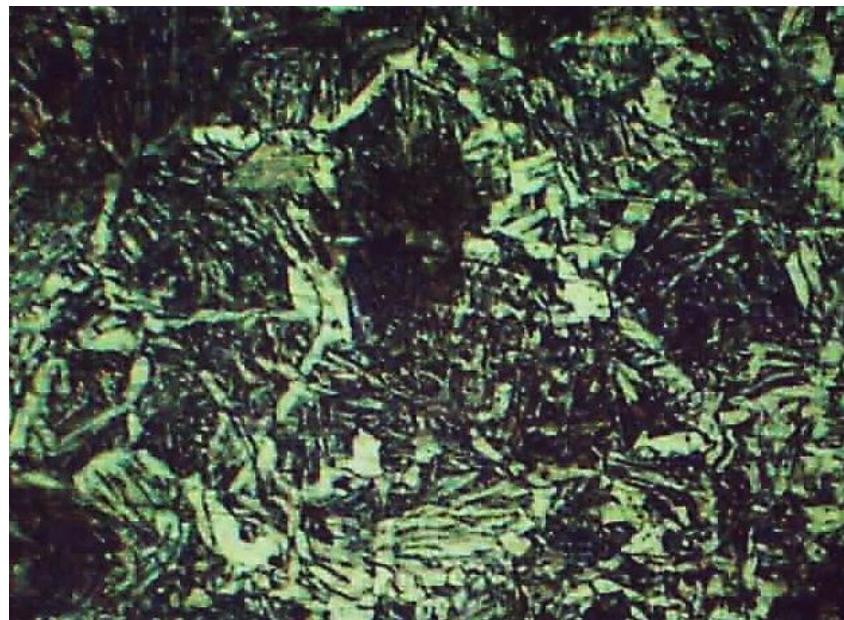


Рис. 8. Продолжение ОШЗ. Видно уменьшение размера зерен по мере удаления от границы шва. Увел. 500х.

Воздействие термического цикла сварки на состояние аустенита (в периоды нагрева и охлаждения) выражается в том, что достигается определенная степень гомогенизации и происходит больший или меньший рост зерна. Влияние параметров термического цикла сварки на эти изменения наиболее резко сказывается в околосшовной зоне, поэтому принято оценивать состояние аустенита именно на этом участке зоны перекристаллизации.

Влияние неоднородности аустенита на кинетику его распада в условиях термических циклов сварки можно заметить только по повышению температуры начала выделения избыточного феррита, особенно при относительно высоких скоростях охлаждения. Второй не менее важной причиной этого явления может служить активация диффузии за счет повышенных избыточных концентраций вакансий, фиксируемых при быстром охлаждении с высоких температур.

С увеличением скорости охлаждения количество перлита и феррита будет уменьшаться вследствие ограничения времени диффузии, а также снижения линейной скорости роста.

Так как мартенситное превращение происходит при более низких температурах и захватывает лишь оставшуюся непревращенной часть объема зерен

аустенита, то количество мартенсита будет определяться развитием перлитного и промежуточного превращений.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что окколошовная зона сварного соединения из стали Ст.Зпс при выбранном режиме сварки характеризуется крупнозернистой видманштеттовой микроструктурой, с выделением избыточного феррита в форме сетки по границам зерен, с выделением его по кристаллографическим плоскостям зерен в форме пластин. Рост перлитных колоний также начинается с границ зерен аустенита или зерен избыточного феррита.

Сравнение микроструктур околошовной зоны низколегированной стали 09Г2С, выполненных при +20°C и -40°C выявило значительное сужение ферритной оторочки и увеличение игольчатых образований при -40°C, что может свидетельствовать об увеличении внутренних остаточных напряжений и снижении сопротивляемости разрушению.

Для установления степени надежности материала необходимо определение сопротивления деформации и разрушению, определяемому обычно при испытаниях образца на маятниковом копре, при которых оценивается работа разрушения исследуемых образцов, вырезанных по стандарту с надрезом.

Испытание исследуемых образцов проводили на маятниковом копре марки: Амслер RKP450, максимальная энергия удара маятника при испытаниях: 300 Дж, испытуемый материал: марки сталей 09Г2С и Ст3пс, тип надреза: Шарпи, V-надрез. Данные результатов даны в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытания на ударный изгиб

№	Материал образца	Температура испытания	Состояние образца	Ширина образца В	Высота образца Н	Работа удара К, (Дж)	Ударная вязкость KСU (Дж/см <sup>2</sup> )
1.	Ст.3пс	+20°C	Основ. металл	9,46	10,97	113	133
2.	Ст.3пс	+20°C	Сварное соединение	9,46	10,97	48,2	56

3.	09Г2С	+20°C	Основ. ме-талл	5,86	11,64	122,65	201
4.	09Г2С	+20°C	Сварное соединение	5,86	11,64	47,43	90
5.	09Г2С	-40°C	Сварное соединение	5,86	11,64	29,75	60

Полученные результаты выявили значительное снижение ударной вязкости сварных соединений из низколегированной стали 09Г2С и стали Ст.Зпс при +20°C. У низколегированной стали 09Г2С, сваренной при -40°C, выявлено еще более резкое снижение ударной вязкости, вызванное увеличением доли игольчатых структурных образований, вызывающих высокое внутренне напряжение, а соответственно снижение сопротивляемости разрушению.

### ***Список литературы***

1. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для студентов вузов / Г.П. Фетисов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2001. – 637 с.
2. Тарасов В.В. Справочник-экзаменатор по материаловедению: Учеб. пособие / В.В. Тарасов, Г.Б. Кривошеева, А.П. Герасимов. – Владивосток: ДВГМА. 2000. – 70 с.