

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 термомодеформационный цикл и металлургическое воздействие сварки. Эта реакция оценивается, например, при сравнении 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 $C_{эв}$	Характеристика условий сварки	Марка сталей
I	Хорошая	$\leq 0,25$	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	$\geq 0,45$	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