**§ 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.