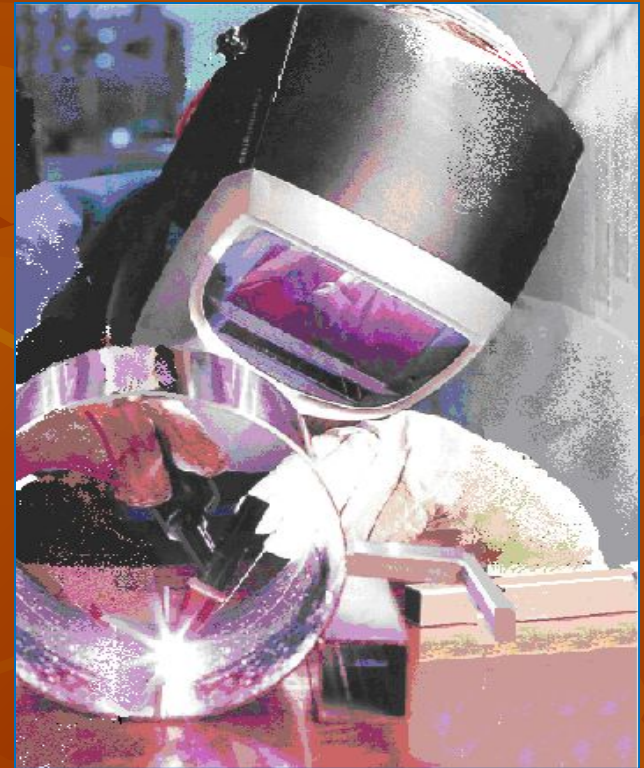


**Тема урока:  
Технология сварки  
конструкций из  
легированных  
сталей**



## Цель занятия

Приобретение теоретических знаний по выполнению сварки легированных сталей для применения их в профессиональной деятельности

### Виды сварных конструкций



Сталь – это сплав ..... с  
..... , при содержании  
..... менее .....%



# ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Стали, в которые добавляют легирующие элементы, называются легированными.

Каждый легирующий элемент обозначается буквой:

Н - никель

Х - хром

К - кобальт

М - молибден

Г - марганец

Д - медь

С - кремний

П - фосфор

В - вольфрам

Т - титан

Ф - ванадий

Ю - алюминий

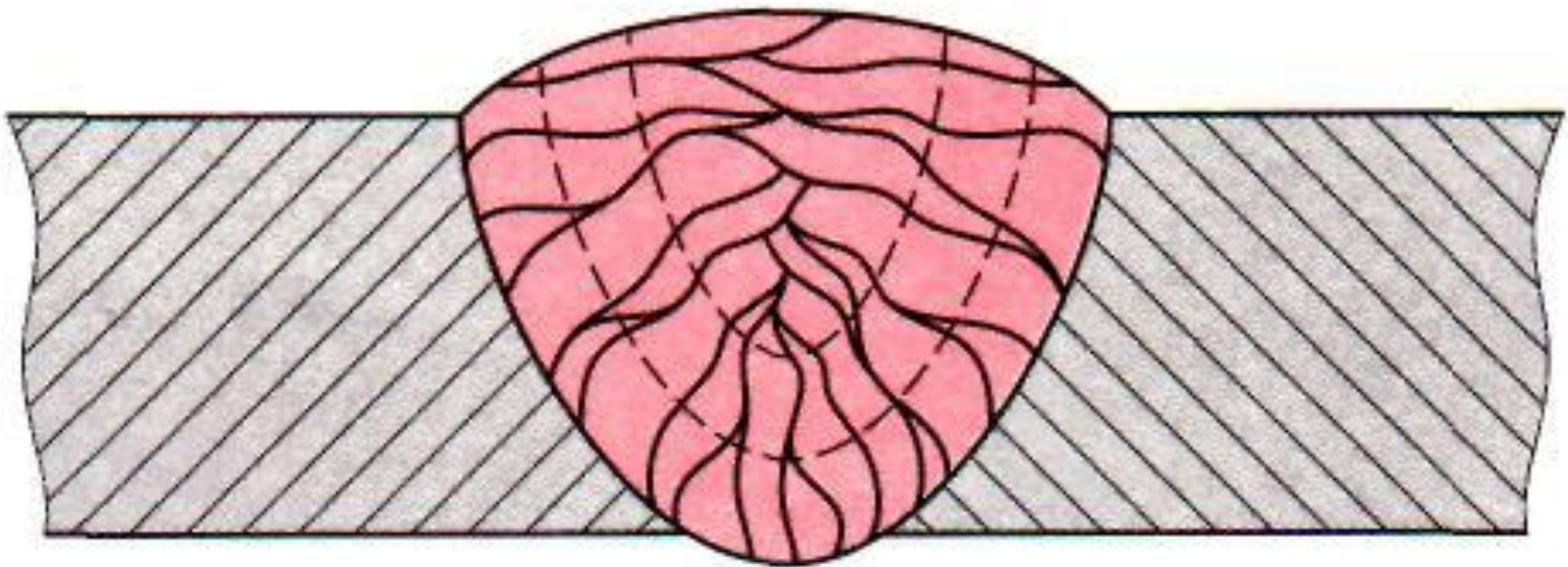
# **Свариваемость легированных сталей**

**Свариваемость** – способность  
стали (металла) или сочетания  
металлов образовывать при  
установленной технологии  
сварки соединение,  
отвечающее  
эксплуатационным  
требованиям.

**Любые металлы при  
сварке плавлением могут  
образовывать сварные  
соединения  
удовлетворительного  
качества.**

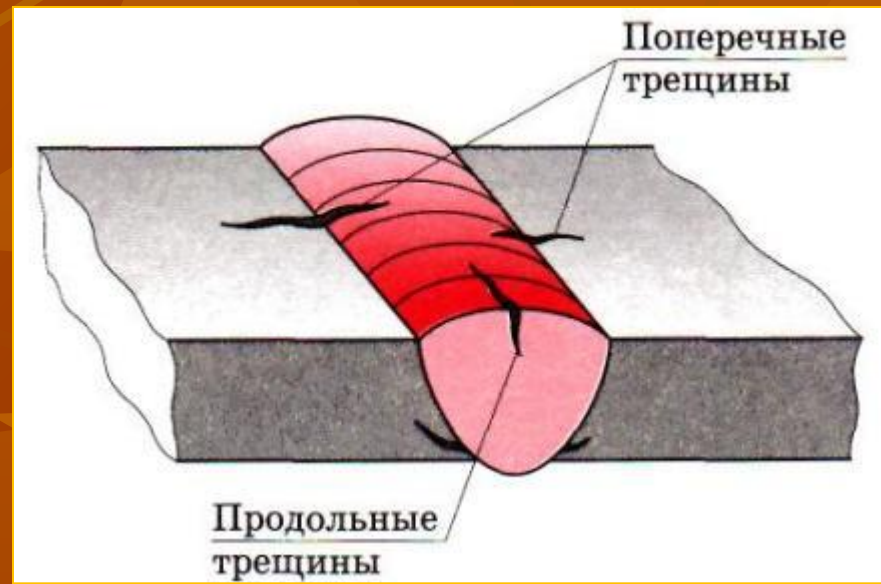
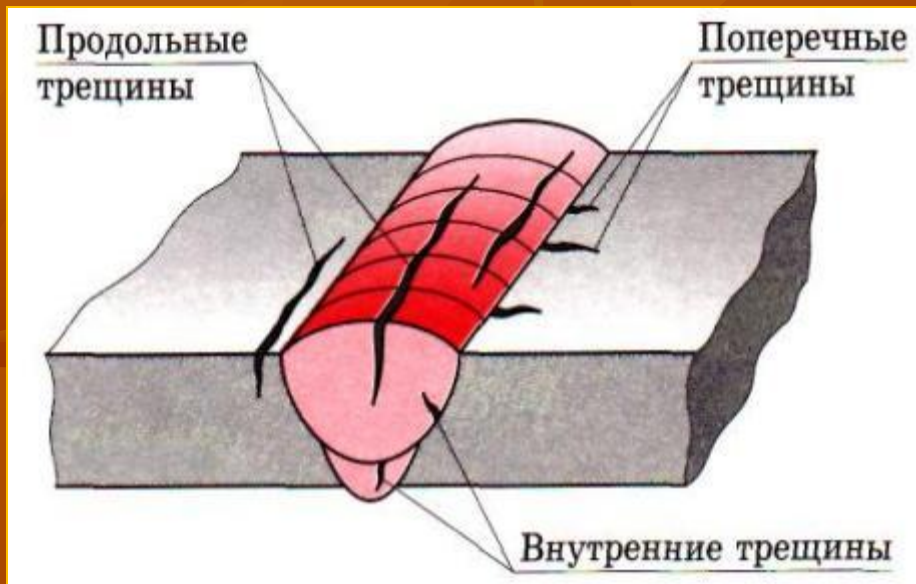
# Физическая свариваемость

## Монолитное соединение



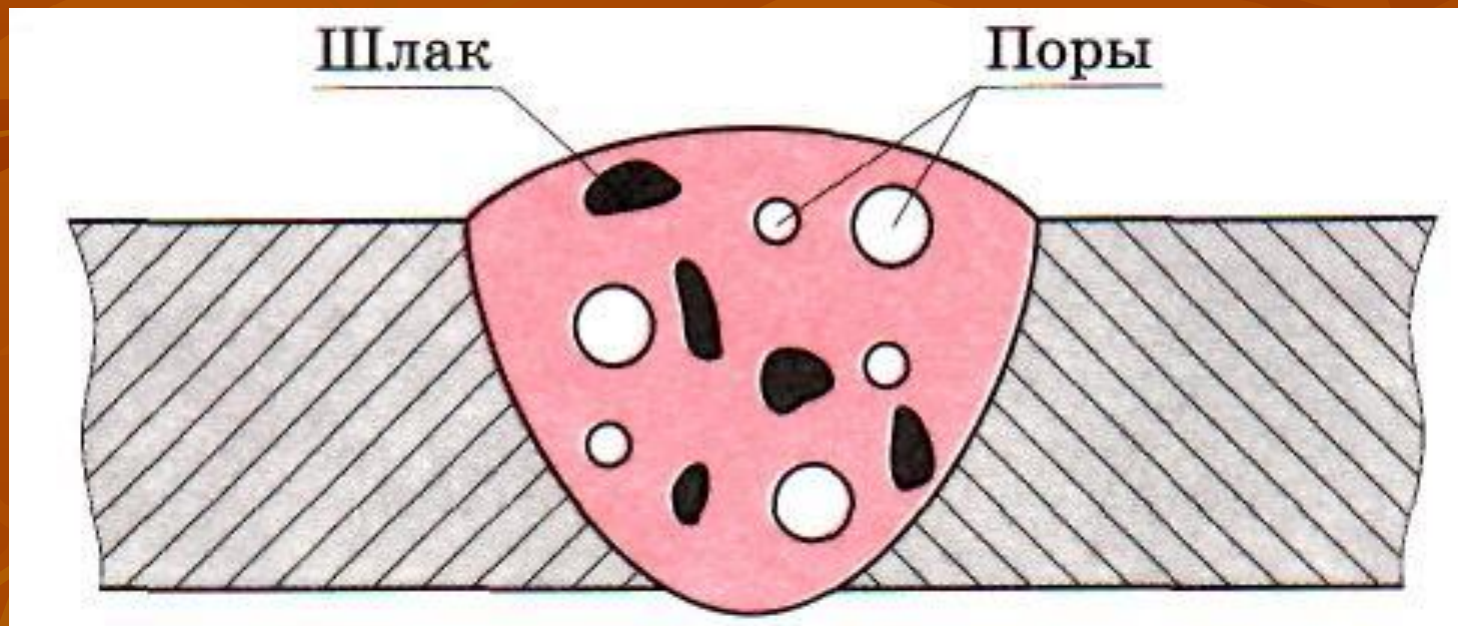


# Технологическая свариваемость



Стойкость к образованию горячих и холодных трещин

# Технологическая свариваемость



Отсутствие пор и шлаковых включений

# Технологическая свариваемость



Отсутствие оксидных пленок на  
поверхности металла

**Разница между металлами, обладающими хорошей и плохой **свариваемостью**, заключается в том, что при сварке последних необходима более сложная технология :**

- **строгое соблюдение параметров режима;**
- **предварительный подогрев, термическая обработка,**
- **специальная подготовка кромок,**
- **последующая термообработка и т.д.).**

# Свариваемость легированной стали зависит от ее химического состава

- Наибольшее влияние на свариваемость стали оказывает количество содержащегося в ней
  - ✓ углерода
  - ✓ легирующих компонентов

**С увеличением содержания углерода и ряда легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается.**

# Количественная характеристика свариваемости

Свариваемость (группа свариваемости)	$C_{\text{экв}}$ , %	Марки сталей	
		углеродистых	легированных
Хорошая (I)	Не более 0,25	Ст1, Ст2; стали 08, 10, 15, 20, 25	15Г, 20Г, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХМ, 10ХСНД, 10ХГСНД, 15ХСНД
Удовлетвори- тельная (II)	0,25 ... 0,35	Ст5; стали 30, 35	12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 20ХН, 20ХГСА, 30Х, 30ХМ, 25ХГСА
Ограниченная (III)	0,35 ... 0,45	Ст6; стали 40, 45	35Г, 40Г, 45Г, 40Г2, 35Х, 40Х, 45Х, 40ХМФА, 40ХН, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХМ, 20Х2Н4МА
Плохая (IV)	Свыше 0,45	Стали 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85	50Г, 50Г2, 50Х, 50ХН, 45ХН3МФА, ХГС, 6ХС, 7Х3

# Особенности сварки сталей разных групп свариваемости

Группа свариваемости	Условия сварки
I	Без ограничений, в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины металла, жесткости конструкций, температуры окружающей среды
II	Сварка при температуре окружающей среды не ниже $-5^{\circ}\text{C}$ , толщине металла менее 20 мм и отсутствии ветра; подогрев до температуры $150^{\circ}\text{C}$
III	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом до температуры $250^{\circ}\text{C}$ в ограниченном диапазоне режимов сварки
IV	Сварка с предварительным и сопутствующим подогревом; термообработка после сварки

### V.11. Влияние химических элементов на характеристики сталей

Характеристика	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Mo	Ti	Al
Временное сопротивление	++	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	○
Предел текучести	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	○
Относительное удлинение	=	-	-	=	○	○	○	○	-	-	○	○
Твердость	++	+	+	+	-	+	+	○	+	+	+	○
Ударная вязкость	-	=	-	=	-	+	+	○	○	○	-	○
Усталостная прочность	+	○	○	○	○	○	○	○	++	++	○	○
Свариваемость	-	-	○	-	○	○	○	-	÷	+	+	○
Стойкость против коррозии	○	-	+	+	○	+	+	++	+	+	○	○
Холодноломкость	○	○	○	+	○	-	-	-	○	○	○	○
Красколомкость	+	+	○	○	+	○	○	○	○	-	○	○

Условные обозначения: + — повышает; ++ — значительно повышает; — — снижает; = — значительно снижает; ○ — не влияет.



**Найди ошибки допущенные в  
таблице ,ознакомившись с  
опорным конспектом**

## **Виды сварных конструкций**



# Ошибка допущена при указании КОМПОНЕНТОВ

**Молибден** (Mo) при содержании в стали 0,15—0,2 % затрудняет сварку, служит причиной образования трещин в сварном шве и переходной зоне, сильно окисляется и выгорает при сварке.

**Хром** ( Cr) затрудняет сварку, так как усиливает окисление металла, образует химические соединения с углеродом, повышает твердость металла в переходных зонах

**Сера** (S) в стали в количествах, превышающих предельно допустимые, ухудшает свариваемость, вызывает появление горячих трещин.

# Относительная свариваемость легированной стали

**ХОРОШАЯ**

- если содержание углерода до 0,2%  
и легирующих компонентов до  
3% (в сумме)

**УДОВЛЕТВОРИТЕ  
ЛЬНАЯ**

- если содержание углерода до 0,3%  
и легирующих компонентов до  
5%

**ОГРАНИЧЕННАЯ**

- если содержание углерода до 0,4%  
и легирующих компонентов до  
10%

**ПЛОХОЯ**

- если содержание углерода более  
0,4% и легирующих компонентов  
более 10%

# Определите класс свариваемости для каждой марки стали

## 1 вариант:

1.25ХН2МФА; 2.20Х1ГСА; 3.12ГС; 4. ВСт3кп2;  
5.35;6.25; 7.15ХСНД;8.15Х12Т; 9.09Х16Н4Б;  
10.18ГС; 11. 08; 12.Ст5;13.30ХГСА;14.10Г2С

## 2 вариант:

1.Сталь10; 2.20; 3.11Х11Н2В2МФ; 4.В18Гсп5;  
5.20ХМЛ; 6.Ст6 ;7.09 Г2С; 8.14Г2АФ ;  
9.Ст4;10. 12 Х1МФ;11.18Г2АФ; 12.15Х25Т;13.35  
ХМ; 14.45

# Эталон ответа

вариант	1класс	2класс	3класс	4класс
1вариант	4,10,11,14	3,6,7	2,5,12	1,8,9,13
2 вариант	1,4,7	2,8,9	6,11,13,14	3,5,10,12



# **Подведение итогов задания**

**Итого максимальное количество  
баллов: 14**

**7-9 баллов – удовлетворительно**

**10-11 баллов – хорошо**

**12-14 баллов – отлично**

# Трудности при сварке легированных сталей

- При сварке легированных стальных конструкций идет :
- выгорание легирующих элементов,
  - выделяются тугоплавкие карбиды,
  - возникает самокаливаемость металла в местах сварки,
  - теплопроводность у легированной стали значительно ниже, чем у обычной углеродистой, вследствие чего возникают усадочные напряжения и появляются трещины.



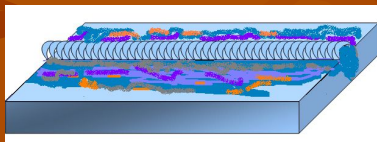
# Технологические приемы сварки легированных сталей

- \*- не допускать перегрева металлоконструкции при сварке;
- \*- строго соблюдать рекомендованные режимы сварки для данного вида легированной стали;
- \*- использовать флюсы определенного состава;
- \*- соблюдать температурный режим для соединяемой конструкции до и после сварки;
- \*- выбирать сварочные материалы с низким содержанием углерода и вредных примесей(серы и фосфора);
- \*- для защиты от выгорания при сварке легирующих компонентов необходимо использовать защитное покрытие для собираемой поверхности, а также использовать **легированные присадки или электроды, содержащие легирующие компоненты.**

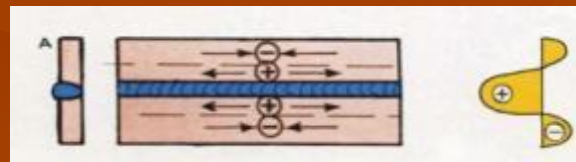


# Общие свойства низколегированной стали

## 1. Склонность к образованию закалочных структур



## 2. Увеличенный коэффициент линейного расширения



# Особенности сварки низколегированных сталей

Электроды для сварки низколегированных сталей имеют **низководородное** фтористо-кальциевое покрытие. Широко применяют электроды типа **Э70** ГОСТ 9467-75.

Металл, наплавленный электродами, должен соответствовать следующему химическому составу, %:

С до 0,10 ; Mn 0,8...1,2 ;  
Si 0,2...0,4; Cr 0,6...1,0 ;  
Mo 0,2...0,4 ; Ni 1,3...1,8 ;  
S до 0,03 ; P до 0,03%

**Сварку выполняют постоянным током при обратной полярности.**

# Особенности сварки низколегированных сталей

**Сварочный ток** выбирают в зависимости от марки и диаметра электрода, при этом учитывают положение шва в пространстве, вид соединения и толщину свариваемого металла.

**Сварку технологических участков нужно производить без перерывов, не допуская охлаждения сварного соединения ниже температуры предварительного подогрева и нагрева его перед выполнением следующего прохода выше 200С°.**

## Марки электродов для сварки низколегированных сталей

Для сварки популярных низколегированных сталей 15ХСНД и 14Г2 используют сварочные электроды Э55 и Э50АЭ50А, которые перед использованием необходимо прокаливать. При сварке сталей 09Г2С, 14Г2 и 10Г2С1 используются электроды, имеющие в своем составе 18 процентов углерода. Этими электродами являются: Э42; Э46 и Э50А.

*Для сварки таких видов сталей можно использовать электроды марок:*

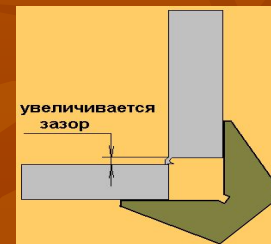
УОНИ 13/55; АНО-4; АНО-25; ОЗС-6;

ТМУ-21У; ПСК-50 и СК-50.

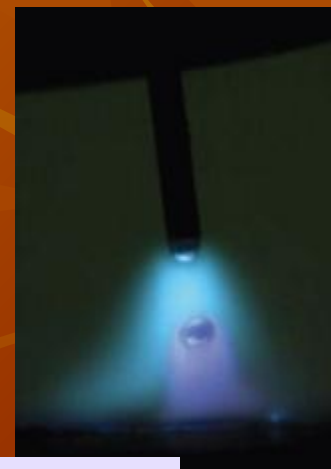
# Схема технологического процесса изготовления конструкций из низкоуглеродистых сталей

# Схема технологического процесса

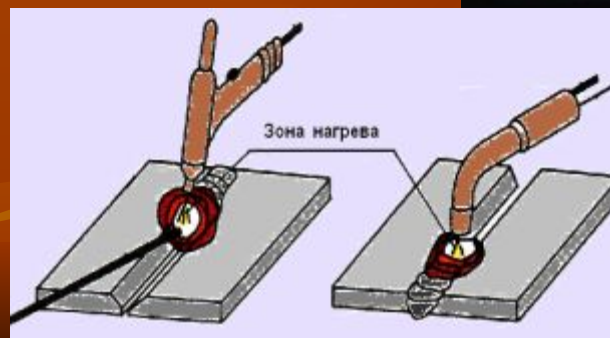
## 1. Подготовке материалов и деталей к сварке



## 2. Сборка



## 3. Режим сварки



## 4. Техника сварки

# Особенности технологии сварки среднелегированных сталей

Свариваемость таких сталей зависит от содержания углерода и легирующих компонентов и ухудшается с ростом содержания углерода и легирующих компонентов. Стали кремне-марганцевой группы 15Г2С, 18Г2С и 25Г2С сваривают электродами типа Э60А марки УОНИ-13/65. Перед сваркой кромки тщательно зачищают от грязи, ржавчины и окалины. Сварку выполняют предельно короткой дугой. Изделие перед сваркой подогревают до температуры  $200^{\circ}\text{C}$ , электроды перед сваркой прокалывают при  $400^{\circ}\text{C}$  в течение одного часа



# Марки электродов для сварки среднелегированных сталей

Таблица 12

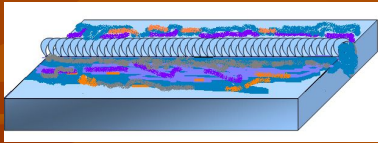
Технологические характеристики электродов для сварки некоторых легированных сталей

Марка электрода	Коэффициент наплавки, г/а·с	Устойчивость дуги	Расход электрода на 1 кг наплавленного металла	Диаметр электрода, мм	Величина тока, а			Род тока	Температура провала, °С
					нижнее положение	вертикальное положение	потолочное положение		
УОНИ-13/85	9,5	Удовлетворительная	1,5	3	80—100	70—80	70—90	Постоянный	370
				4	130—160	90—120	100—140		
ЦЛ-14	10,5	Высокая	1,6	4	160—180	120—160	120—160	Постоянный, переменный	200
				5	200—240	—	—		
ЦЛ-30-63	10,4	Удовлетворительная	1,6	4	140—160	120—140	—	—	350
				5	180—210	—	—		
ЦЛ-18-63	8,5	»	1,8	4	130—160	120—140	120—130	Постоянный	350
				5	180—210	—	—		
НИАТ-3М	10	»	1,6	2,5	60—100	—	—	»	300—450
				3	90—130	—	—		
				4	150—180	—	—		



# Общие свойства высоколегированной сталей

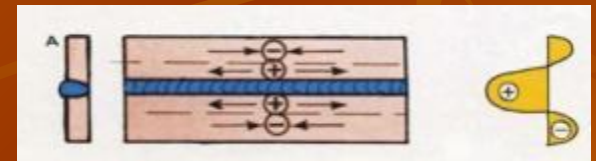
## 1. Склонность к образованию закалочных структур



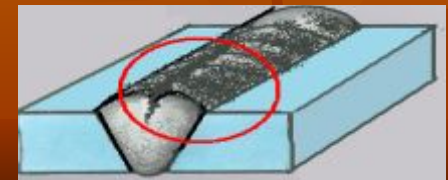
## 2. Пониженный коэффициент теплопроводности



## 3. Увеличенный коэффициент линейного расширения



## 4. Насыщение металла шва водородом



# Таблица свариваемости высоколегированной стали

<b>Свойства стали</b>	<b>Влияние на качество сварного шва</b>	<b>Технологические мероприятия</b>
<b>Склонность к образованию закалочных структур</b>	<b>Склонность к образованию трещин</b>	<b>1.Предварительный и сопутствующий подогрев 2.Обратноступенчатая сварка 3.Постоянный ток обратной полярности 4.Термообработка после сварки</b>

# Таблица свариваемости высоколегированной стали

<b>Свойства стали</b>	<b>Влияние на качество сварного шва</b>	<b>Технологические мероприятия</b>
<b>Пониженный коэффициент теплопроводности</b>	<b>Приводит к концентрации тепла, поэтому увеличивается глубина проплавления</b>	<b>5.Использование электрода меньшего диаметра 6. Снизить величину сварочного тока на 10-20% 7.Постоянный ток обратной полярности</b>

# Таблица свариваемости высоколегированной стали

<b>Свойства стали</b>	<b>Влияние на качество сварного шва</b>	<b>Технологические мероприятия</b>
<b>Увеличенный коэффициент линейного расширения</b>	<b>Приводит к большим деформациям сварных изделий, вследствие чего образуются трещины</b>	<b>8.Скос кромок и обязательный зазор 9. Предварительный и сопутствующий подогрев 10.Постоянный ток обратной полярности 11.Обратноступенчатая сварка 12.Использование при сборке приспособлений обеспечивающих податливость деталей 13.Термообработка после сварки</b>

# Таблица свариваемости высоколегированной стали

<b>Свойства стали</b>	<b>Влияние на качество сварного шва</b>	<b>Технологические мероприятия</b>
<b>Насыщение металла шва водородом</b>	<b>Образуются поры , и могут образовать холодные трещины</b>	<b>14.Тщательная подготовка кромки 15.Электроды и флюс перед сваркой прокаливать 16.Использование электродных покрытий основного и смешанного типа 17. Сварка короткой дугой</b>

# Марки электродов для сварки высоколегированных сталей

Таблица 14

Технологические характеристики электродов для сварки коррозионноустойчивых сталей

Марка электрода	Коэффициент перлавки, г/д·ч	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Диаметр электрода, мм	Величина тока, а			Род тока	Температура прокаливания, °С
					нижнее положение	вертикальное положение	верхнее положение		
ОЗЛ-14	11	Хорошая	1,6	3	50—70	40—60	40—60	Постоянный, переменный	200—250
				4	120—140	80—120	90—120		
ОЗЛ-8	13	Удовлетворительная	1,6	3	60—80	50—70	50—70	Постоянный	270
				4	110—130	70—110	70—110		
ЦЛ-11	12,5	»	1,8	3	70—90	60—80	60—80	»	320—350
				4	110—130	80—110	80—110		
ЦТ-15-1	12	»	1,6	3	80—110	70—90	70—90	»	350—450
				4	120—140	90—110	90—110		
ЗНО-3	12,5	»	1,55	3	80—100	70—90	70—90	»	300—320
				4	110—130	100—120	100—120		