

Упрощение выбора материалов

Руководство по подбору материалов для снижения воздействия коррозии



Swagelok®

Указатель

Выбираем уверенно	3
Что такое коррозия	4
Меры предупреждения коррозии	5
Определение видов коррозии и выбор материалов	6
Подбор подходящих материалов	6
Сплошная (общая) коррозия	7
Местная коррозия: точечная и щелевая коррозия	8
Точечная коррозия	9
Щелевая коррозия	10
Коррозионное растрескивание под напряжением (SCC)	11
Растрескивание под воздействием высокосернистой среды, или сульфидная коррозия (SSC)	12
Водородное охрупчивание	13
Межкристаллитная коррозия (IGC)	14
Электрохимическая коррозия	15

Нержавеющая сталь 316	16
Сплавы 6Mo	17
Сплав супердуплексной нержавеющей стали 2507	18
Сплав 825	19
Сплав 625	20
Сплав C-276	21
Сплав 400	22
Титановые сплавы	23
Сочетания компонентов из различных сплавов	24

Разъяснение требований и стандартов	25
Требования стандарта NACE®	26
Обзор стандарта NACE MR0175 / ISO 15156	27
Требования NACE к трубным обжимным фитингам из супердуплексного сплава 2507	28
Требования NACE к стандартным трубным обжимным фитингам и трубным обжимным фитингам среднего давления из сплава 625	29
Требования NACE к трубным обжимным фитингам, трубным фитингам и фитингам под приварку из сплава 6Mo	30
Стандарты Norsok	31

Узнайте больше	33
Учебный курс по материаловедению	33
Дополнительные ресурсы	34
Качество и надежность	34
Учебный курс по продуктам и системам	35
Услуги оценки и консультационная поддержка	35
Решения «под заказчика»	35
Поиск технического консультанта	35
Статьи	36
Справочное руководство	36
Отчеты об испытании продукции	36
NACE	36

Подбор изделий с учетом требований безопасности	37
--	-----------

На морской платформе может находиться до 15 000 метров труб, более 20 000 компонентов жидкостных и газовых систем, не менее 10 000 фитингов и до 8000 трубопроводных соединений.

Очевидно, что выбрать один определенный материал — нелегкая задача.

На самом деле, при подборе материалов для использования в линиях КИП, гидравлических линиях, системах впрыска химреагентов, дренажных системах и во многих других следует учитывать множество различных факторов.

Именно в этом может оказать помощь компания Swagelok. Мы занимаемся борьбой с коррозией с 1947 года. Мы упрощаем задачу выбора благодаря нашему глубокому пониманию факторов, способствующих возникновению коррозии, а также свойств материалов для борьбы с ней. Мы используем сплавы, содержащие как минимум два, а зачастую до десяти различных компонентов в оптимальной концентрации, что обеспечивает превосходную коррозионную стойкость наших материалов и более эффективную работу наших изделий.

Например:

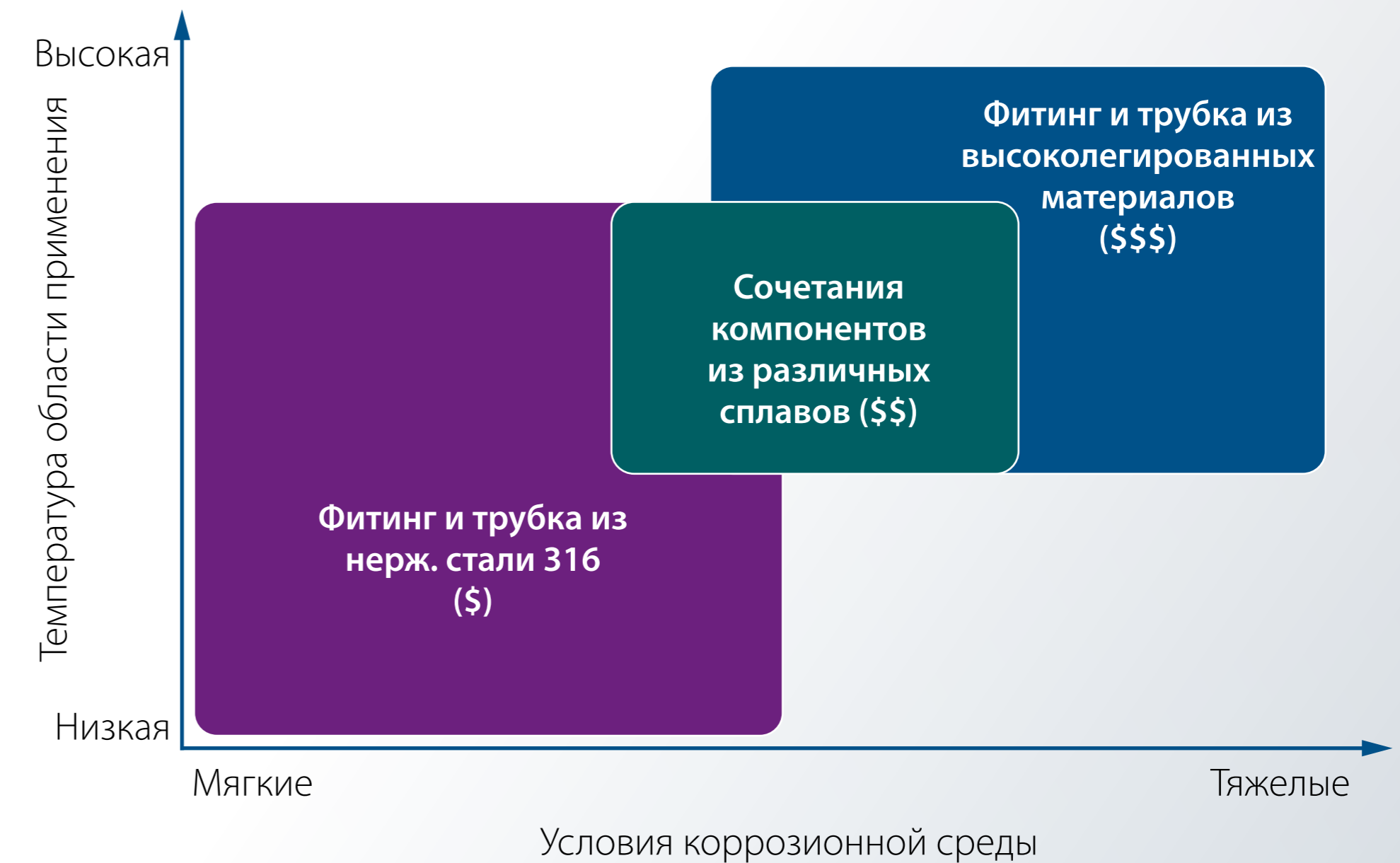
никель [Ni] + медь [Cu] = сплав 400 (Monel®);

железо [Fe] + никель [Ni] + хром [Cr] + молибден [Mo] = аустенитная нержавеющая сталь 316.

Благодаря строжайшим мерам контроля качества, персоналу с экспертной подготовкой, а также сети авторизованных центров продаж и сервисного обслуживания компания Swagelok предлагает превосходную продукцию для самых тяжелых условий эксплуатации. С нашей помощью заказчики могут не сомневаться в правильности выбора материалов. Swagelok может существенно улучшить работу вашего предприятия.

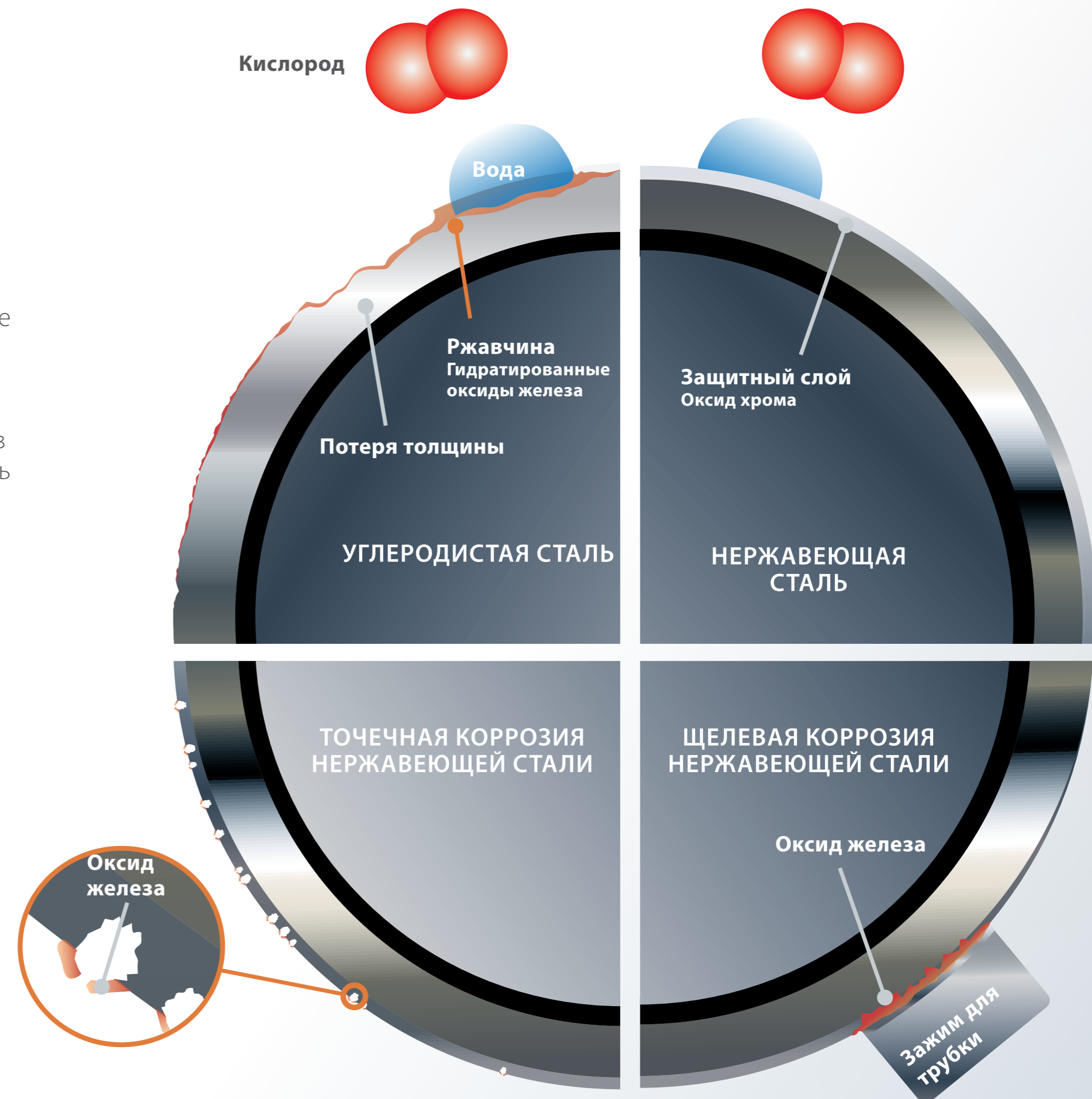
Выбор сплавов для фитингов и трубок

Соображения области применения и стоимости



Практически все металлы подвержены коррозии при определенных условиях.

Коррозия — это физическое самопроизвольное разрушение материала при взаимодействии со средой. Коррозия происходит при окислении атомов металла под влиянием жидкости или газа, что ведет к утрате материала на его поверхности. В результате этих потерь толщина стенок компонента уменьшается, что делает его более уязвимым для механических повреждений. Практически все металлы подвержены коррозии при определенных условиях. К примеру, ржавчина является обычным явлением, сопутствующим коррозии, в результате которого происходит разрушение железа и образование оксида железа. Вместе с тем, существует множество других видов коррозии. Каждый вид коррозии представляет опасность, которую необходимо оценить при выборе наиболее подходящего материала для вашей области применения.



Общие ежегодные убытки от коррозии в нефтегазодобывающей отрасли в целом оцениваются в размере 1,3 млрд долл. США.

У производителей нефти и газа эта проблема может вызвать особенно большие издержки. По оценкам NACE International совокупные ежегодные расходы, связанные с коррозией, составляют 1,3 млрд долл. США¹ для всей нефтегазовой отрасли. Однако если персонал может выявить коррозию визуально и знает, где ее искать, риск можно свести к минимуму. Но еще лучше, если инженеры могут прогнозировать возникновение коррозии и делать правильный выбор. Это улучшает целостность системы, долговечность основных фондов, рабочие характеристики и безопасность.

Чтобы уменьшить влияние коррозии в ваших системах, воспользуйтесь следующими рекомендациями.

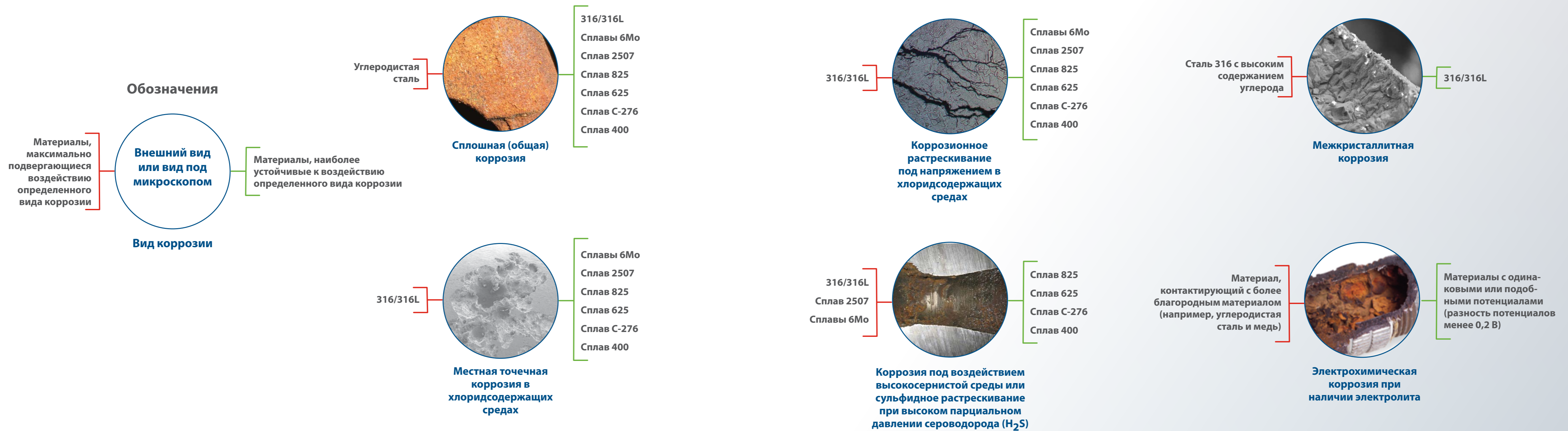
- Определяйте виды коррозии — как она выглядит, где и по каким причинам возникает
- Выбирайте материалы, стойкие к коррозии
- Сведите к минимуму количество мест, в которых может возникнуть щелевая коррозия
- Избегайте контакта разнородных металлов — это может вызвать электрохимическую коррозию
- Чтобы снизить риск возникновения коррозии, учитывайте все аспекты — от опор и хомутов до самих трубок
- Изучите требования и стандарты
- Узнайте больше с помощью обучения и других ресурсов

¹По оценкам NACE International (NACE) в 2002 г.



Для выбора правильного материала следует начать с источника проблемы.

Ниже представлена более подробная информация о многих видах коррозии, материалах, максимально подвергающихся ее воздействию, и материалах, наиболее устойчивых к каждому виду воздействия.



Общая (или равномерная) коррозия

Легко распознаваемая: поверхность равномерно покрыта красной ржавчиной

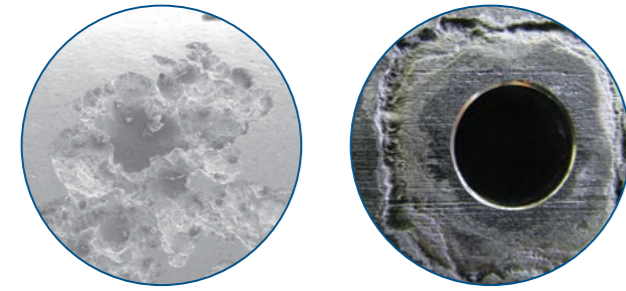
Описание. Наиболее известный вид коррозии является также самым простым для обнаружения и предупреждения. Случаи, когда общая коррозия приводит к катастрофическим последствиям, хоть и редко, но встречаются. По этой причине общую коррозию часто считают косметической, а не серьезной проблемой. Общая коррозия распространяется по поверхности металла относительно равномерно. При расчете номинальных параметров давления необходимо учитывать постепенное уменьшение толщины стенок компонента.

Причины образования. В морской или иной коррозионной среде поверхность углеродистой или низколегированной стали начинает разрушаться, в результате чего возникает тонкая пленка оксида железа, которая со временем утолщается и затем откалывается, после чего образуется новая пленка.

Общую коррозию можно оценить следующими способами.

- Скорость потери материала из расчета на один год. Например, толщина незащищенной углеродистой стали в морской среде может уменьшаться на 1 мм каждый год.
- Потеря массы сплава при контакте с коррозионными средами обычно измеряется в миллиграммах на квадратный сантиметр подверженного воздействию материала в день.





Местная коррозия: точечная и щелевая коррозия

Обычно наблюдается в морской среде

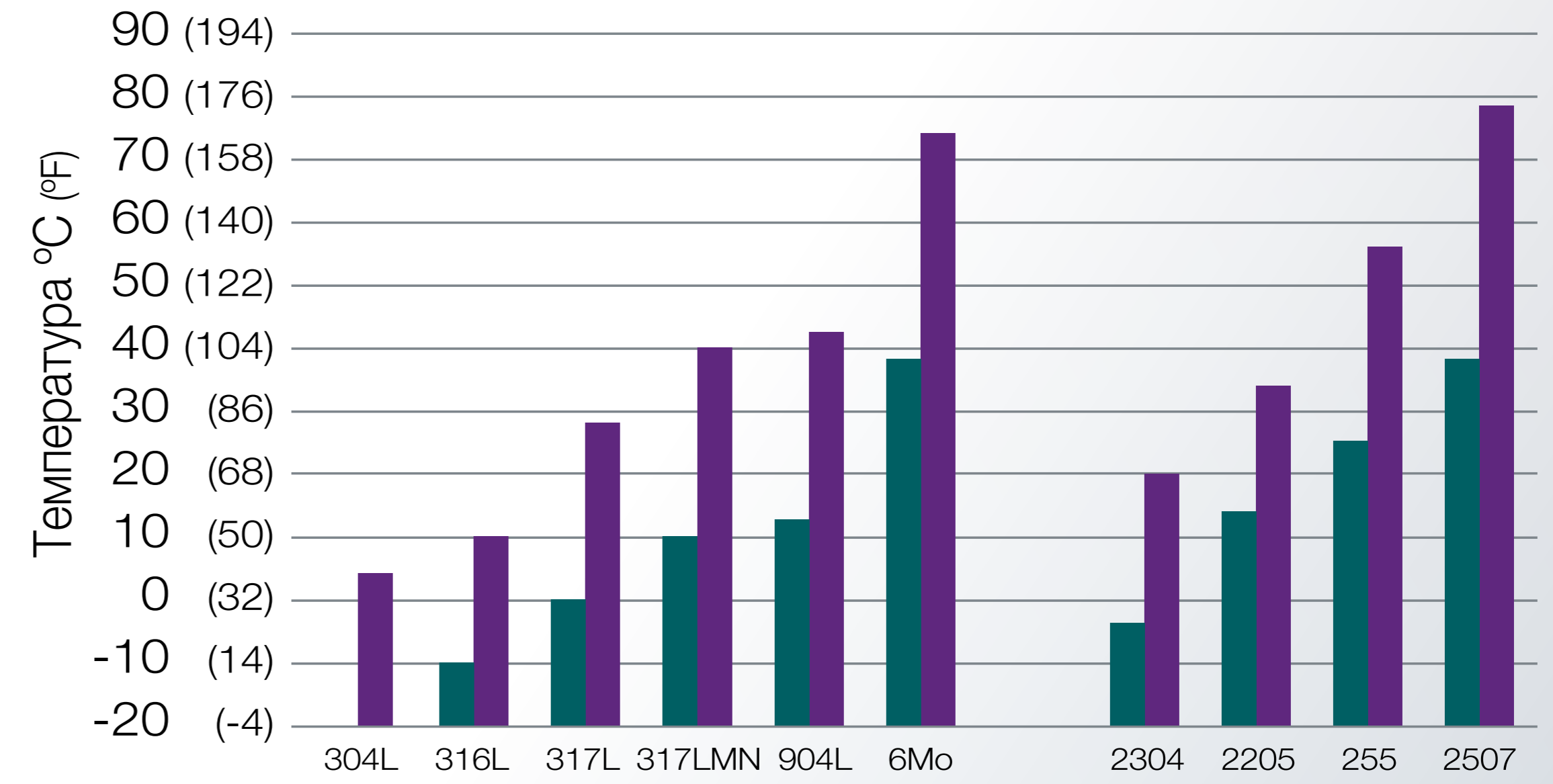
Описание. Как точечную, так и щелевую коррозию обнаружить труднее, чем общую коррозию, что усложняет выявление, прогнозирование и инженерные меры защиты от нее.

Причины образования. При воздействии содержащих хлориды жидкостей защитный оксидный слой материала может разрушаться. Устойчивость материала к местной коррозии тем выше, чем выше его критическая температура точечной коррозии (CPT) и критическая температура щелевой коррозии (CCCT). Это самые низкие температуры, при которых наблюдается точечная и щелевая коррозия. Способы измерения CPT и CCCT описаны в стандарте ASTM G48.

➤ Изучите точечную коррозию

➤ Изучите щелевую коррозию

Материал имеет значение. Дополнительную информацию см. в статье [Точечная и щелевая коррозия](#), опубликованной в журнале *World Oil*.

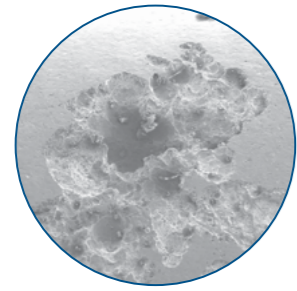


- Измеряется по методу, описанному в стандарте ASTM G48, в 10-процентном растворе хлорида железа

■ CPT ■ CCCT

Щелевая коррозия может происходить при более низких температурах, чем точечная коррозия. Например, если взять нержавеющую сталь 316L, то в 10-процентном растворе хлорида железа точечная коррозия может начаться при 10 °C (50 °F), а щелевая коррозия может возникнуть уже при температуре -10 °C (14 °F).

Источник: *Practical Guidelines for the Fabrication of Duplex Stainless Steels*, Int. Molybdenum Assoc., 2001



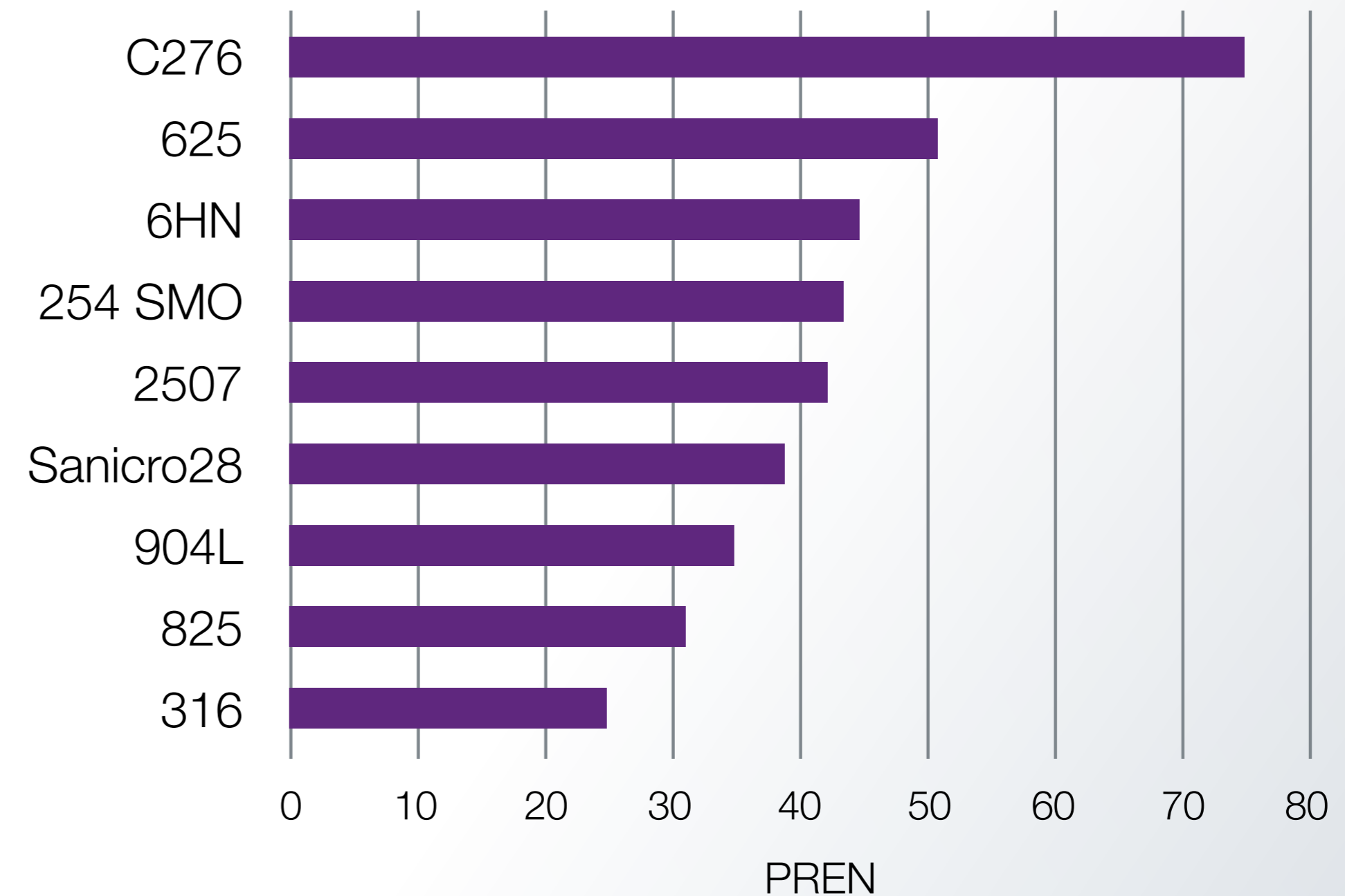
Точечная коррозия

Обычно наблюдается в средах с высоким содержанием хлоридов при повышенных температурах

Описание. Точечная коррозия состоит в образовании небольших поражений, или точек, на поверхности материала.

Обнаружить очаги коррозии можно при тщательном визуальном осмотре, однако они могут распространяться вглубь вплоть до образования сквозного отверстия в стенке трубы. Точечная коррозия чаще наблюдается в средах с высоким содержанием хлоридов при повышенных температурах.

Причины образования. При разрушении защитного слоя оксида (или пассивного оксидного слоя) на поверхности металлу свойственно терять электроны. Это приводит к следующему: железо в металле переходит в раствор с обладающим более анодными свойствами дном точки, а также окислению с образованием оксида железа или ржавчины. Концентрация раствора хлорида железа в точке может усиливаться по мере углубления выемки. Эти изменения ведут к ускоренному углублению точки, перфорации стенок трубок и возникновению утечек.



$$PREN = \%Cr + 3,3 \times (\%Mo + 0,5W) + 16 \times \%N$$

Более высокие значения PREN показывают более высокую стойкость материала к точечной коррозии.

Лучший способ предотвращения точечной коррозии — правильный выбор сплава. Сравнение различных металлов и сплавов можно произвести с помощью числового эквивалента стойкости к точечной коррозии (Pitting Resistance Equivalence Number, PREN), который вычисляется на основе химического состава материала. Значение PREN возрастает по мере увеличения уровней содержания в материале хрома, молибдена и азота.



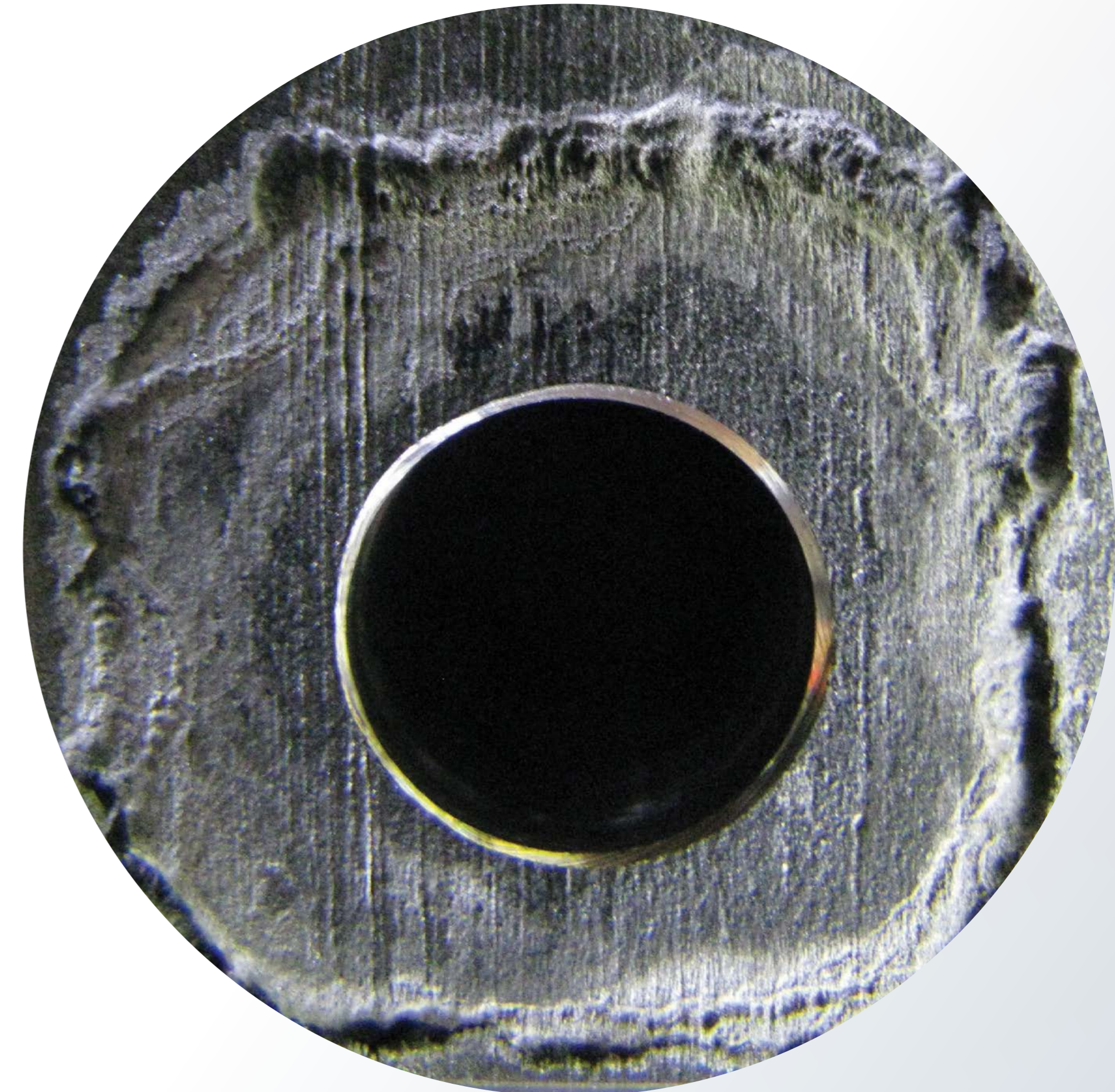
Щелевая коррозия

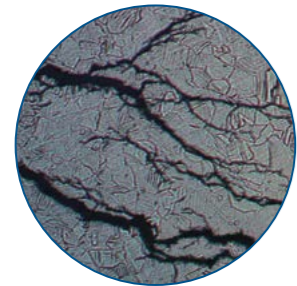
Местная коррозия в условиях ограниченного пространства

Описание. В жидкостной или газовой системе щели имеются между опорами или хомутами и трубками, между соседними трубопроводами, а также под слоем грязи и отложений, которые могут скапливаться на поверхностях. Избежать образования щелей в трубопроводных конструкциях практически невозможно, и узкие щели представляют собой наибольшую опасность с точки зрения образования коррозии.

Причины образования. Подобно точечной коррозии щелевая коррозия образуется при нарушении пассивного оксидного слоя, защищающего металл. В результате такого нарушения образуются небольшие точечные очаги. Точечные очаги коррозии разрастаются и углубляются, пока не распространятся по всей щели. В некоторых местах в стенках трубок могут возникнуть сквозные отверстия. Щелевая коррозия происходит при значительно более низких температурах, чем точечная коррозия.

Материал имеет значение. При проникновении морской воды в трещину некоторая часть ионов железа (Fe^{++}) растворяется и не может быстро покинуть трещину. В соленой воде имеющие отрицательный заряд ионы хлора (Cl^-) притягиваются к этим положительно заряженным ионам железа Fe^{++} и также проникают в трещину. По мере увеличения концентрации хлорида раствор в трещине становится все более коррозионно-активным, что ведет к растворению еще большего количества железа, в результате чего в трещину под воздействием молекулярного притяжения проникает еще больше ионов хлора. В итоге раствор в трещине становится более концентрированным, с высоким содержанием хлорида, который является сильной коррозионной средой.





Коррозионное растрескивание под напряжением (SCC)

Свойственно нержавеющей сталям (под воздействием хлоридов), сталям мягких сортов (под воздействием щелочи) и латуни (под воздействием аммиака)

Описание. Коррозионное растрескивание под напряжением (SCC) является опасным, поскольку может разрушать компонент при уровне напряжения ниже предела текучести сплава. В присутствии ионов хлора аустенитные нержавеющие стали подвержены коррозионному растрескиванию под напряжением. Ионы вступают во взаимодействие с материалом в верхней части трещины, где растягивающие напряжения имеют наивысшее значение, что создает благоприятные условия для роста трещины. Распространение коррозионного растрескивания под напряжением сложно обнаружить, окончательное разрушение может возникнуть внезапно.

Причины образования. Чтобы произошло коррозионное растрескивание под напряжением, требуется одновременное соблюдение трех условий.

- Металл должен быть подвержен коррозионному растрескиванию под напряжением (SCC).
- Должны присутствовать внешние факторы (поток жидкости / газа или температура), способствующие коррозионному растрескиванию под напряжением.
- Растягивающее напряжение (приложенное + остаточное) должно превышать критический уровень.

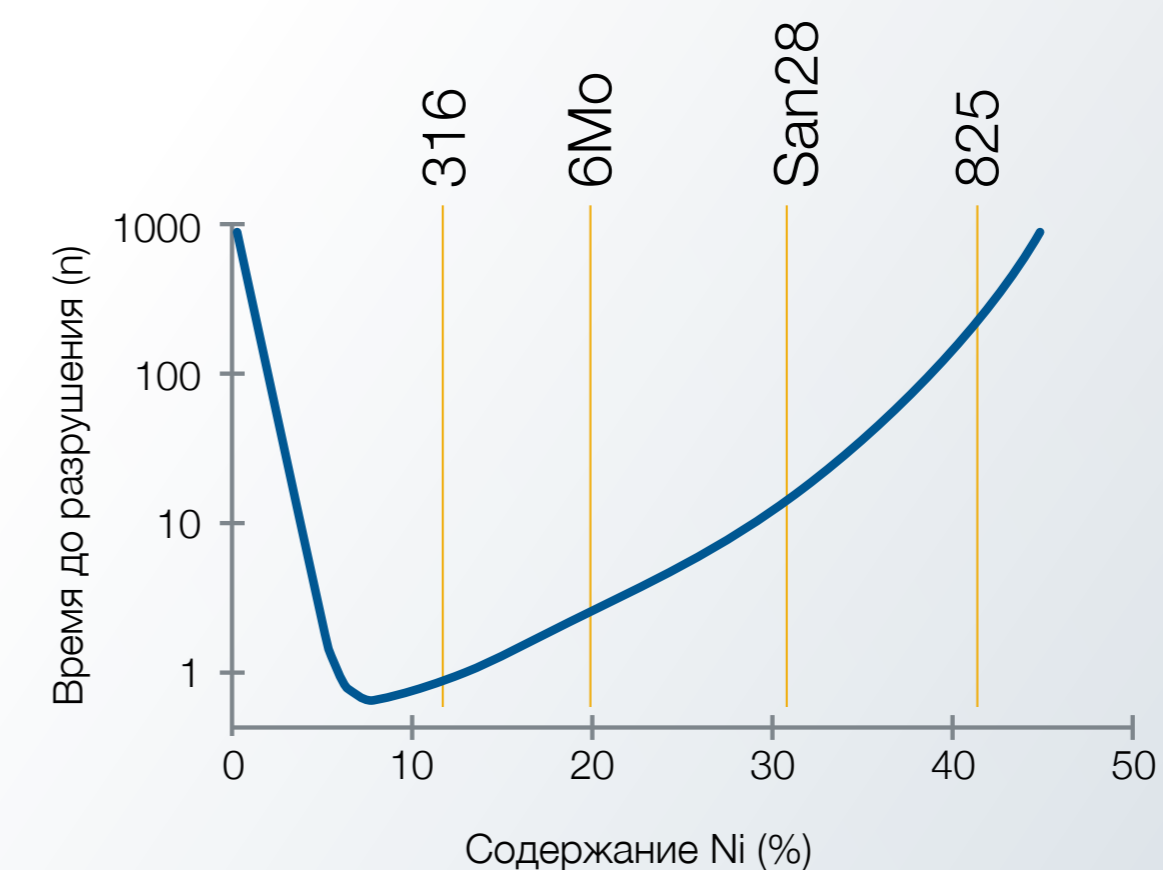
Материалы, устойчивые к SCC под воздействием хлоридов, включают:

- сплавы на основе никеля;
- дуплексные нержавеющие стали.

Материал имеет значение. Узнайте больше о выборе компонентов жидкостных и газовых систем для месторождений нефти с высоким содержанием сероводорода из материалов компании Swagelok. Прочитайте рекомендации наших ведущих специалистов для читателей журнала [Offshore Magazine](#).



Более высокое содержание никеля означает более высокую стойкость материала к SCC под воздействием хлоридов.



Коррозия под воздействием высокосернистой среды, или сульфидное растрескивание (SSC)

Обычно наблюдается в новых месторождениях с содержанием сероводорода и в разработанных месторождениях, в которых использовали морскую воду для интенсификации добычи нефти

Описание. Коррозия под воздействием высокосернистой среды, также известная как сульфидное растрескивание (SSC), представляет собой разрушение металла из-за контакта с сероводородом (H_2S) и влагой. Сероводород усиливает свои коррозионные свойства в присутствии воды. В таких условиях может происходить охрупчивание материала, ведущее к растрескиванию в результате совместного действия растягивающего напряжения и коррозии.

Причины образования. Чтобы произошло сульфидное растрескивание под напряжением, требуется одновременное соблюдение трех условий.

- Металл должен быть подвержен сульфидному растрескиванию (SSC)
- В среде должно быть достаточно сероводорода (высокое содержание H_2S)
- Растягивающее напряжение (приложенное + остаточное) должно превышать критический уровень

Вероятность сульфидного растрескивания возрастает при усугублении следующих условий:

- твердость материала / предел прочности на разрыв;
- концентрация ионов водорода (пониженное значение pH);
- парциальное давление H_2S ;
- полное растягивающее напряжение (приложенное + остаточное);
- время воздействия.

Вероятность сульфидного растрескивания возрастает при пониженных температурах, когда пластичность материалов уменьшается.

Материал имеет значение. В стандарте [NACE MR0175 / ISO 15156](#) описаны материалы, подходящие для использования в насыщенных высокосернистым газом средах при добыче нефти и газа. Для получения дополнительной помощи в выборе компонентов для месторождений с высоким содержанием сероводорода ознакомьтесь с данной [статьей](#), опубликованной в журнале *Offshore Magazine*.



Изображение взято из журнала Science Direct, том 1, номер 3, S.M.R. Ziaei, A.H. Kokabi, M. Nasr-Eshani, Sulfide Stress Corrosion Cracking and Hydrogen Induced Cracking of A216-WCC Wellhead Flow Control Valve Body case study, стр. 223–224, июль 2013 г., с разрешения Elsevier.



Водородное охрупчивание

Может возникнуть в газообразном водороде под высоким давлением или при образовании атомарного водорода на металлической поверхности

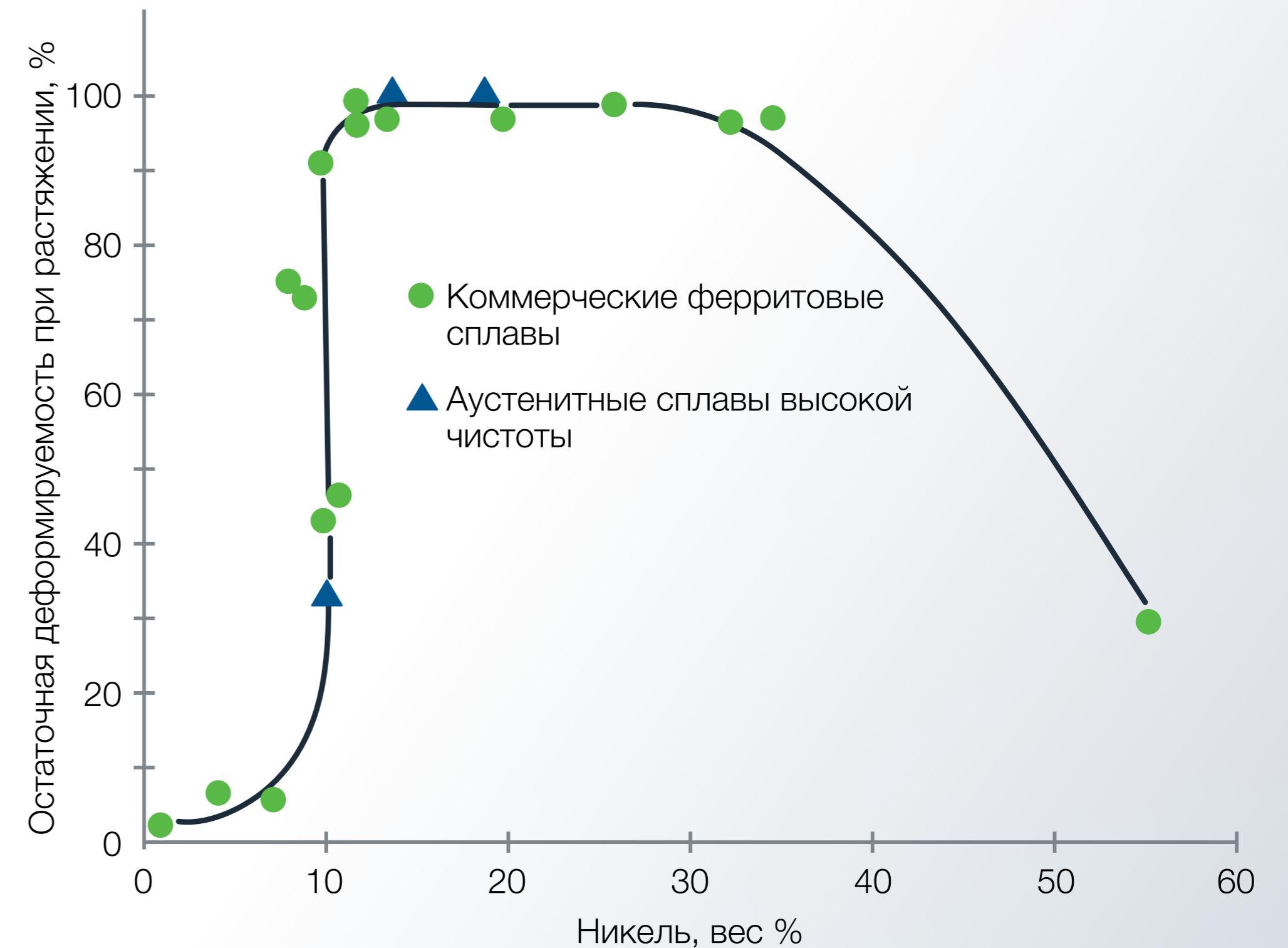
Описание. Атомы водорода проникают в структуру металлов, делая их хрупкими. Все материалы, подверженные водородному охрупчиванию, также очень чувствительны к сульфидному растрескиванию.

Причины образования. Растрескивание под воздействием водорода может происходить, когда металл подвергается статическому или циклическому растягивающему напряжению.

Водород может вызвать изменения механических свойств и поведения металла, в том числе:

- снижение пластичности (относительное удлинение и уменьшение площади);
- снижение ударной прочности и вязкости;
- усиление усталостных характеристик.

Предотвратить водородное охрупчивание можно путем подбора стойких к воздействию водорода материалов, таких как аустенитные сплавы с содержанием никеля от 10 до 30 %.



Ферритовые сплавы с очень низким содержанием никеля подвержены существенному охрупчиванию, в то время как аустенитные сплавы с содержанием никеля от 10 до 30 % демонстрируют сравнительно низкие уровни охрупчивания.

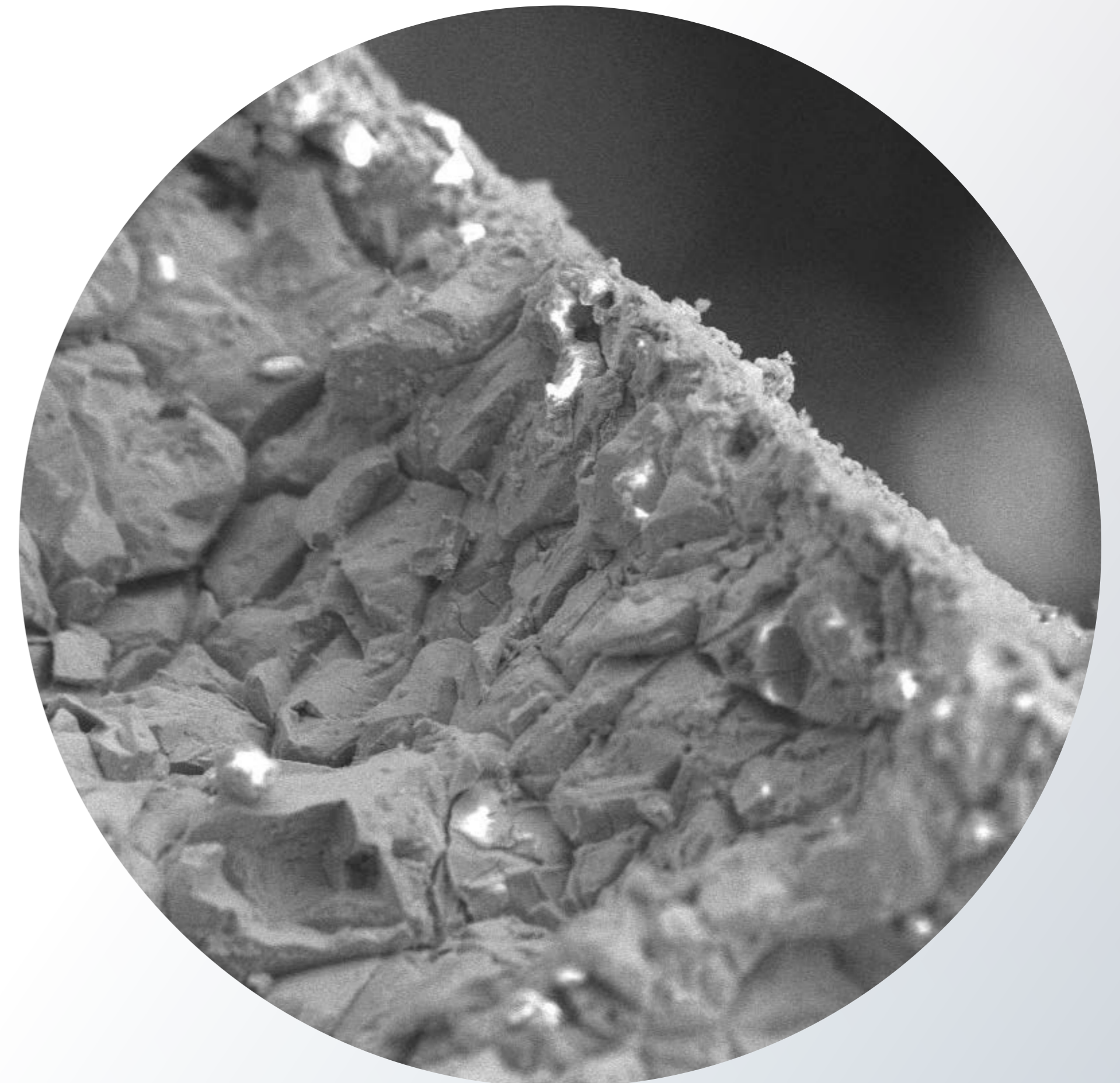
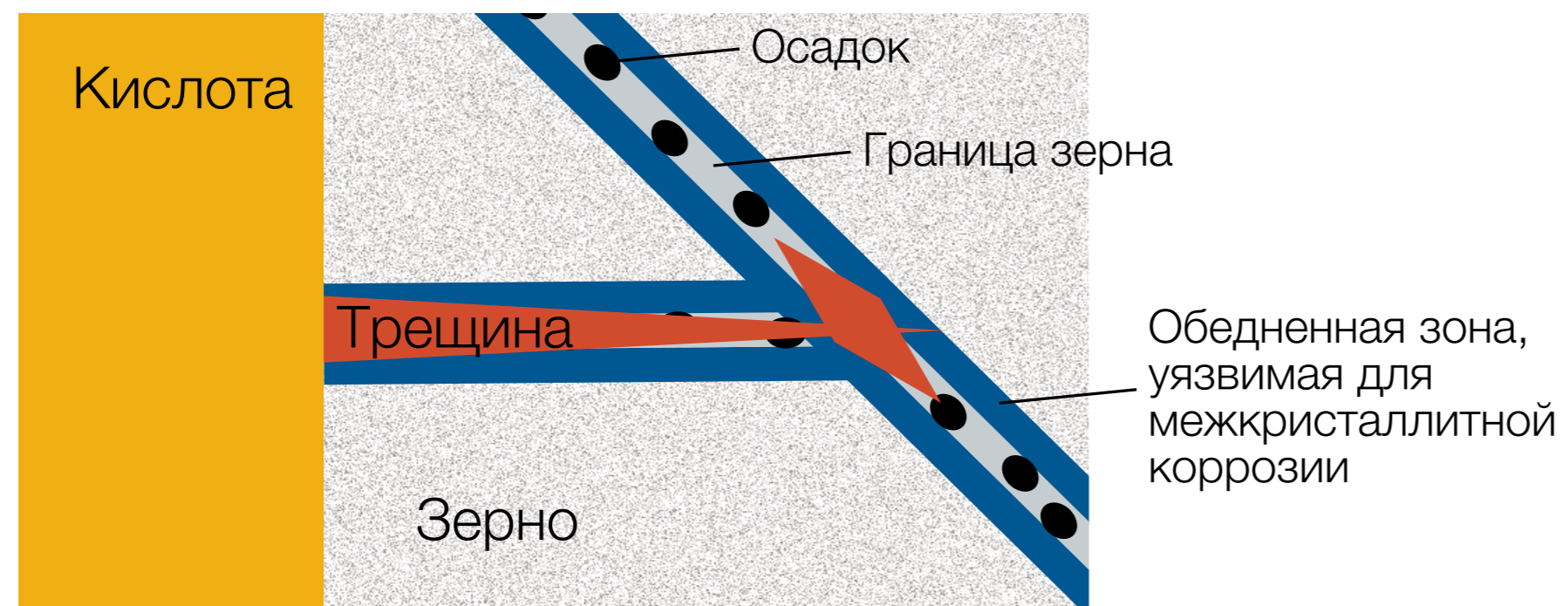
Источник: G.R. Caskey, *Hydrogen Compatibility Handbook for Stainless Steels* (1983)

Межкристаллитная коррозия (IGC)

Обычное явление при сварных работах, тепловой обработке, использовании в условиях высоких температур

Описание. Чтобы понять природу межкристаллитной коррозии, следует знать, что все материалы состоят из отдельных зерен. Внутри каждого зерна атомы расположены в определенном порядке, образуя трехмерную кристаллическую решетку. Межкристаллитная коррозия поражает материал по границам кристаллов (т. е. там, где зерна, из которых состоит металл, соединяются друг с другом).

Причины образования. При сварке, тепловой обработке или воздействии высоких температур на границах кристаллов могут образовываться карбиды. Со временем такие карбидные образования могут увеличиться. Эти карбидные образования нарушают равномерность распределения элементов внутри структуры металла, отнимая у материала, соприкасающегося с границами зерна, важные химические элементы, например хром. При воздействии на лишенные хрома участки коррозионно активных сред (таких как кислоты) между кристаллами могут образовываться трещины. Эти трещины могут распространяться через всю массу материала и оставаться при этом незамеченными, что делает межкристаллитную коррозию опасной формой коррозионного разрушения материала.





Электрохимическая коррозия

Может возникнуть при непосредственном контакте двух различных материалов в присутствии электролита

Описание. Электрохимическая коррозия возникает, когда между материалами с разными электродными потенциалами возникает контакт через слой электролита. Пассивированный слой на нержавеющей стали состоит из тончайшей пленки оксида с высоким содержанием хрома, которая самостоятельно образуется в атмосферном воздухе и защищает материал от коррозии. Пассивированный слой делает материал более коррозионноустойчивым. Совместимость металлов можно определить по анодному коэффициенту (Anodic Index), который указывает на разницу потенциалов металлов, измеренную в морской воде относительно стандартного электрода.

Причины образования. Когда разница потенциалов между двумя разными металлами в присутствии электролита имеет слишком большое значение, начинается разрушение пассивированного слоя.

Для предотвращения электрохимической коррозии следует выбирать материалы с разницей потенциалов не более 0,2 В. Например, при использовании фитинга из нержавеющей стали марки 316 (-0,05 В) в сочетании с трубкой из сплава 6Mo (0,00 В) между этими сплавами возникает напряжение величиной 0,05 В. Это напряжение намного меньше 0,2 В, что означает низкий риск контактной коррозии.



Потенциал в вольтах в сравнении с SCE

- 1,60
- 1,00
- 0,95
- 0,70
- 0,60
- 0,50
- 0,40
- 0,35
- 0,30
- 0,30
- 0,30
- 0,25
- 0,20
- 0,20
- 0,15
- 0,10
- 0,05
- 0,00
- 0,00
- 0,00
- 0,05
- ,010
- ,025

Активные

Благородные

Материал
Магний
Цинк
Алюминий
Кадмий
Сталь
Сплав типа 304 (активный)
Сплав типа 316 (активный)
Судостроительная латунь
Латунь Мунца
Медь
Марганцовистая бронза
90-10 Cu-Ni
70-30 Cu-Ni
Свинец
Никель
Сплав типа 304 (пассивный)
Сплав типа 316 (пассивный)
Сплав E-BRITE(r)
Сплав AL 29-4C(r)
Сплав AL-6XN(r)
Сплав 625, сплав 276
Титан
Графит

SCE означает «насыщенный капельный каломельный электрод» (Saturated calomel electrode, SCE).

Анодный коэффициент
Высокоблагородные материалы с «пассивной поверхностью» подвержены электрохимической коррозии в меньшей степени, чем менее благородные материалы или благородные материалы с «активной поверхностью». На этом графике магний является наименее благородным, а графит наиболее благородным материалом.

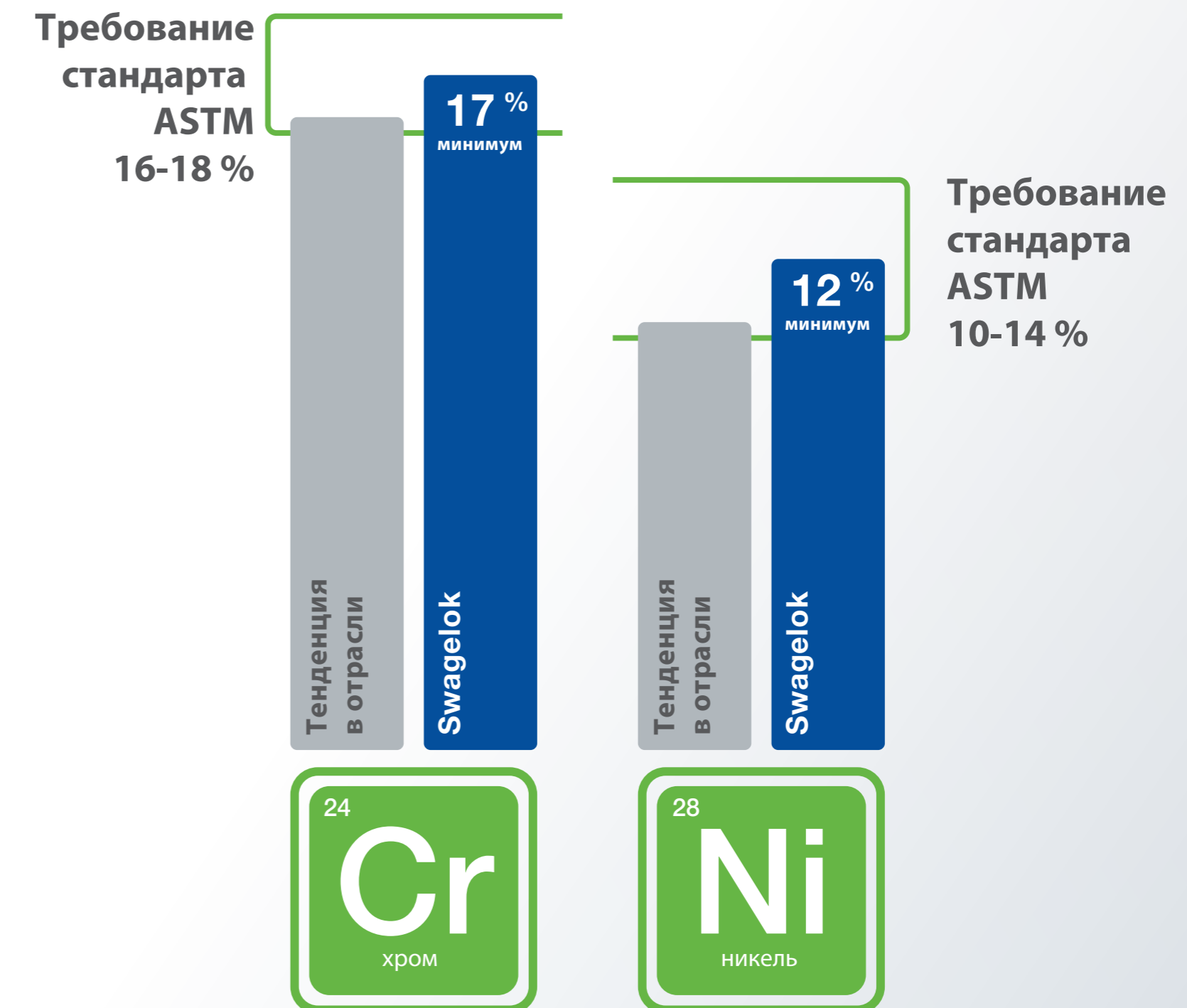
Нержавеющая сталь

Нержавеющая сталь 316

Во всех марках нержавеющей стали главными компонентами, отвечающими за коррозионную стойкость и пластичность металла, являются хром и никель. Добавление > 10 % хрома делает сталь нержавеющей, создавая на поверхности слой, содержащий большое количество оксида хрома. Этот слой образуется в результате реакции содержащегося в сплаве хрома с кислородом из атмосферного воздуха. Он придает стали свойство, которое делает ее нержавеющей. Добавление никеля обеспечивает хорошую пластичность и улучшенные свойства формовки и сварки.

Однако не все прутковые заготовки одинаковы. Содержание никеля и хрома в трубных обжимных фитингах Swagelok и кранах для КИП из нержавеющей стали 316/316L превышает минимальные требования стандартов ASTM для прутков и поковок.

Следует учитывать, что хотя нержавеющая сталь разных марок и не подвержена сплошной коррозии, на ней может возникать местная коррозия.



Трубные обжимные фитинги Swagelok и краны для КИП из нержавеющей стали 316 превышают минимальные требования стандартов ASTM.

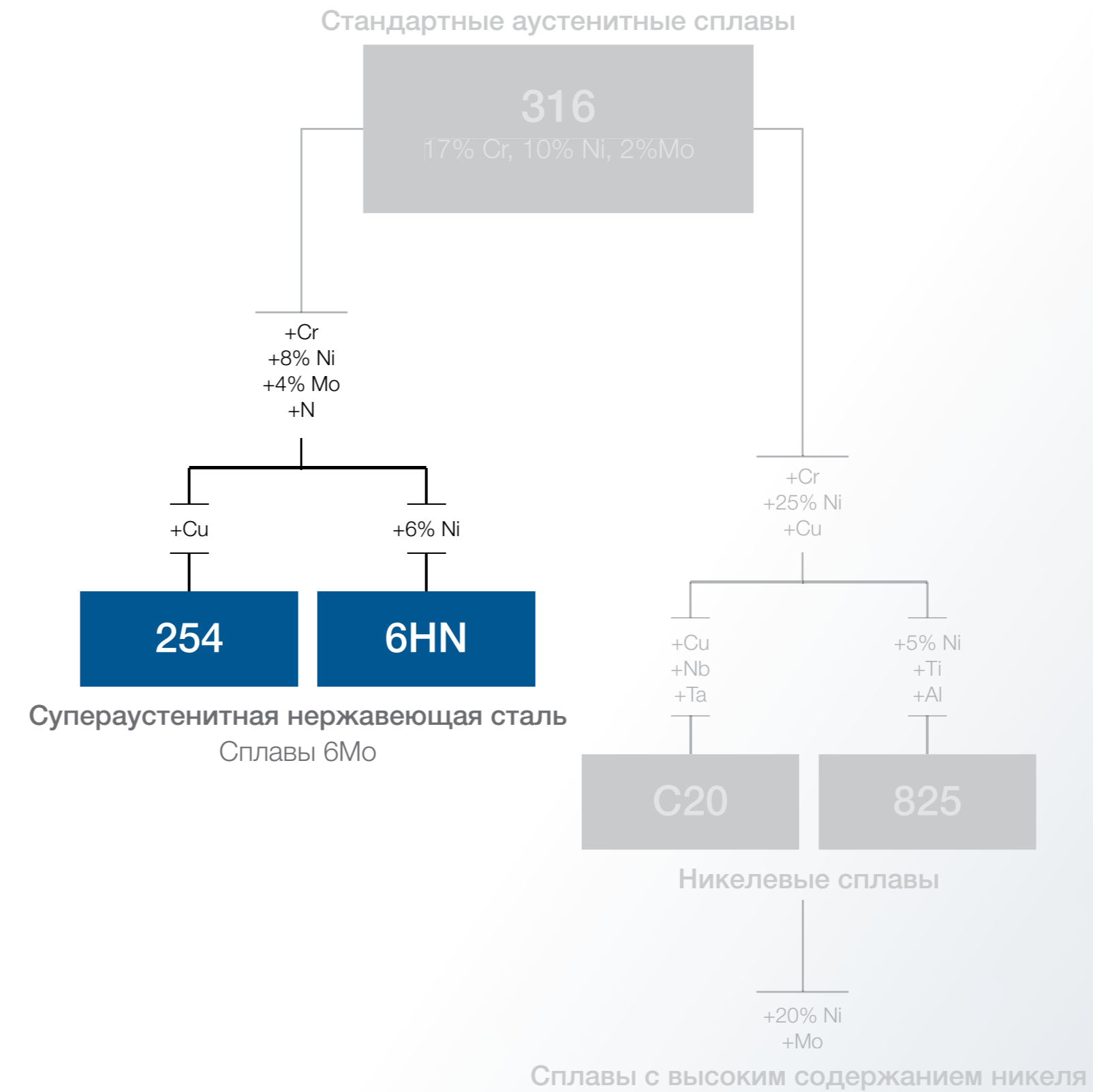
Материал имеет значение. Риск коррозионного растрескивания под напряжением повышается при высокой концентрации хлоридов, высоких температурах и значительном растягивающем напряжении. Все марки нержавеющей стали подвержены коррозионному растрескиванию под напряжением. Мы провели испытания фитингов Swagelok для трубок под давлением на устойчивость к SCC и получили превосходные результаты. [См. результаты испытаний.](#)

Нержавеющая сталь

Сплавы 6Mo

Сплавы 6-Moly (6Mo) представляют собой супераустенитную нержавеющую сталь, которая содержит не менее 6 % молибдена и имеет значение PREN не ниже 40. Сплав 6HN (UNS N08367) содержит на 6 весовых процентов больше никеля (Ni), чем сплав 254 (UNS S31254). Благодаря такому повышенному содержанию никеля сплав 6HN имеет повышенную стабильность с точки зрения формирования нежелательных интерметаллических фаз. Сплав 6HN проявил более высокую коррозионную стойкость в хлоридсодержащих средах по сравнению со сплавом 254.

- Устойчивость к точечной и щелевой коррозии под воздействием хлоридов.
- Устойчивость к коррозионному растрескиванию под напряжением (CSCC) под воздействием хлоридов.
- Предел текучести материала на 50 % выше, чем у аустенитных нержавеющих сталей серии 300.
- Ударная прочность, хорошая обрабатываемость и свариваемость.
- Возможность использования в среде высокосернистого газа (NACE MR0175 / ISO 15156).
- Компоненты Swagelok из сплава 6Mo предлагаются из прутков и поковок 6HN (UNS N08367), соответствующих требованиям стандарта NORSOK M-650, регламентирующего поставщиков стали.



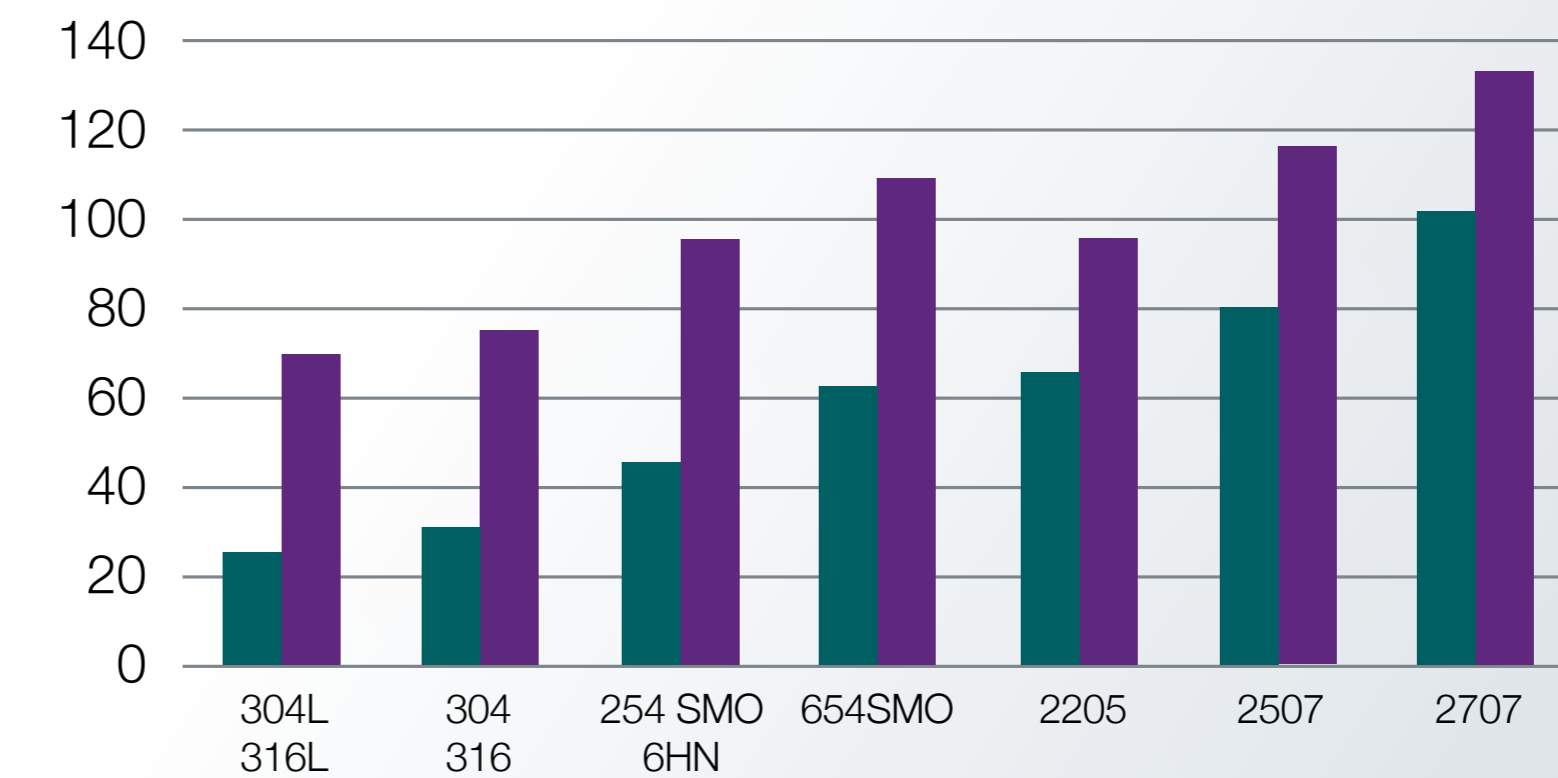
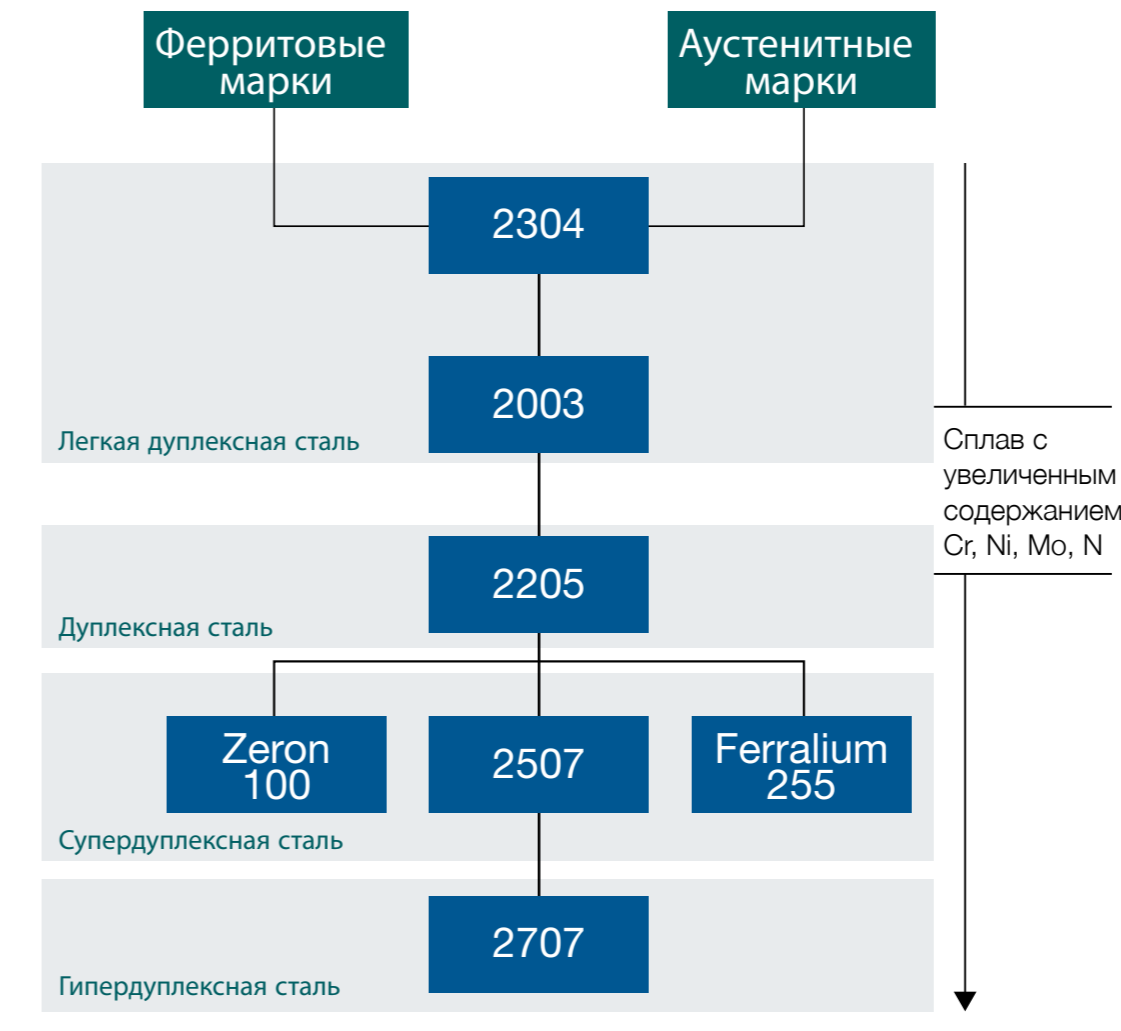
Нержавеющая сталь

Сплав супердуплексной нержавеющей стали 2507

Дуплексная нержавеющая сталь имеет двухфазную микроструктуру, состоящую из зерен аустенита и феррита. Такая структура придает этим материалам сочетание привлекательных свойств, включая прочность, пластичность и коррозионную стойкость.

Сплав 2507 из супердуплексной, ферритной-аустенитной нержавеющей стали хорошо подходит для использования в высококоррозионных условиях. В его состав входят никель, молибден, хром, азот и марганец, которые обеспечивают значительную устойчивость к общей, точечной и щелевой коррозии, а также к коррозионному растрескиванию под напряжением (SCC), сохраняя свойства свариваемости.

- Повышенный предел текучести и прочности на разрыв при повышенных номинальных параметрах давления.
- По сравнению с трубками из стали 316/316L с таким же наружным диаметром и номинальным давлением меньшая толщина стенок способствует увеличению потока среды.
- Свариваемость.
- Области применения с температурами до 250 °C (482 °F).
- Более высокая теплопроводность / более низкий коэффициент теплового расширения по сравнению с нержавеющей сталью 316.
- Подходит для эксплуатации в высокосернистой газовой среде (NACE MR0175 / ISO 15156).
- Компоненты Swagelok из сплава 2507 предлагаются из прутков и поковок, соответствующих требованиям стандарта NORSOK M-650, регламентирующего поставщиков стали.



■ Предел прочности на разрыв (килофунты на кв. дюйм)

■ Предел прочности при растяжении (килофунты на кв. дюйм)

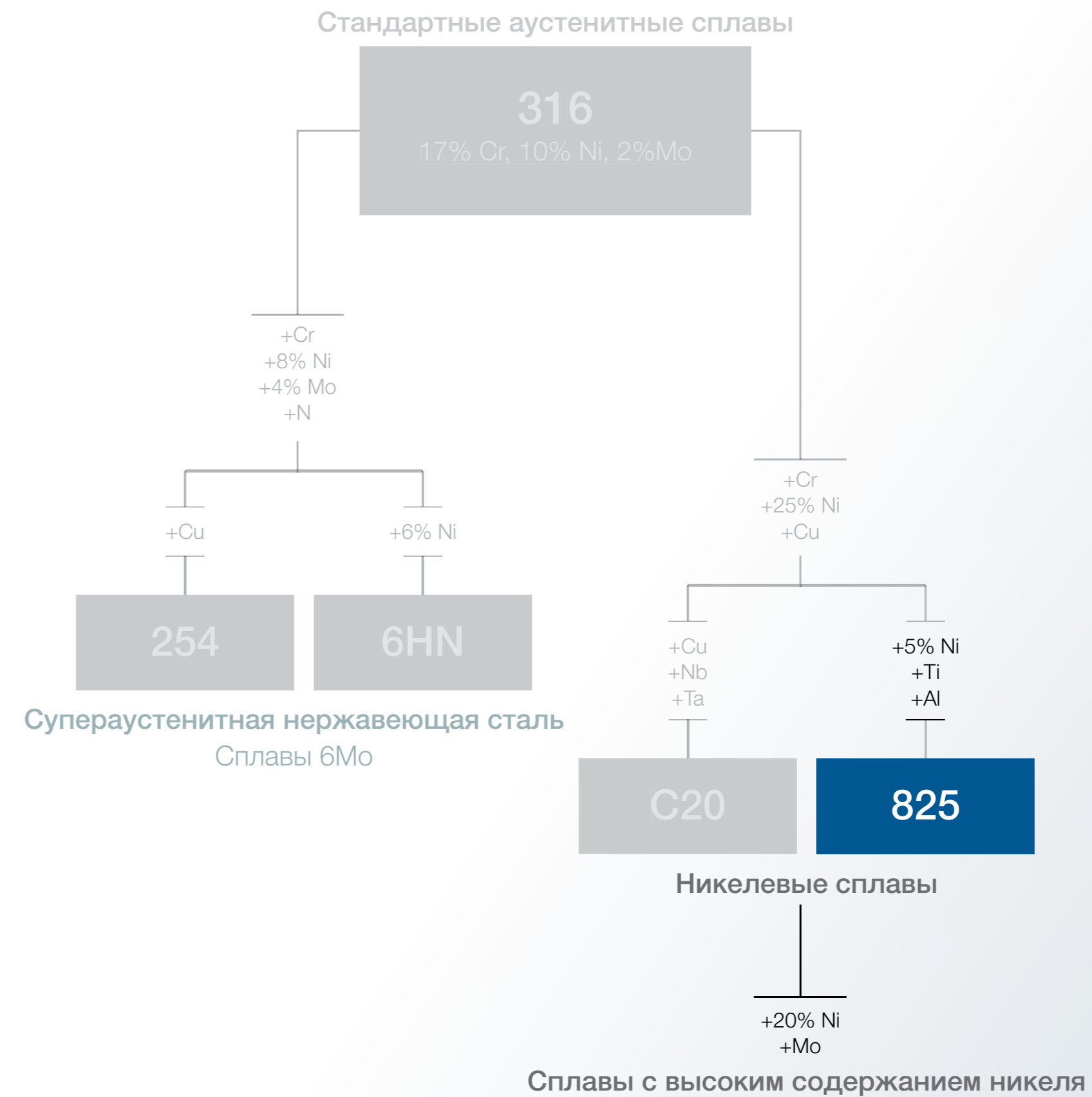
Механические свойства сплава 2507 делают его превосходным выбором для морских систем высокого давления и подводных систем, где необходимо учитывать факторы коррозии, расхода среды и веса.

Никелевые сплавы

Сплав 825

Сплав 825 (Incoloy® 825) представляет собой сплав никеля, железа, хрома и молибдена, устойчивый к воздействию общей, точечной и щелевой коррозии, а также к коррозионному растрескиванию под напряжением в различных средах.

- Стойкость к межкристаллитной коррозии благодаря стабилизации титаном.
- Подходит для эксплуатации в высокосернистой газовой среде (NACE MR0175 / ISO 15156).
- Стойкость в восстановительных средах (например, в серной или фосфорной кислоте).

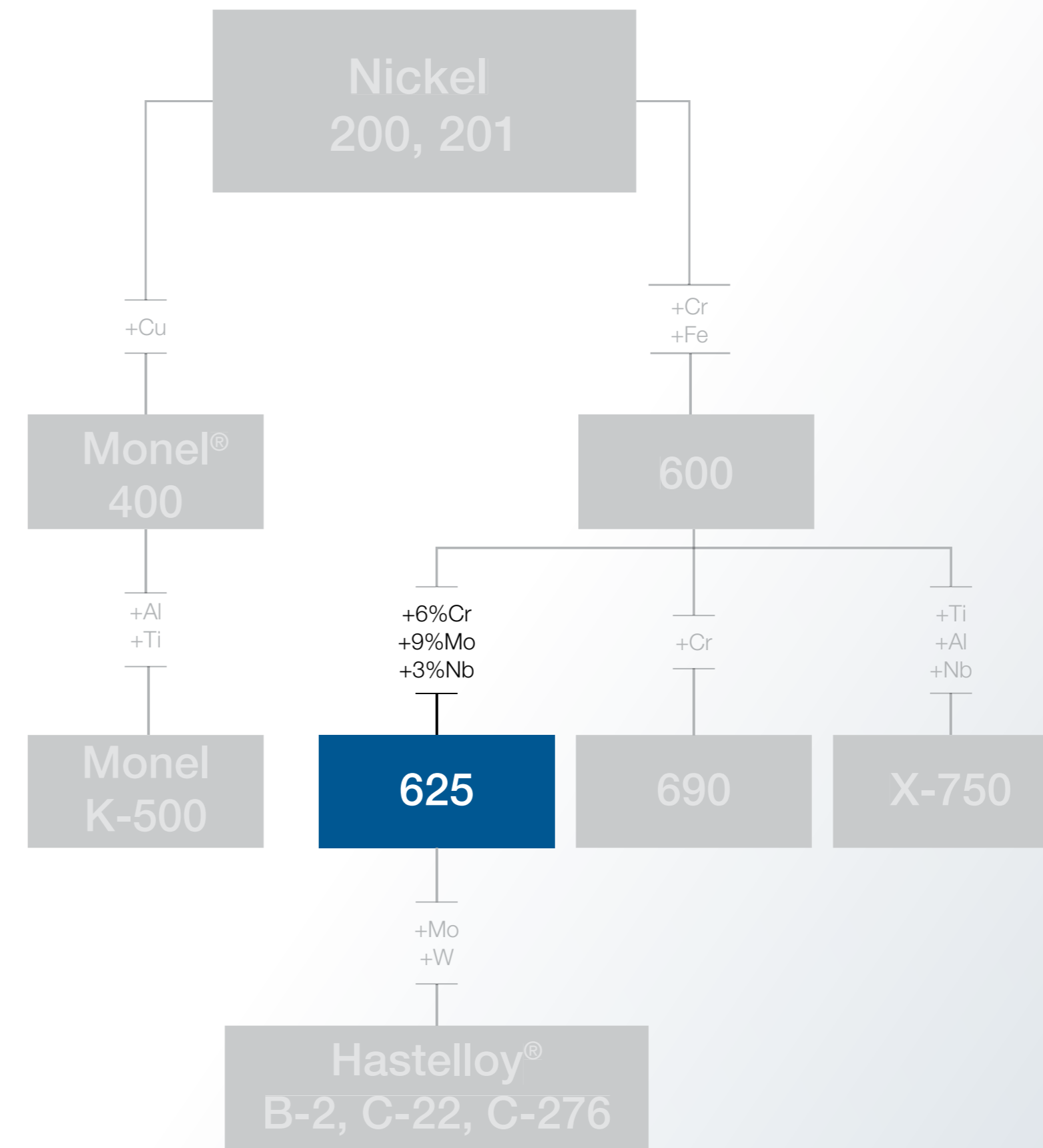


Никелевые сплавы

Сплав 625

Назначение сплава 625 (Inconel® 625), в состав которого входят никель, хром и молибден с небольшой добавкой ниобия, состоит в том, чтобы снизить риск межкристаллитной коррозии в широком спектре крайне агрессивных сред.

- Стойкость к воздействию соляной и азотной кислот.
- Прочность и пластичность.
- Стойкость к щелевой и точечной коррозии при высоких температурах.
- Возможность использования в среде высокосернистого газа (NACE MR0175 / ISO 15156).



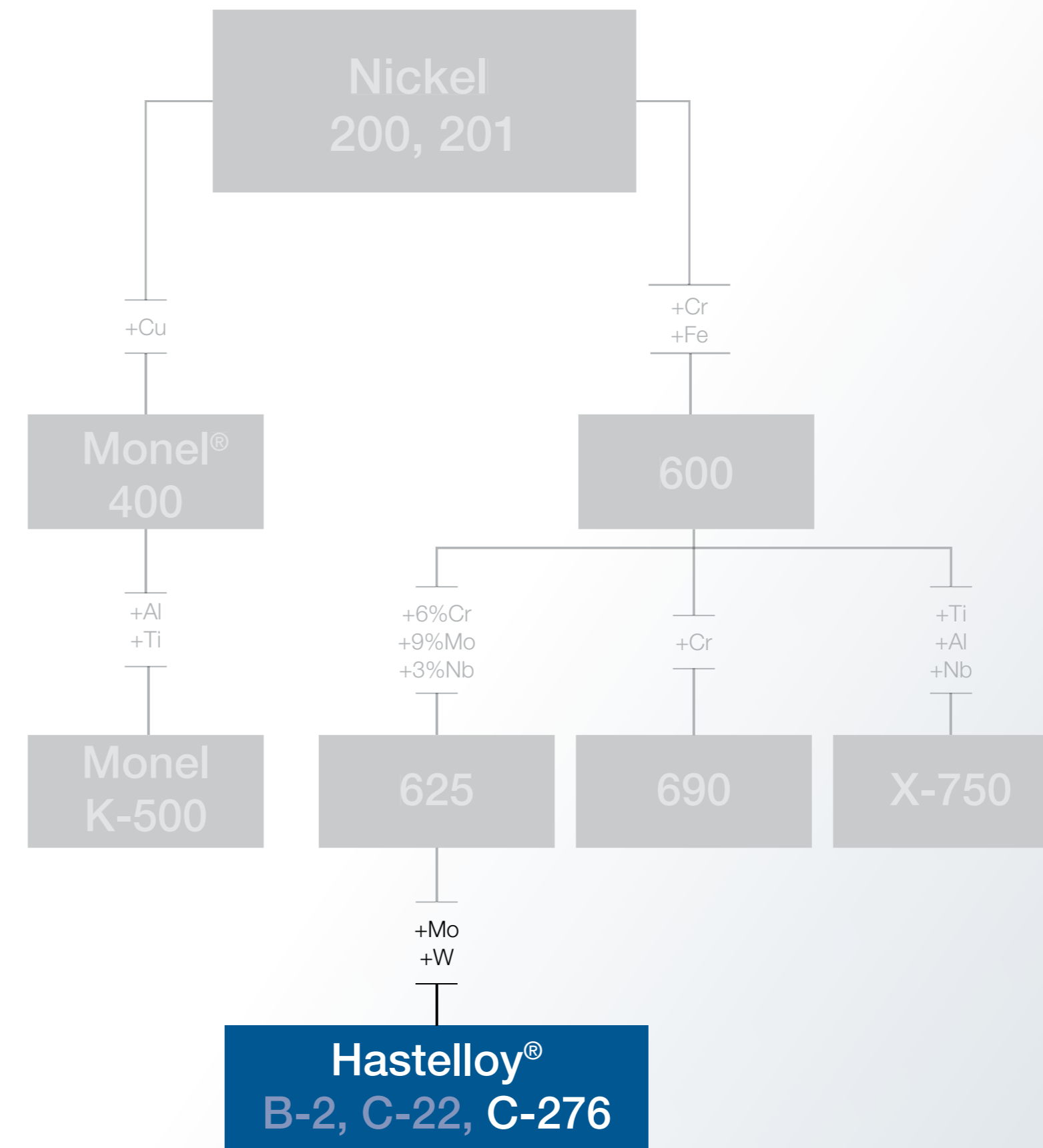
Никелевые сплавы

Сплав C-276

Сплав C-276 (Hastelloy® C-276) содержит никель, молибден и хром. Высокое содержание молибдена делает этот сплав особо устойчивым к точечной и щелевой коррозии. Он относится к немногим материалам, которые обладают устойчивостью к коррозионным воздействиям влажного газообразного хлора, гипохлорита и диоксида хлора.

- Устойчивость к окислительным и кислотным рабочим средам.
- Пластичность, ударная вязкость и прочность при высоких температурах.
- Устойчивость к щелевой и точечной коррозии, сульфидной коррозии под напряжением (SSC) и межкристаллитной коррозии (IGC).
- Возможность использования в среде высокосернистого газа (NACE MR0175 / ISO 15156).

Следует иметь в виду, что данный сплав НЕ рекомендуется использовать в средах с сильной окислительной способностью, таких как горячая и концентрированная азотная кислота.



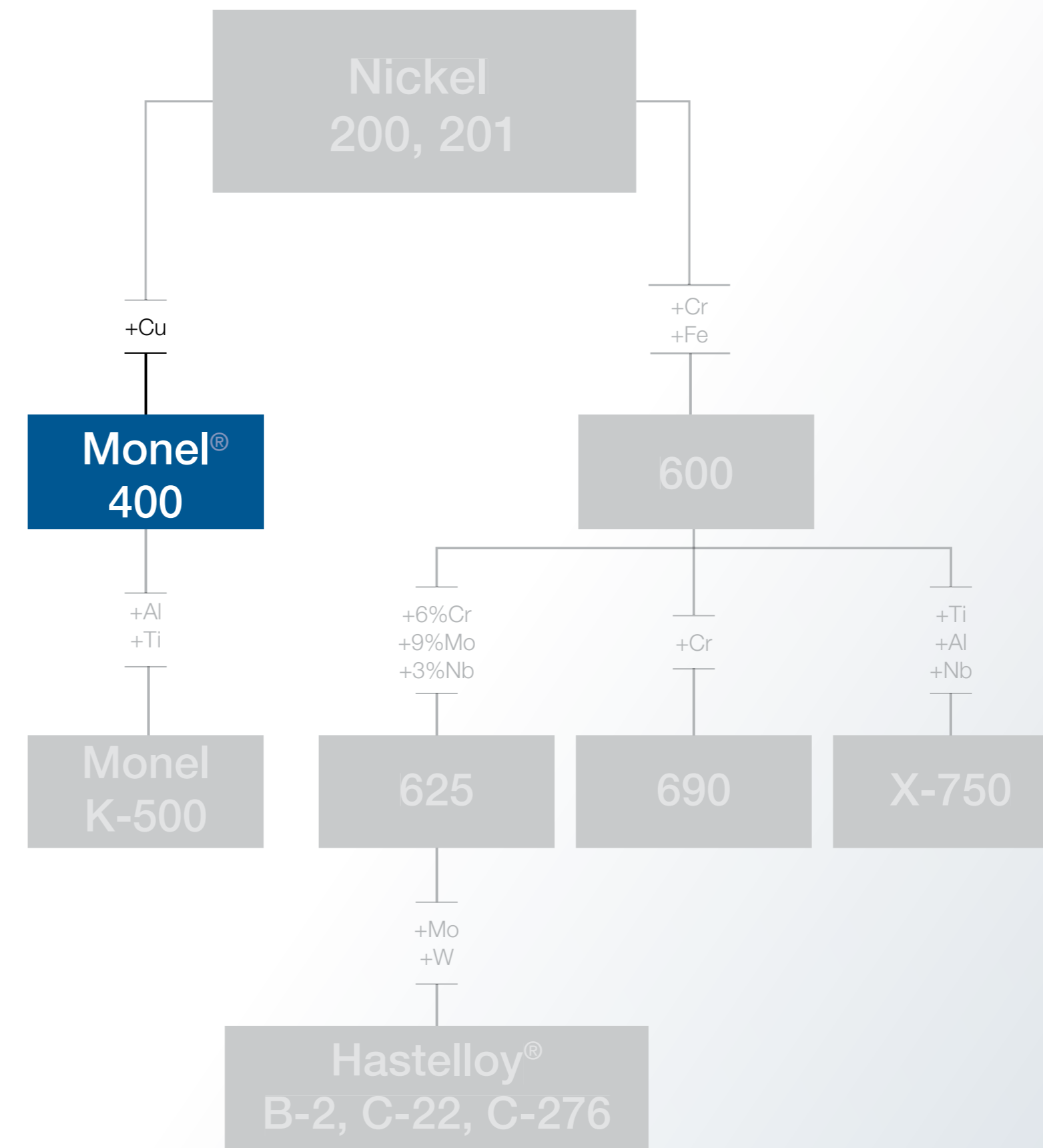
Никелевые сплавы

Сплав 400

Сплав 400 (Monel® 400) является медно-никелевым сплавом, который известен своей исключительной стойкостью к плавиковой кислоте, а также к коррозионному растрескиванию под напряжением и точечной коррозии в большинстве видов чистых и технических вод.

- Прочность и коррозионная стойкость в условиях широкого диапазона температур и рабочих сред.
- Сохранение механических свойств при температурах ниже нуля.

Следует иметь в виду, что стоячая морская вода по результатам экспериментов способствует возникновению щелевой и точечной коррозии у данного сплава.



Титановые сплавы

Стабильная, оксидная пленка с надежной адгезией защищает титановые сплавы от коррозии. Эта пленка образуется мгновенно под воздействием воздуха или влаги на поверхность. Следует избегать безводных условий в отсутствие источника кислорода, поскольку в случае повреждения защитная пленка не восстановится.

Титан успешно применяется во многих системах благодаря превосходной коррозионной стойкости в следующих средах:

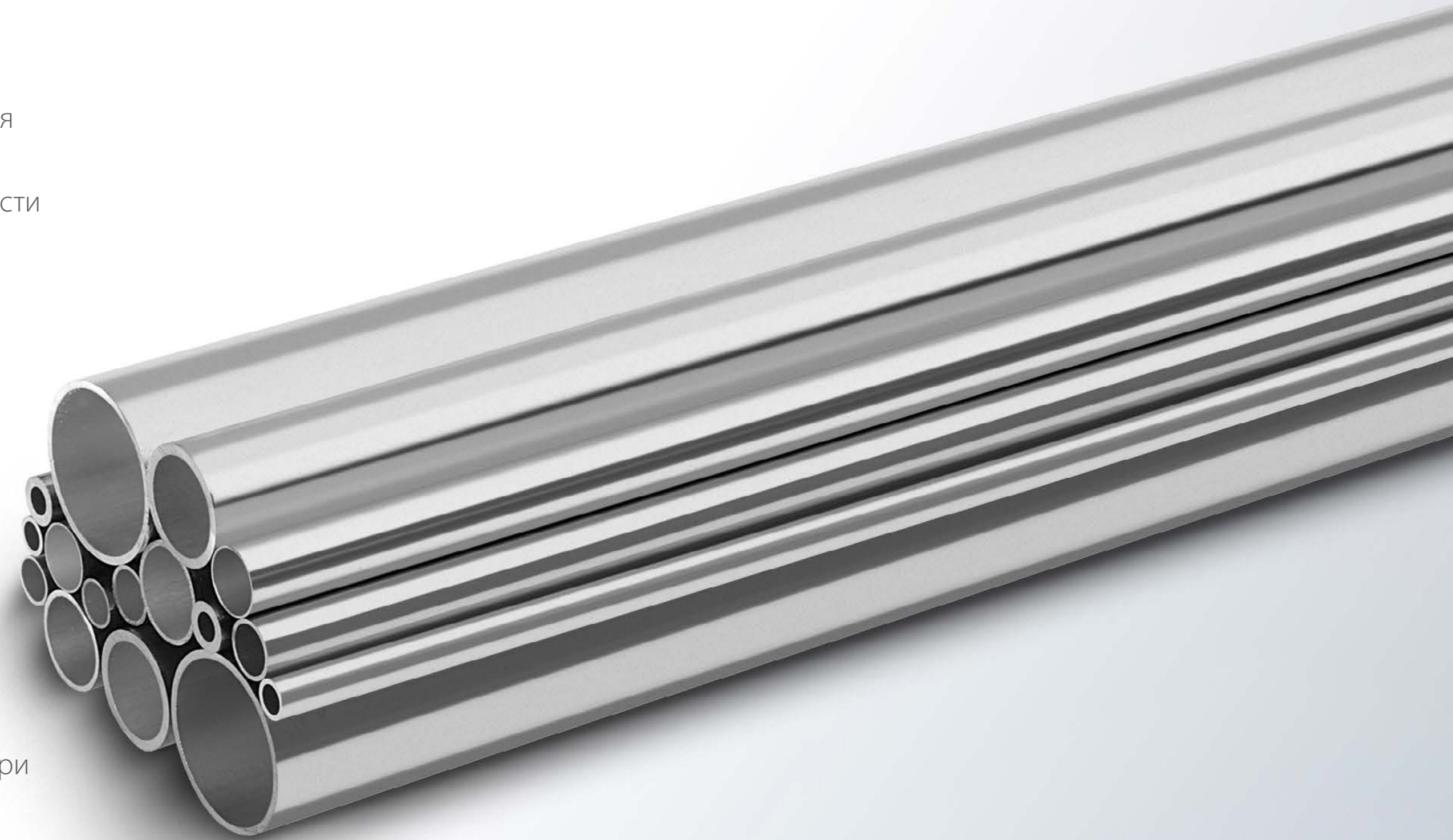
- хлоридсодержащие растворы и газ с содержанием влажного хлора;
- водные растворы хлоритов, гипохлоритов, перхлоратов и двуокиси хлора;
- естественная и хлорированная морская вода до относительно высоких температур.

Титан и его сплавы:

- обладают исключительно высокой стойкостью к коррозии, вызванной микроорганизмами;
- высокоустойчивы к кислотам-окислителям различной концентрации и температуры (к распространенным кислотам этой категории относятся азотная, хромовая, хлорная и хлорноватистая кислота [влажный Cl_2]).

Ограничивающие факторы для применения титана и его сплавов:

- нелегированный титан иногда подвержен коррозии в водных хлоридсодержащих средах при условиях, не прогнозируемых с помощью скорости общей коррозии;
- сухой хлор может резко воздействовать на титан, вплоть до возгорания;
- титан не подходит для использования с фтористыми газами, чистым кислородом и водородом.



Сочетания компонентов из различных сплавов

В морских применениях, в которых фитинги Swagelok из нержавеющей стали 316/316L проявили себя хорошо, а трубки из стали 316/316L подверглись щелевой коррозии в хомутах, возможно, будет экономически выгодно использовать фитинги из стали 316/316L в сочетании с трубками из более коррозионностойкого сплава. В сочетаниях компонентов из различных сплавов используются трубные обжимные фитинги Swagelok из нерж. стали 316/316L с трубками из сплавов 254, 904L, 825 или Tungum® (медный сплав UNS C69100).

Повышенное содержание хрома и никеля в стали 316/316L обеспечивает более высокую стойкость трубных обжимных фитингов Swagelok к местной коррозии. Превосходный обхват трубки достигается за счет запатентованной компанией Swagelok шарнирно-цанговой (hinging-colleting™) конструкции заднего обжимного кольца, которое преобразует осевое движение в радиальный обжим на трубке, не передавая при этом крутящий момент, возникающий при монтаже узла. Процесс низкотемпературного науглероживания SAT 12, запатентованный компанией Swagelok, применяется для упрочнения поверхности задних обжимных колец, что упрощает достижение превосходного обхвата трубок из вышеперечисленных сплавов.

Сочетания компонентов из различных сплавов могут стать экономически эффективным коррозионностойким решением, обеспечивающим следующие преимущества в морских применениях:

- содержание никеля и хрома в стандартной нержавеющей стали Swagelok 316, превышающее минимальные требования стандарта ASTM A479, благодаря чему достигается более высокое значение PREN и повышенная стойкость к местной коррозии;
- высокая стойкость к точечной и щелевой коррозии трубок из специальных сплавов;
- низкий риск электрохимической коррозии за счет позиций 316, 254, 904L и 825 в таблице электродных потенциалов или с учетом длительной успешной эксплуатации фитингов из стали 316/316L с трубками из сплава Tungum.

Как и во всех узлах, в которых используются разные материалы, значения номинального давления для трубок и фитингов из разных сплавов определяются по материалу с наименьшим значением номинального давления. Номинальные параметры давления см. в справочнике «Данные по трубкам — сочетания компонентов из различных сплавов», [MS-06-117](#).

Расчет коррозионной стойкости материала

$$\text{PREN} = \%Cr + 3,3 \times (\%Mo + 0,5W) + 16 \times \%N$$

$$\text{ASTM 316} = 16 + 3,3 \times 2 + 16 \times 0,03 = 23,1 \text{ PREN}$$

$$\text{Swagelok 316} = 17,5 + 3,3 \times 2 + 16 \times 0,03 = 24,6 \text{ PREN}$$

С помощью числового эквивалента стойкости к точечной коррозии (Pitting Resistance Equivalent Number, PREN) измеряется стойкость к местной точечной коррозии. Более высокие значения PREN показывают более высокую стойкость материала к точечной коррозии.

Стандарты NACE и Norsok

Компоненты жидкостных и газовых систем Swagelok из стали 316/316L или специальных сплавов предлагаются как изделия, соответствующие требованиям стандарта NACE MR0175 / ISO 15156 по работе в среде высокосернистого газа. Клапаны и фитинги из сплавов 6НН (UNS N08367) и 2507 предлагаются из прутков и поковок, изготовленных с помощью процессов, соответствующих строгим требованиям стандарта Norsok M-650, регламентирующего поставщиков стали.

Изучите более подробно:

- › Требования стандарта NACE
- › Обзор стандарта NACE NACE MR0175 / ISO 15156
- › Требования NACE к трубным обжимным фитингам из сплава 2507 супердуплексной стали
- › Требования NACE к трубным обжимным фитингам (стандартным и среднего давления) из сплава 625
- › Требования NACE к трубным обжимным фитингам и фитингам под приварку из сплава 6Mo
- › Стандарты Norsok



Требования стандарта NACE

Стандарт NACE MR0175 / ISO 15156 содержит перечень технических условий для материалов, используемых в нефтепромысловом оборудовании для добычи и переработки сырья, где существует риск сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением в насыщенных высокосернистым газом средах, то есть в смесях нефти, газа и морской воды, в которых присутствует сероводород (H_2S).

Данный стандарт разрешает использовать трубные обжимные фитинги, изготовленные из холоднотянутой нержавеющей стали 316 и сплава 6Mo, в системах управления и КИП. В системах управления и КИП, а также для работы с технологическими жидкостями и газами могут также использоваться упрочненные никелевые сплавы.

Документ содержит:

- требования к состоянию и характеристикам материалов;
- условия внешней среды, в которых применяются материалы;
- установленные требования, при которых допускается использовать материалы в среде высокосернистого газа.

➤ **Посмотрите дополнительные материалы по стандартам NACE**

Материал имеет значение. Прочитайте дополнительные материалы о выборе компонентов жидкостных и газовых систем для месторождений нефти с высоким содержанием сероводорода в журнале *Offshore Magazine*.



Обзор стандарта NACE MR0175 / ISO 15156

Сплав	Состояние сплава	Соответствующая таблица NACE	Область применения	Максимальная температура, °C (°F)	Максимальное парциальное давление H ₂ S ^① , кПа (фунты на кв. дюйм)
6Mo (254, 6HN)	Отожженный и холоднотянутый	A.11	Трубки приборов, трубки линии управления и фитинги под давлением	Ограничений нет; предостережения см. в стандарте NACE MR0175 / ISO 15156.	
	Отожженный	A.8		60 (140)	100 (15)
625	Закаленный и холоднотянутый	A.14	Любое оборудование или компоненты	232 (450)	200 (30)
				218 (425)	2000 (300)
	149 (300)	Любое			
	Ограничений нет; предостережения см. в стандарте NACE MR0175 / ISO 15156.				
2507	Отожженный и холоднотянутый	Не соответствует требованиям NACE		Нет данных	
	Отожженный	A.24		232 (450)	20 (3)

➤ **Посмотрите дополнительные материалы по стандартам NACE**

① Парциальное давление H₂S — это часть суммарного давления, которая приходится на сероводород в газовой смеси. Пример парциального давления: воздух содержит 21 % кислорода; если суммарное давление составляет 1,00 атм., то парциальное давление кислорода будет равно 0,21 атм. Подробную информацию об ограничениях условий среды для сплавов см. в стандарте ANSI / NACE MR0175 / ISO 15156.

Требования NACE к трубным обжимным фитингам из сплава 2507 супердуплексной стали

Для надлежащего функционирования трубного обжимного фитинга Swagelok из сплава 2507 гайка и обжимные кольца должны быть изготовлены из холоднотянутых прутковых заготовок. Этот материал обладает прочностью, необходимой для обхвата трубки из сплава 2507 (с высокой поверхностной твердостью) и устойчивости к высокому рабочему давлению, указанному в [Справочнике Swagelok по трубкам, MS-01-107](#).

Трубные обжимные фитинги Swagelok из сплава 2507, артикулы которых включают обозначение -SG2, соответствуют требованиям стандартов NACE MR0175 / ISO 15156 для использования в любом оборудовании (см. таблицу A.24 стандарта), если с высокосернистым газом соприкасается внутренняя, но не внешняя поверхность фитингов.

Требования стандарта NACE MR0175 / ISO 15156 к сплаву 2507:

- корпуса прямых трубных обжимных фитингов изготавливаются из отожженных прутковых заготовок из сплава 2507;
- корпуса фигурных трубных обжимных фитингов изготавливаются из отожженных поковок из сплава 2507;
- внешняя наружная резьба корпуса трубного обжимного фитинга, не контактирующая со средой, может производиться по технологии накатывания;
- внутренняя, контактирующая со средой резьба нарезается;
- гайки трубных обжимных фитингов изготавливаются из холоднотянутых прутковых заготовок из сплава 2507 и не контактируют со внутренней средой системы;
- задние обжимные кольца изготавливаются из холоднотянутых прутковых заготовок из сплава 6Mo и не контактируют с внутренней средой системы;
- передние обжимные кольца изготавливаются из холоднотянутых прутковых заготовок из сплава 2507;
- носовая часть переднего обжимного кольца представляет собой соприкасающуюся со средой поверхность, которая находится в сжатом состоянии и поэтому не подвергается коррозионному растрескиванию под напряжением или растрескиванию в средах высокосернистого газа, так как согласно стандарту эти виды растрескивания могут происходить только в компонентах, к которым приложено растягивающее напряжение;
- соединения для проходного канала и вставные заглушки изготавливаются из отожженных прутковых заготовок из сплава 2507.

Материал имеет значение. Дополнительную информацию можно найти в полном информационном документе Swagelok «Трубные обжимные фитинги, трубные фитинги и фитинги под приварку из супердуплексного сплава 2507, соответствующие стандарту NACE MR0175», [MS-06-115](#).

➤ **Посмотрите дополнительные материалы по стандартам NACE**



Требования NACE к трубным обжимным фитингам (стандартным и среднего давления) из сплава 625

Для надлежащего функционирования трубных обжимных фитингов и обжимных фитингов среднего давления из сплава 625 гайка и обжимные кольца обязательно должны быть изготовлены из холоднотянутых прутковых заготовок.

Этот материал обладает прочностью, необходимой для обхвата трубки из сплава 625 и устойчивости к высокому рабочему давлению, указанному в *Справочнике Swagelok по трубкам*, [MS-01-107](#) и каталоге Swagelok *Фитинги и переходники среднего и высокого давления — специальные сплавы*, [MS-02-474](#).

Фитинги, корпус которых изготовлен из холоднотянутых прутковых заготовок, соответствуют требованиям стандартов NACE MR0175 / ISO 15156 ([таблица A.14](#)). Фитинги, соответствующие требованиям в [таблице A.13](#), изготавливаются следующим образом:

- корпуса прямых фитингов изготавливаются из отожженных прутковых заготовок;
- корпуса фигурных фитингов изготавливаются из отожженных поковок или отожженных прутковых заготовок;
- гайки изготавливаются из отожженных и холоднотянутых прутковых заготовок и не контактируют со внутренней средой системы;
- задние обжимные кольца изготавливаются из отожженных и холоднотянутых прутковых заготовок и не контактируют со внутренней средой системы;
- передние обжимные кольца изготавливаются из отожженных и холоднотянутых прутковых заготовок;
- носовая часть переднего обжимного кольца представляет собой соприкасающуюся со средой поверхность, которая находится в сжатом состоянии и поэтому не подвергается коррозионному растрескиванию под напряжением или растрескиванию в средах высокосернистого газа, так как согласно стандарту эти виды растрескивания могут происходить только в компонентах, к которым приложено растягивающее напряжение;
- заглушки, соединения для проходного канала и трубные переходники изготавливаются из отожженных прутковых заготовок.



➤ **Посмотрите дополнительные материалы по стандартам NACE**

Требования NACE к трубным обжимным фитингам и фитингам под приварку из сплава 6Mo

Стандарт NACE MR0175 / ISO 15156 содержит таблицы с изложением требований к материалам и предельных параметров окружающей среды для материалов, применяемых на входе в высокосернистой среде. Требования стандарта NACE MR0175 / ISO 15156 к сплавам 6Mo определены в [таблицах A.8 и A.11](#).

В [таблице A.8](#) приведены предельные параметры окружающей среды и материалов для высоколегированных аустенитных нержавеющей сталей, используемых при изготовлении любого оборудования или компонентов установок, применяемых в высокосернистой среде.

В [таблице A.11](#) приведены предельные параметры окружающей среды и материалов для высоколегированных аустенитных нержавеющей сталей, используемых при изготовлении трубок для КИП и систем управления, компрессионных фитингов и поверхностных и скважинных фильтров.



Деталь	Материал	ТУ Американского общества по испытанию материалов (ASTM)	ленты
1 Гайка	Сплав 254 (UNS S31254) или сплав 6HN (UNS N08367)	A479 ^①	254 или 6HN снаружи
2 Заднее обжимное кольцо	6HN (UNS N08367)	A479 ^②	6HN на наружной кромке
3 Переднее обжимное кольцо	<i>Сплав 254 (UNS S31254) или сплав 6HN (UNS N08367)</i>	A479 ^①	<i>254 или 6HN на наружной кромке</i>
4 Корпус	<i>Сплав 254 (UNS S31254) или сплав 6HN (UNS N08367)</i>	Прямой корпус — A479 ^① Фигурный корпус — A182	<i>Трубные фитинги и фитинги для трубок — 254 или 6HN на горловине Сварной фитинг — 254 или 6HN на корпусе Трубные и сварные фитинги — SG на корпусе</i>

Соприкасающиеся со средой детали выделены курсивом

① A479 (исключая удлинение, зону редукации и твердость в случае изготовления из холоднотянутых прутков)

② A479 (исключая удлинение и твердость)

Материал имеет значение. Дополнительную информацию можно найти в полном информационном документе Swagelok *Трубные обжимные фитинги, трубные фитинги и фитинги под приварку из сплава 6Mo, соответствующие стандарту NACE MR0175 / ISO 15156, MS-06-122.*

Стандарты Norsok

Стандарты Norsok (разработанные норвежской нефтяной промышленностью) определяют требования к материалам и цепи поставок, цель которых заключается в следующем:

- обеспечить безопасность и экономичность эксплуатации;
- заменить спецификации нефтяной компании;
- заложить основу для процесса международной стандартизации;
- отменить стандарт после публикации международного стандарта.

В связи с усилением интереса к изделиям, сертифицируемым на основе стандарта Norsok, компания Swagelok рада представить данные для заказа трубных обжимных фитингов и запорной арматуры общепромышленного назначения, изготавливаемых из сертифицированных по стандарту Norsok материалов.

Мы предлагаем изделия, выполненные из прутков и поковок из сплавов 2507, 254 и 6NN, которые отвечают требованиям стандарта Norsok M-650 к цепи поставки.

➤ **Посмотрите дополнительные материалы по стандартам Norsok**



Стандарты Norsok

В таблице представлены сведения о требованиях стандартов.

Стандартное исполнение	Описание
M-650: квалификация производителей специальных материалов	<p>Описывает набор квалификационных требований, удостоверяющих, что производитель имеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • достаточную компетентность и опыт для производства материалов требуемых марок; • оборудование и производства, необходимые для изготовления этих позиций требуемых формы и размера с приемлемыми свойствами. <p>Также описывает спецификации для различных форм изделий, включая бесшовные трубы, сварные трубы, фитинги, поковки, пластины, отливки, прутки и трубки.</p>
M-001: выбор материалов	<p>Стандарт с использованием стандарта ISO 21457 содержит рекомендации по выбору материалов для использования в нефтегазовой промышленности на морских объектах, в том числе:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рекомендации по борьбе с коррозией и ее предотвращению; • проектные ограничения при использовании конкретных материалов; • требования к характеристикам новых материалов и их применению.
M-630: технические данные материалов и элементные данные трубопроводных систем	<p>Содержит спецификации на следующие материалы:</p> <p>углеродистые стали: тип 235, тип 235LT, тип 360LT;</p> <p>ферритные / аустенитные нержавеющие стали: тип 22Cr, тип 25Cr;</p> <ul style="list-style-type: none"> • медные / никелевые 90/10 и другие медные сплавы; • сплавы на основе никеля: тип 625; • полимеры, включая армированные волокном; • аустенитные нержавеющие стали: тип 6mo; • аустенитные нержавеющие стали: тип 316; • титан; • высокопрочные, низколегированные стали.

Учебный курс по материаловедению

Сделайте правильный выбор для своей области применения

Компания Swagelok предлагает учебный курс по материаловедению. Узнайте больше о выборе оптимального коррозионностойкого материала, применяемого в условиях, требующих определенных параметров давления, при очень низких или очень высоких температурах, необходимости выдерживать воздействие коррозии, соответствовать определенным отраслевым стандартам или конкретным эксплуатационным требованиям.

- Выбирайте надлежащие материалы, обеспечивающие отсутствие утечек в ваших жидкостных и газовых системах для эффективной работы.
- Узнайте, какими антикоррозионными свойствами обладают конкретные сплавы, как материалы ведут себя и какое влияние отраслевые стандарты оказывают на выбор материалов.

Вы получите знания:

- об основах материаловедения, коррозионных свойствах материалов и других факторах, которые необходимо учитывать при их выборе;
- о видах коррозии и об устойчивости к ней определенных сплавов;
- о том, как выбрать наилучшие конструкционные материалы для сложных областей применения с учетом номинальных параметров давления и температуры, опасностей коррозии и существующих требований;
- о том, как выбрать подходящие компоненты для предотвращения коррозии в среде высокосернистого газа, а также с учетом требований стандартов NACE;
- наиболее существенные положения о природе и поведении материалов, включая представление металлов на атомном уровне, а также микроструктурные характеристики и механические свойства материалов.



Дополнительные ресурсы

Качество и надежность

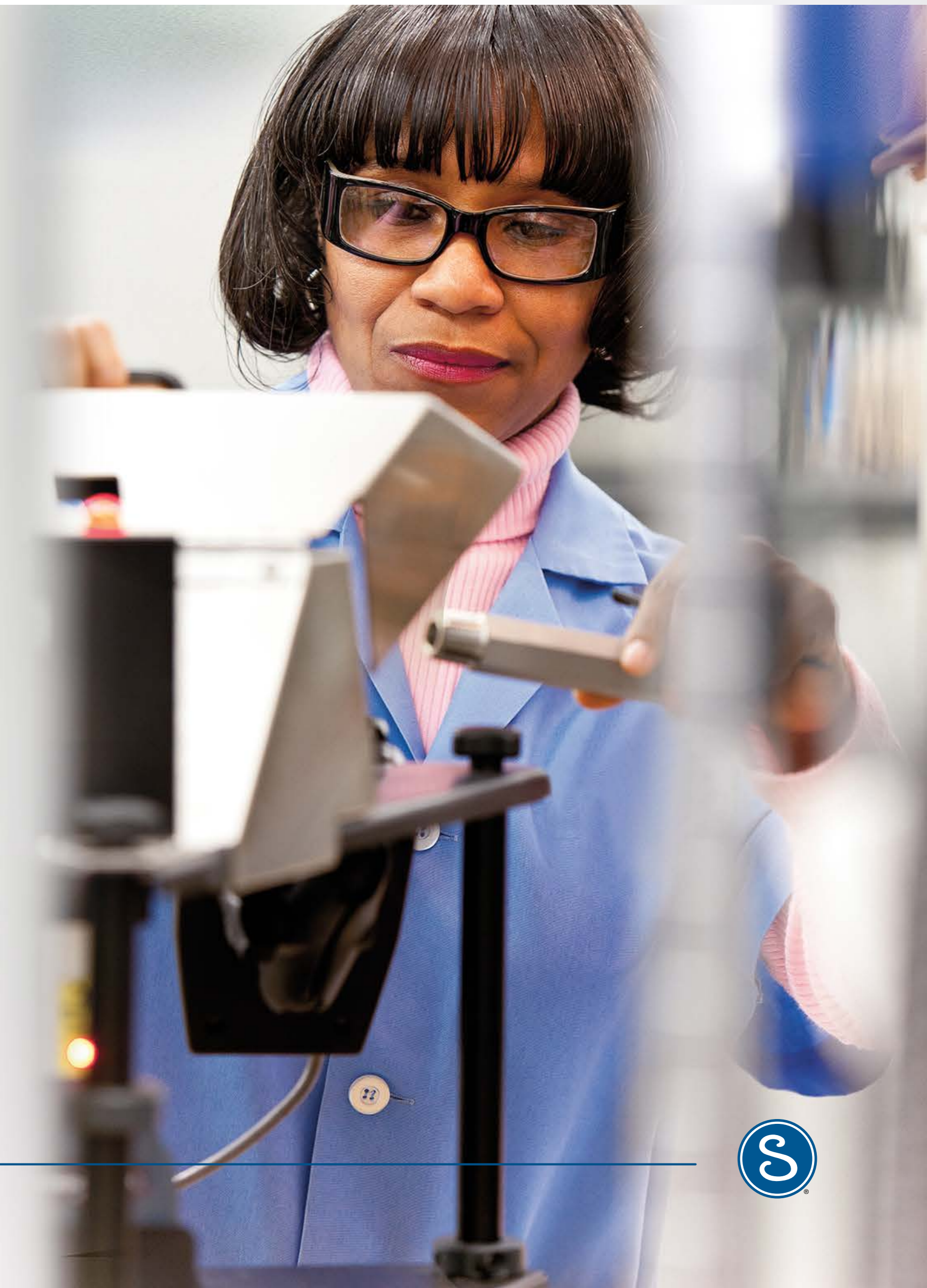
Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик и длительных сроков службы жидкостных и газовых систем их проектирование и подбор материалов должны осуществляться комплексно. Именно поэтому не только отдел контроля качества, но и вся компания Swagelok нацелена на обеспечение наивысшего качества, включая номинальные характеристики изделий и заключения о проведении испытаний для всех специальных сплавов.

Вместо того чтобы просто покупать готовые материалы, мы ставим задачу строго контролировать качество путем:

- предъявления к металлургическим заводам более строгих требований в отношении качества сплавов;
- использования достоверной идентификации материалов;
- изготовления собственных инструментов;
- применения технологичных методов неразрушающего контроля;
- специальной подготовки нашего инженерно-технического персонала, ответственного за работу с цепью поставки.

Эти меры позволяют добиться повышения однородности материалов и предотвращения передачи дефектов в конечные изделия. Установленные в вашу систему все проданные нами изделия сопровождаются нашей [ограниченной гарантией на весь срок службы](#).

➤ **Ознакомьтесь с информацией о дополнительных ресурсах**



Дополнительные ресурсы

Учебный курс по продуктам и системам

Расширьте свои знания о жидкостных и газовых системах и возможности вашей команды с помощью полного набора учебных программ, предлагаемых нашей компанией.

Услуги оценки систем и консультационная поддержка

В случаях, когда вам требуется дополнительная поддержка, мы можем провести инспектирование вашего объекта с целью оценки, а также поиска и устранения неисправностей систем отбора проб, шлангов, паровых систем и т. д.

Специализированные решения Swagelok®

Мы можем оказать вам помощь в проектировании, разработке технических условий и строительстве агрегатов жидкостной и газовой системы. Мы предлагаем профессионально сконструированное решение, включающее испытания, проверку и упаковку — вместе с ограниченной гарантией Swagelok на весь срок службы.

Поиск технического консультанта

Хотите получить дополнительную консультацию в отношении требований к материалам? Обращайтесь в авторизованный центр продаж и сервисного обслуживания компании Swagelok.

➤ **Ознакомьтесь с информацией о дополнительных ресурсах**



Дополнительные ресурсы

По приведенным ниже ссылкам можно найти другие полезные справочные материалы.

Статьи

[Журнал World Oil](#): предотвращение точечной и щелевой коррозии трубопроводов из нержавеющей стали на морских объектах

[Журнал Offshore Magazine](#): выбор компонентов жидкостных и газовых систем для использования на месторождениях с высоким содержанием сероводорода

Справочное руководство

[Справочник по трубкам](#), MS-01-107

[Данные по трубкам – сочетания компонентов из различных сплавов](#), MS-06-117

Отчеты об испытании продукции

Испытание на коррозионное растрескивание под напряжением и воздействием хлоридов трубных обжимных фитингов Swagelok® из нержавеющей стали 316 в сочетании с другими материалами

[PTR-4183](#) — испытание на коррозионное растрескивание под напряжением и воздействием хлоридов

Трубки из супераустенитной нержавеющей стали 254 SMO® (6Mo) с трубными обжимными фитингами Swagelok® из нержавеющей стали

[PTR-2834](#) — испытание на растяжение

[PTR-2835](#) — испытание циклическим воздействием высоких температур и гидростатическое испытание

[PTR-2836](#) — испытание циклическим воздействием низких температур и гидростатическое испытание

[PTR-2841](#) — испытание вращением на изгиб

[PTR-2849](#) — гидравлическое импульсное испытание и гидростатическое испытание

[PTR-2852](#) — гидростатическое испытание под давлением

[PTR-2853](#) — испытание газообразным азотом на герметичность с разборкой и сборкой

Стандарты NACE и Norsok

Соответствующие стандартам NACE и Norsok клапаны [SCS-00193](#)

ПОДБОР ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

При выборе изделия следует принимать во внимание всю систему в целом, чтобы обеспечить ее безопасную и бесперебойную работу. Соблюдение назначения устройств, совместимости материалов, надлежащих рабочих параметров, правильный монтаж, эксплуатация и обслуживание являются обязанностями проектировщика системы и пользователя.

HASTELLOY® и HAYNES® — зарегистрированные коммерческие обозначения компании Haynes International, Inc.

MONEL®, INCOLOY® и INCONEL® — зарегистрированные коммерческие обозначения компании Huntington Alloys Corporation.

Журнал Offshore Magazine издает корпорация PennWell Corporation © 2007–2018 гг.

Журнал World Oil издает компания Gulf Publishing Company © 2007–2018 гг.

NACE® — NACE International — The Corrosion Society © 2018 г. Все права защищены.

TUNGUM является зарегистрированным товарным знаком компании TUNGUM HYDRAULICS LIMITED.

SANICRO является зарегистрированным товарным знаком компании SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB.

254 SMO является зарегистрированным товарным знаком компании Outokumpu Oyj.

Все представленные знаки обслуживания и товарные знаки зарегистрированы компанией Swagelok Company,

если не указано иное. www.swagelok.ru

© Swagelok Company, 2019–2020 гг. Swagelok является товарным знаком компании Swagelok Company.

CORP-0171, ред. С, май 2020 г.

