**Тема : - «Основные металлургические процессы при сварке». Дата: 09 апреля 2020 года. Группа № 17 «Сварщики». Дисциплина: МДК.02.01 «Техника и технология ручной дуговой сварки (наплавки, резки) покрытыми электродами.**

**Прочитайте внимательно материал и дайте правильные ответы на тестовое задание по теме. Отправьте тесты с ответами на электронную почту мастера. (логин моей почты** [**--pwaapt@yandex.ru**](mailto:--pwaapt@yandex.ru)**).**

**Основные металлургические процессы при сварке.**

**§ 1. Особенности металлургии сварки.** Сокращения: металл шва-**МШ**, основной металл-**ОМ**, сварной шов-**СШ**, сварочная ванна-**СВ**, жидкий металл-**ЖМ**

Металлургические процессы при сварке—это процессы взаимодействия жидкого металла с газами и сварочными шлаками, а также затвердевающего металла с жидким и кристаллизующимся шлаком. Эти процессы протекают в период плавления электрода, перехода капли жидкого металла через дуговой промежуток и в самой сварочной ванне.

В отличие от металлургических процессов, протекающих в обычных сталеплавильных печах, сварочный процесс имеет некоторые особенности.

Сварка характеризуется: -- малым объемом нагретого и расплавленного металла (десятки граммов по сравнению с тоннами в мартеновских печах);

--высокой tᵒ нагрева (порядка 2600ᵒС);

--большой скоростью процесса;

--быстрым отводом теплоты из сварочной ванны, окруженной холодными и массивными стенками свариваемого изделия.

--активное взаимодействие расплавленного металла с окружающей газовой средой и шлаками, нагретыми до высокой tᵒ.

Указанные особенности обуславливают кратковременность протекания хим. реакций, которые не всегда могут полностью завершаться. При быстром остывании, процессы затвердевания и кристаллизации МШ сильно ускоряются, что существенно отражается на структуре (строении) МШ и околошовной зоны ОМ.

**§ 2. Окисление и раскисление металла при сварке.**

**1. Окисление металла при сварке.**

МШ окисляется в основном О2, содержащимся в газах и шлаках сварочной ванны. Кроме того, окисление происходит при наличии оксидов (окалины, ржавчины), находящихся на кромках деталей и поверхности электродных проволоки. В процессе нагрева имеющаяся в ржавчине влага испаряется, а содержащийся в ней О2 окисляет металл. Окалина при плавлении превращается в оксид железа с выделением свободного О2. При плохой защите сварочной ванны окисление вызывается О2 воздуха.

О2 с железом (Fe) образуют три оксида: FeО (22,3% О2); Fe3О4 (27,6% О2); Fe2О3 (30,1% О2 ). При высокой tᵒ сварочной дуги в результате реакции Fe+О= FeО образуется низший оксид, который при понижении tᵒ может переходить в высшие оксиды Fe3О4 и Fe2О3. Наиболее опасным для качества СШ является низший оксид FeО, способный растворятся в жидком металле. После остывания СШ ввиду небольшой tᵒ затвердевания FeО остается в нем в виде пленок, окаймляющих зерна, что сильно снижает пластические свойства МШ. Чем больше О2 находится в МШ в виде FeО, тем хуже его механические свойства. Высшие оксиды Fe3О4 и Fe2О3 не растворяются в ЖМ, и если они не всплывают на поверхность СВ, то остаются в МШ в виде шлаковых включений.

Кроме Fe окисляются и другие элементы, находящиеся в стали, например углерод, марганец, кремний. (Mn+O—MnO; Si+O—SiO) Окисление этих элементов приводит к тому, что содержание их в МШ уменьшается. Кроме того, образующиеся оксиды этих элементов могут оставаться в МШ в виде газовых пор и шлаковых включений, что значительно снижает мех. свойства сварных соединений.

**2. Раскисление металла при сварке.**

***Раскислением*** называется перевод растворенного оксида железа FeО в форму нерастворимых соединений с последующим их удалением в шлак. Реакция раскисления выражается в основном теми же уравнениями, что и реакция окисления, но протекают в обратном направлении. Реакция раскисления имеет вид

FeО+R= Fe+RO, где R—раскислитель.

В качестве раскислителей применяют Г, С, Т, Ю, и др. элементы, большим сродством с О2, чем Fe. Раскислители вводятся в СВ через эл. проволоку, покрытия эл-да и флюсы. Например реакция раскисления марганцем проходит по уравнению:

FeO+Mn=Fe+MnO

Оксид марганца малорастворим в Fe, но сам хорошо растворяет в себе оксид железа FeО, увлекая его за собой в шлак.

**§ 3. Рафинирование металла шва.**

Удаление избыточного кол-ва вредных примесей и газов из МШ называют—**рафинированием.** В сталях этими примесями и газами явл.—О2; N2; H2; S; P и др. (если рассматривать легированные стали). Рафинирование выполняют с помощью окислительно- восстановительных хим. реакций, флюсованием, медленным охлаждением, вакуумированием и др. Больше всего очищениеМШ, от вредных примесей, достигается при флюсовании. Некоторые минералы и вещества (например, плавиковый шпат CaF2, рутил TiО2 и др.) при высоких tᵒ обладают свойствами растворять в себе некоторые вредные неметаллические включения и образовывать с ними легкоплавкую смесь, которая всплывает наверх и переводит их из СВ в шлак.

**А)** Рафинирование металла от серы (S) называют ***десульфорацией*** (обессериванием). При содержании **S** более 0,01% снижает мех. прочность, вызывает горячие трещины в МШ. Сераимеет большую склонность к выпадению из раствора в виде сульфида железа FeS. При кристаллизации МШ, из-за низкой tᵒ плавления примеси S заполняют в виде жидкости пространство между кристаллитами и от растягивающих напряжений, возникающих в процессе усадки МШ, образуются горячие трещины в швах.

Снижение прочности стали, при высоких tᵒ, серой называют—***красноломкостью стали.*** Это явление ослабевает введением в металл элементов, большим сродством к сере, чем железо; тогда образуются тугоплавкие и малорастворимые сульфиды, которые поднимаются из СВ в шлак или образуют тугоплавкие сульфиды по границам кристаллитов, но не вызывают горячих трещин. Хим. элементами, которые образуют эти сульфиды, являются марганец, алюминий и др.

СаО, который получают путем разложения мрамора СаСО3 на СаО и СО2.

В последнее время при сварке сталей с повышенным содержанием серы в защитный газ добавляют О2, который окисляет S и образует сернистый газ SО2 улетучивающийся из СВ в атмосферу.

**Б)** Рафинирование МШ от фосфора (Р) называют ***дефосфорацией*** (обесфосфориванием). Фосфор, большинстве марок сталей, явл. вредной примесью который выделяется по границам зерен МШ в виде относительно легкоплавких фосфидов железа Fe3Р (Тпл=1170ᵒС), которые снижают пластичность МШ, особенно ударную вязкость при низких tᵒ. Такое явление называют—***хладноломкостью стали.***

При добавлении в СВ—О2 фосфор образует Р2О5 (фосфорныйангидрид) с малой Тпл=569ᵒС и соответственно быстрым выходом Р2О5 в шлак. Особенно отрицательное влияние Р оказывает МШ стали с содержанием углерода 0,1%и более и кремния 0,5% и более.

С добавлением в МШ оксида кальция СаО, дефосфоризация МШ протекает по реакции: Р2О5 + СаО =Са3Р2О8, плюс нейтральные добавки, обычно плавиковый шпат, тогда фосфаты кальция Са3Р2О8 будут разжижены и поднимутся в сварочный шлак.

**§ 4. Кристаллизация металла шва (МШ) и образование трещин.**

**К р и с т а л л и з а ц и е й -** называется процесс образования зерен из расплавленного металла при переходе его из жидкого состояние в твердое.

Различают ***первичную*** и ***вторичную*** кристаллизации.

***Первичная кристаллизация* (ПК)** протекает при высоких скоростях охлаждения и перехода металла из жидкого состояния в твердое.

***Вторичная кристаллизация* (ВК)** начинается с распада первичной структуры в результате структурных превращений и заканчивается при низких температурах образованием устойчивых нераспадающихся микроструктур.

Температуры, при которых происходят первичная (ПК) и вторичная (ВК) кристаллизации стали, и характер образующейся при этом структуры металла в зависимости от содержания углерода определяют по ***диаграмме состояния ж е л е з о - у г л е р о д.***

Процесс кристаллизации состоит из двух стадий:

- образование центров кристаллизации или зародышей (зачатков);

- рост кристаллов вокруг этих центров.

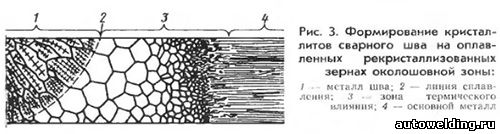
Различают ***самопроизвольное*** и ***несамопроизвольное*** зарождение кристаллов.

**а)** В первом случае **(*самопроизвольной*** ***кристаллизации*)** кристаллизацииобразование зародышей и позднее кристаллов происходит только в высокочистом жидком металле. Образование зачатков кристаллизации объяснят тем, что при охлаждении жидкостей (имеется разность между tᵒ плавления и действительной tᵒ жидкости) самопроизвольно создаются устойчивые группировки атомов, некоторые из которых становятся зародышами кристаллизации.

**б)** Во втором случае **(*несамопроизвольной*** ***кристаллизации*)** кристаллизация начинается с готовых центров кристаллизации. Такими центрами могут быть мелкие тугоплавкие твердые частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в жидкости (их называют модификаторами) или на стенках, соприкасающихся с кристаллизующейся жидкостью.

Растущие кристаллы в металловедении называют **к р и с т а л л и т а м и.**

Кристаллиты растут по различным схемам - послойный рост, ячеистый, дендритный и ячеист-дендритный.



В технически чистых металлах швов преобладает ячеистая структура **(1),** которая представляет собой ряд параллельных игл (ячеек), вытянутых в направлении кристаллизации (в направлении отвода тепла). Продвигаясь в расплав (к центру сварочной ванны) через участок послойного роста (гладкий фронт кристаллизации) **(2)** ячейки укрупняются, на них могут появится ветви второго порядка - и ячеистый рост сменяется дендритным **(3).** При дендритной кристаллизации («дендрон» по гречески - дерево) первоначально вырастает ствол (ось первого порядка) а от него под углом к нему возникают и растут оси второго порядка, от которых могут быть ветви (оси третьего порядка). Одновременно с образованием осей кристаллизации идет заполнение жидким металлом (расплавом) пространства между осями. и происходит формирование кристаллизационной структуры сварного шва.

При однопроходной сварке МШ имеет столбчатое строение. Столбчатый кристаллит в МШ может представлять собой группу ячеек и дендритов. Образование только ячеистой или дендритной или ячеисто-дендритной микроструктуры зависит от чистоты сварочной ванны, распределения при кристаллизации загрязняющих примесей, скорости охлаждения СШ и т.д.

В зависимости от условий сварки размеры столбчатых кристаллитов изменяются в достаточно широких пределах, при дуговой сварке их размер обычно равен 0,3 - 3 мм в поперечном сечении. У корня СШ расположены более мелкие кристаллиты, ближе к центру СШ - крупные со смешанной структурой.

Химический состав МШ внутри каждого кристаллита при сварке сталей неодинаков. Участки кристаллитов, образованных в конце процесса кристаллизации (например, в верху шва при однопроходной сварке), загрязнены примесями в большей степени, чем первые затвердевшие участки кристаллитов (например, в корне СШ). Это называется - ***внутрикристаллитной химической неоднородностью.***

Одним из наиболее опасных дефектов МШ и околошовной зоны являются **г о р я ч и е т р е щ** **и н ы**, образующиеся по границам кристаллитов на завершающем этапе затвердевания (кристаллизационные трещины). Эти трещины образуются из-за загрязнений в МШ. Большинство загрязнений имеют более низкую tᵒ плавления, чем железо. Например, сульфид железа в МШ с tᵒ плавления 1190ᵒС охлаждается медленнее и долгое время и находится между кристаллитами (зернами) в жидком и твердо-жидком состоянии и не может сопротивляться растягивающим силам, возникающим в сварном соединении в процессе усадки МШ и поэтому трещины по границам кристаллитов (или зерен) в местах залегания загрязнений неизбежны.

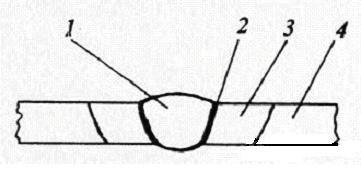
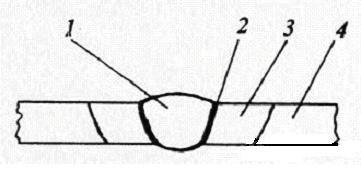
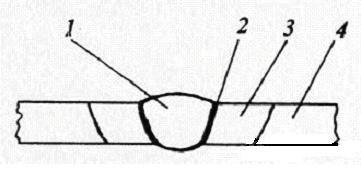
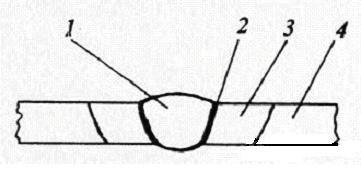
Наряду с горячими трещинами бывают и **х о л о д н ы е.** Холодные трещины как в МШ, так и в ОМ возникают под влиянием водорода, мартенситного превращения и от выпадения с течением времени из раствора частиц сульфидов, фосфидов, нитридов и др.

***Мартенситное превращение*** идет с увеличением объема ЖМ, что вызывает появление внутренних напряжений и трещин.

***Водород***, выпавший при охлаждении металла из раствора, соединяется в молекулы с образованием внутризернистого давления, что усиливает образование трещин.

Соединение, выполненное сваркой плавления, состоит из 4-х зон:

**§ 5. Строение сварного шва.**

Соединение, выполненное сваркой плавлением, состоит из четырех зон: **1—металл шва; 2—зона сплавления; 3—зона термического влияния; 4—ОМ.**

**1.** Основной металл или МШ-металл соединяемых частей.

**2.** Зона сплавления – металл, сосредоточенный по бокам границы между ОМ и МШ. В ней сосредоточены хим. неоднородность, концентрация напряжений, что является результатом плохого перемешивания в пограничном слое металла между СВ и ОМ. В этой зоне металл отличается от соседних участков хим. составом и мех. свойствами. Толщина этой зоны выражается микронами, но по работоспособности СК ее роль очень велика. В этой зоне возникают трещины и несплавления металлов. Хим. неоднородность, возникающая в металле сплавления, приводит к высоким структурным напряжениям, а отсюда к трещинам.

**3.** Зона термического влияния—участок ОМ, неподвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменяются в результате нагревания и пластической деформации при сварке.

**4**. ОМ—металл соединяемых частей.

**Зачет по МДК 02.01 № 7. «Металлургические процессы при сварке и строение сварного шва».**

**1. Перечислите основные отличия металлургических процессов при сварке от процессов, протекающих в обычных сталеплавильных печах:**

а)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_б)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_в)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ г)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_д)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**2. Какие металлургические процессы протекают в сварочной ванне при сварке покрытыми электродами:**а) окисление  
б) раскисление  
в) легирование  
г) все варианты ответов

**3. Из за чего происходит окисление металла шва:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**4. Какой оксид железа является наиболее опасным для качества сварного шва:**

а) FeO; б) Fe3O4; в) Fe2O3;

**5. Какие химические элементы применяют в качестве раскислителей металла шва:**

**6. Что означает термин - рафинирование металла шва: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**7. Что означает термины -- *десульфорация* и *дефосфорация*:**

**а) *десульфорация это\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* б) *дефосфорация это\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

**8. Водород образует в металле шва при сварке:**а) поры;  
б) непровары;  
в) кратеры;

г) холодные трещины;

д) горячие трещины.

**9. Снижение прочности при высоких температурах (красноломкость) в сталях вызывает:**  
а) высокое содержание углерода;  
б) повышенное содержание серы;

в) повышенное содержание фосфора;

г) повышенное содержание азота.

**10. Снижение пластичности металла шва или ударной вязкости при низких температурах (хладноломкость) в сталях вызывает:**

а) высокое содержание углерода;  
б) повышенное содержание серы;

в) повышенное содержание фосфора.

**11. Температура плавления стали находится в промежутке:**  
а) 900–1000 градусов  
б) 1200–1600 градусов  
в) 1600–1700 градусов

**12. Горячие трещины в металле шва и околошовной зоне вызваны:**

а) большим содержанием легирующих элементов в сталях;

б) большим содержанием углерода в сталях;

в) большой загрязненностью металла шва;

г) большим содержанием водорода в металле шва.

**13. Холодные трещины в металле шва и околошовной зоне вызваны:**

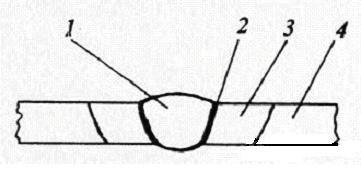
а) большим содержанием легирующих элементов в сталях;

б) большим содержанием углерода в сталях;

в) большой загрязненностью металла шва;

г) большим содержанием водорода в металле шва.

**14. Как влияет уровень легирования стали на ее свариваемость:**  
а) улучшается  
б) ухудшается  
в) остается без изменений

**12. Обозначьте основные зоны строения сварного шва указанных на рисунке:**

**1.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 3.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 4.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**13. Зона термического влияния – это:**  
а) участок основного металла, подвергшийся расплавлению  
б) участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура которого изменяется  
в) участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура которого не меняется

**Фамилия, № группы и логин своей эл. почты\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**