



**Презентация на тему:  
Горячие и холодные трещины**

**Выполнил:**

**Хадорик А. Д.  
Группа 111**



**В процессе сварки могут образовываться горячие и холодные трещины. Наибольшей склонностью к горячим трещинам обладают сплавы, содержащие около 5% Cr и 1,0—2,5% C, и сплавы, содержащие 9—10% Cr и 0,9—1,2% C.**

● **Горячие трещины – это трещины, которые образуются при высоких температурах, близких к солидусу металла, при которых металл когерентен, но при этом крайне хрупок. Образование горячих трещин может происходить в сварочных металлах и в зоне термического влияния. Почти все металлы (такие как углеродистая сталь, низколегированная сталь, аустенитная нержавеющая сталь, никелевые и алюминиевые сплавы) могут в той или иной мере быть подвержены этому дефекту.**

●

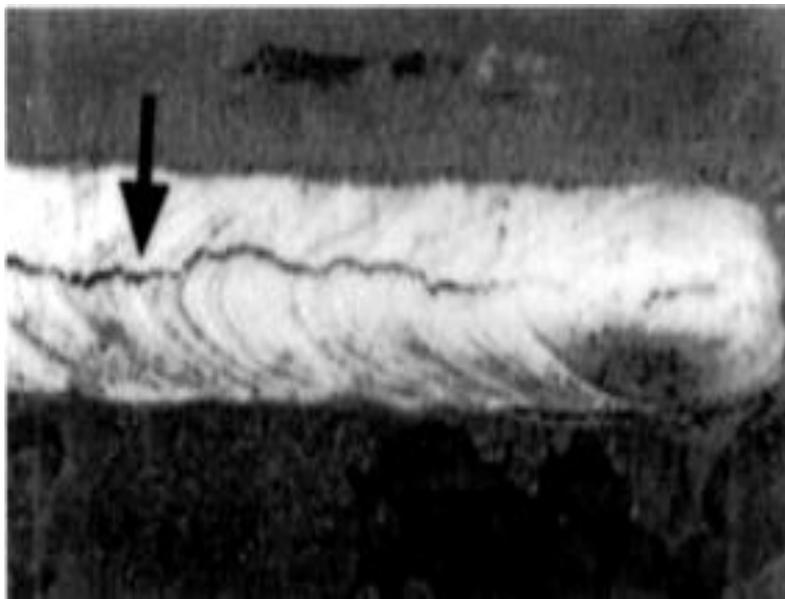


Для профилактики горячих трещин при сварке аустенитных нержавеющих сталей и никелевых сплавов следует минимизировать межваликовую температуру до уровня ниже 150°C.

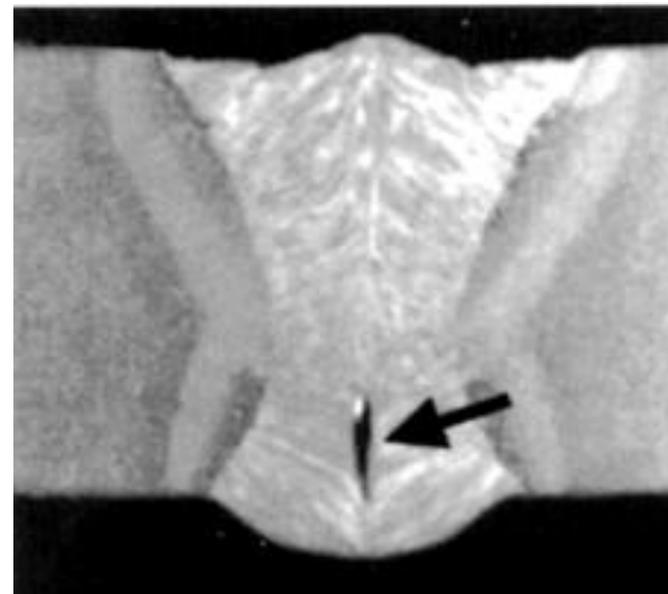
- **Недостаточная пластичность при высоких температурах, приводящая к охрупчиванию около солидуса, обычно вызывается формированием межкристалльных жидких прослоек из примесей в металле, в особенности серы и фосфора. Обе эти примеси реагируют с элементами основы и создают соединения с низкой температурой плавления (ниже, чем у основы), тем самым ослабляя межкристалльную целостность. Недостаточные связи на границе кристаллов, в свою очередь, приводят к появлению трещин, образованию которых способствует растягивающее напряжение, вызванное сокращением сварного шва. Горячие трещины также известны как «усадочные трещины», которые образуются при сильном охлаждении расплавленного сварочного металла, а также «трещины плавления», которые образуются в зоне термического влияния базового металла и сварочного металла, находящихся в твердом состоянии, под воздействием температуры сварочной дуги.**

● Горячие трещины обычно образуются в продольном направлении по оси сварного шва, располагаясь в его центре, однако они могут образовываться и поперек оси шва, в зависимости от направления растягивающего напряжения. На Рисунке 1 показана продольная горячая трещина на поверхности сварного шва. Еще одна горячая трещина, показанная на Рисунке 2, представляет собой продольную трещину, образовавшуюся внутри сварочного металла.

● **Рис. 1**



**Рис. 2**



● **Холодное растрескивание - это, как правило, трещины, самопроизвольно образующиеся в при температурах ниже 200°C после полного затвердевания металла по завершении сварки. Холодное растрескивание может произойти спустя несколько часов или дней после сварки. Это явление называется замедленным разрушением. Холодное растрескивание с большой вероятностью происходит во всех ферритных и мартенситных сталях, таких как углеродистые, низколегированные и высоколегированные стали, если не были приняты соответствующие меры для его профилактики, главным образом, предварительный подогрев.**



Повторная просушка покрытых электродов эффективна для профилактики холодных трещин.

● **Холодные трещины, как показано на фото 1 и 2, обычно вызываются сочетанием таких факторов, как низкая пластичность сварного шва, а также остаточное напряжение и присутствие диффузионного водорода в сварном шве. Пластичность сварного шва может снижаться при высоком углеродном эквиваленте и при быстром остывании после затвердевания. Остаточное напряжение в сварном шве может быть большим, чем предполагается, если в нем присутствуют такие неоднородности, как неполное расплавление, неполная глубина проплавления, захлесты, подрезы, шлаковые включения и пористость. Источником диффузионного водорода в сварных швах является, главным образом, влажность в самом сварном изделии и в воздухе.**

**Рис.1**



**Рис.2**



- **Таким образом, холодное растрескивание можно предотвратить путем контролирования трех основных факторов — низкой пластичности, остаточного напряжения и наличия диффузионного водорода.**

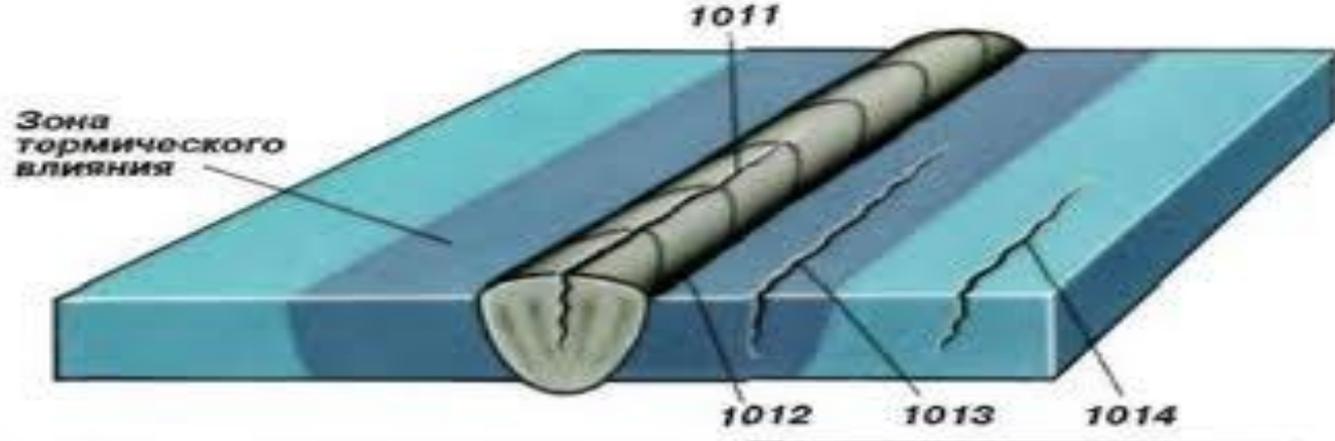
**Следует:**

**(1) Произвести предварительный нагрев основного металла, чтобы замедлить остывание сварного шва. Это позволяет предотвратить охрупчивание сварного шва и удаляет из него растворенный водород.**

**(2) Избежать неоднородностей сварного шва, чтобы не допустить концентрации напряжения.**

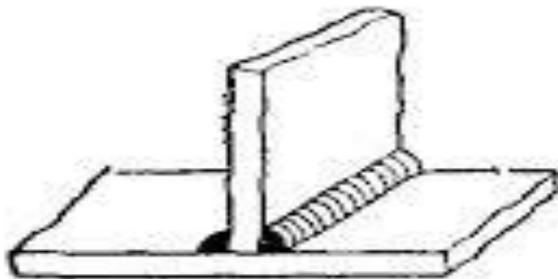
**(3) Использовать низководородные сварочные материалы для минимизации содержания диффузного водорода в сварных швах.**

- **ПРОДОЛЬНЫЕ, ПОПЕРЕЧНЫЕ И ДР.ВИДЫ ТРЕЩИН ПРИ СВАРКЕ МЕТАЛЛОВ**
- **Продольная трещина - это трещина, ориентированная параллельно оси сварного шва. Продольные трещины могут возникать в металле сварного шва, на границе сплавления, в зоне термического влияния и в основном металле. Конфигурация трещин в основном определяется очертаниями линии сплавления основного металла и шва. Продольные трещины возникают как из-за наличия высокотемпературной хрупкости сплавов (горячие трещины), так и при замедленном разрушении металла (холодная трещина).**

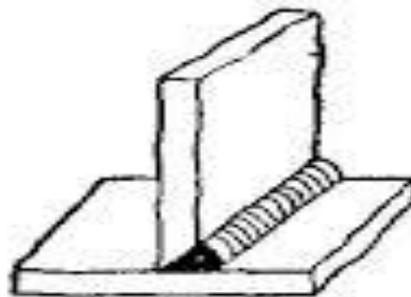


- **Продольные трещины в основном металле, смежном со сварным швом, возникающие из-за высокого напряжения, вызванного сжатием в сварном шве, называют скрытыми трещинами. Разрыв вызывается нарушением сцепления и связей вдоль рабочего направления основного металла. Трещины обычно проходят строго параллельно линии сплавления и внешне похожи на ступеньки.**
- **Большие сварочные напряжения, вызывающие скрытые трещины, в большей или меньшей степени присущи всем сварным соединениям, особенно сварным швам больших толщин. Основные причины, вызывающие недопустимые сварочные напряжения, - это слишком жесткое соединение и несоблюдение или неправильный выбор технологии сварки. С уменьшением сварочных напряжений уменьшается вероятность появления скрытых трещин**

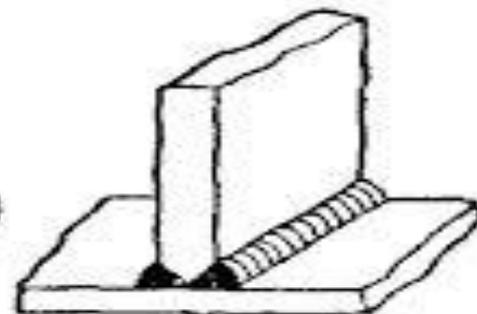
- **Для снижения уровня сварочных напряжений необходимо:**
- **во время сварки допускать небольшие перемещения свариваемых частей;**
- **по возможности использовать многопроходную сварку;**
- **производить проковку каждого слоя наплавленного металла;**
- **отжигать готовое изделие при температуре 590-650 °С, продолжительность отжига составляет по одному часу на каждые 25 мм толщины основного металла;**
- **применять сварочную технологию, снижающую вероятность образования скрытых трещин;**
- **применять сварочную технологию, при которой все свариваемые части имеют неограниченную свободу перемещения;**
- **при сварке сталей, склонных к образованию горячих и холодных трещин, производить наплавку высокопластичного промежуточного слоя, если это позволяет получаемая прочность соединения.**



двустороннее  
без разделки



одностороннее  
с разделкой



двустороннее  
с разделкой

- **При сварке тавровых соединений при толщине металла более 20 мм следует учитывать, что двухсторонний сварной шов вызывает меньшие напряжения, чем односторонний. Двухсторонний сварной шов без разделки кромок имеет меньшие напряжения в околошовной зоне, чем двухсторонний с разделкой кромок и полным проплавлением корня. Односторонний сварной шов с большой величиной катета следует заменять на двухсторонний с меньшим катетом. Изменение формы разделки углового соединения является наиболее эффективной мерой предупреждения образования скрытых трещин. Наплавка мягкой, высокопластичной прослойки на 15-25 мм шире сварного шва и толщиной 5-10 мм или наложение на одну из поверхностей разделки высокопластичных валиков за счет пластической деформации мягкой прослойки позволяет в значительной мере уменьшить напряжения в околошовной зоне.**