# Понятие о свариваемости

- По ГОСТ 26001—84 свариваемость — свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

- Различают свариваемость ***физическую*** и ***технологическую***.
- Под физической свариваемостью понимают принципиальную возможность получения монолитных сварных соединений, что особенно важно при сварке разнородных материалов.
- Технологическая свариваемость есть реакция материала на сварочный термодеформационный цикл и металлургическое воздействие сварки. Эта реакция оценивается, например, при сравнивании механических свойств металла сварных соединений и одноименных свойств основного металла (например, твердости, ударной вязкости и др.).

- Кроме названных ранее показателей, под свариваемостью подразумевают также стойкость против образования трещин и обеспечение специальных свойств (коррозионной стойкости, прочности при высоких или низких температурах, сопротивления хрупкому разрушению). При наплавке деталей, работающих на истирание,
особое значение приобретает их износостойкость, т.е. в понятие свариваемости входит прочность связи наплавленных слоев.

- Для углеродистых сталей эта характеристика связана в первую очередь с содержанием в них углерода. Под хорошей свариваемостью низкоуглеродистой стали, предназначенной для изготовления конструкций, работающих при статических нагрузках, понимают возможность при обычной технологии получить сварное соединение, равнопрочное с основным металлом, без трещин в металле шва и без снижения пластичности в околошовной зоне.

- Для оценки свариваемости проводят ряд испытаний, выбор которых обусловлен назначением сварной конструкции и теми изменениями в структуре и свойствах, которые происходят в материале под влиянием сварки. Так, при сварке сплавов с широким интервалом кристаллизации под действием возникающих при затвердевании растягивающих напряжений возможно образование кристаллизационных горячих трещин, являющихся весьма серьезным дефектом.
- Стойкость металла сварных соединений против кристаллизационных трещин — один из важнейших показателей свариваемости.

# Методы оценки свариваемости металлов

- Все испытания, проводимые для определения показателей свариваемости, условно можно разделить на две основные группы.
- К ***первой*** группе относят испытания, проводимые при разработке новых марок сплавов, новых способов сварки и сварочных материалов. Эти испытания проводят, как правило, в лабораторных условиях.
- Ко ***второй*** группе относят испытания, применяемые при проверке пригодности изученного сплава или сварочного материала для изготовления новых конструкций. Испытания второй группы, как правило, производят в заводских условиях.

Методы определения показателей свариваемости можно разделить на:

- прямые, при которых оценку производят путем сварки по выбранной технологии образцов заданной формы.
- косвенные, при которых сварочный процесс заменяют другим, имитирующим его процессом. Косвенные методы испытания следует рассматривать только как предварительные.
- Методы и типы образцов обычно выбирают исходя из стремления максимально приблизить условия испытаний к реальному нагружению сварного соединения в конструкции.

# Определение стойкости металла против образования горячих трещин

Стойкость металла против образования горячих трещин согласно ГОСТ 26389—84 характеризуют по результатам:

- машинных методов испытаний, основанных на принудительном (под действием внешних сил) деформировании образцов, подвергнутых сварочному нагреву, в температурном интервале образования горячих трещин;
- технологических методов, или проб, в которых условия деформирования в температурном интервале образования горячих трещин регулируют выбором формы и размеров образцов, последовательности и режимов сварки.

# Способы и критерии оценки склонности к холодным трещинам

- по характеру процедуры оценки — на косвенные и прямые
- по характеру показателей — на количественные, полуколичественные и качественные
- по характеру использования результатов оценки — сравнительные и прикладные

- ***Косвенные*** способы позволяют оценить склонность к образованию холодных трещин расчетным путем без непосредственного испытания материалов
- ***Прямые*** *способы* предусматривают сварку технологических проб, проведение специализированных испытаний сварных соединений или основного материала, подлежащего сварке, в условиях, имитирующих сварочные

- *Количественные критерии* склонности к образованию холодных трещин имеют численное выражение, связанное с изменением одного из факторов, контролирующих процесс образования трещин.
- Если при определении показателей склонности к холодным трещинам одновременно изменяются несколько активных факторов, а критерий оценки является числовой характеристикой одного из них, то критерий следует считать *полу количественным.*
- *Качественные* критерии не имеют количественного выражения и, по существу, служат для отбраковки материала.

- Способы оценки, критерии которых могут быть использованы только для сопоставления материалов или технологических вариантов сварки с целью выбора лучших, относят к *сравнительным.*
- Способы, позволяющие оценить стойкость против трещин реальных сварных конструкций, относят к *прикладным.*

# Определение механических свойств сварного соединения

- Для обеспечения нормальной работы конструкции сварное соединение должно обладать необходимой и достаточной прочностью и пластичностью, коррозионной стойкостью и другими свойствами.
- Для определения прочности и пластичности металла шва и сварного соединения применяют комплекс испытаний, в том числе при статических и ударных нагрузках.

- Испытания, регламентируемые ГОСТ 6996—66, предусматривают отбор образцов из реальных конструкций или из специальных узлов или макетов, сваренных в условиях, полностью повторяющих условия сварки реальной конструкции
- Обычно испытания проводят при комнатной температуре, однако в соответствии с техническими условиями на данный вид продукции их могут провести как при пониженных, так и при повышенных температурах

- Кроме приведенных видов испытаний ГОСТ 6996—66 предусматривает испытания на изгиб при продольном и поперечном расположениях шва
- Для определения изменения свойств в отдельных участках сварного соединения и степени неоднородности металла шва, околошовной зоны и основного металла измеряют твердость металла в этих участках по Виккерсу или Роквеллу и микротвердость

# Классификация сталей по свариваемости

| Группа | Свариваемость | Эквивалент углерода $C_{экв}$ | Характеристика условий сварки | Марка сталей |
|---|---|---|---|---|
| I | Хорошая | ≤ 0,25 | Свариваются любыми способами без применения особых приемов (подогрев, термическая обработка) | Ст2, Ст3, 10, 15Г, 10Г2, 09Г2, 10Г2С |
| II | Удовлетворительная | 0,25—0,35 | Требуются строгое соблюдение режимов сварки, применение специального присадочного материала, тщательная очистка свариваемых кромок, в отдельных случаях — предварительный и сопутствующий подогрев до температуры 100—150 °С, термическая обработка | 15ГС, 15ХМ, 10ХСНД, 14ХГС, 15ХСНД, 18Г2С, 15ХГСА |
| III | Ограниченная | 0,35—0,45 | Требуется подогрев до температуры 250—400°С и после сварки отпуск Перед сваркой стали подвергают термической обработке. Склонны к образованию трещин при сварке без подогрева | 12Х1МФ, 20ХМФА, 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФА, 30ХГС, 35Г2, 30ХМ, 10ГН2МФА, 15Х2НМФА |
| IV | Плохая | ≥ 0,45 | Высокая склонность к появлению трещин в шве и околошовной зоне, несмотря на применение специальных технологических мер: подогрева, промежуточного отпуска и т.д. Обязательны при сварке подогрев, предварительная и последующая термическая обработка | 45Х, 45Г, 40Г2, 40ХС, 40ХМФА, 35ХГСА, 30ХН3А, 40ХН2МА, 36Х2Н2МФА |