АО «Аксион»,
г. Москва, Ленинградское шоссе, 23

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО РАБОТЕ С НЕРЖАВЕЮЩИМИ СТАЛЯМИ

2008

УДК 908 (470.51)
ББК 63.3 (2Рос=Рус)6-2
Ц 54

АО «Аксион»

Методическое пособие по работе с нержавеющими сталями: составитель Цегельник Э.С.: АО «Аксион». – Москва. 2008 г., 58 с.

Методическое пособие предназначено для менеджеров склада нержавеющей металлопродукции. Рассмотрены свойства и назначение нержавеющей стали. Излагается технология выплавки стали, её термической обработки и передала слитков. Представлен сортамент нержавстального проката. Показано, как использовать преимущества нержавеющих сталей над стандартными сталями. Рассмотрено влияние легирующих элементов на формирование оптимальных комбинаций свойств нержавеющих сталей. Проведён анализ маркировки нержавеющих сталей согласно международных стандартов и перечислены правила работы с нержавеющими сталями. Сведения, представленные в методическом пособии, помогут определиться с выбором необходимой марки нержавеющего проката под конкретную технологическую задачу.

© Цегельник Э.С., текст, 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о сталях. Классификация нержавеющих сталей…….
2. Основные составляющие компоненты нержавеющих сталей……
   2.1. Хром……..….
   2.2. Никель…….
   2.3. Титан……
   2.4. Молибден……
   2.5. Марганец…….
   2.6. Медь…….
   2.7. Алюминий……...
   2.8. Кобальт……
3. Маркировка сталей и сплавов……
   3.1. Система маркировки сталей в России…….….
   3.2. Система маркировки сталей в США……
   3.3. Система маркировки сталей европейских стран……
   3.4. Соответствие международных стандартов нержавеющих сталей.……
4. Механические и физические свойства нержавеющих сталей……
5. Обозначение вида проката в зарубежных стандартах…….…
6. Характеристика и область применения нержавеющих сталей…….…..
   6.1.Стали серии AISI 300…….
   6.2.Стали серии AISI 400…….
   6.3.Стали серии AISI 200…….
7. Получение нержавеющей стали……
8. Прокатный сортамент……
9. Бесшовные трубы……
   9.1.Классификация бесшовных труб……..
   9.2.Способы производства……...
   9.3.Стандарты и ГОСТы на трубы бесшовные…….
   9.4.Нормативы целевого использования на трубы бесшовные……..…
10. Сварные трубы……
    10.1. Способы производства……
    10.2. Стандарты и ГОСТы на трубы сварные……
    10.3. Способы сварки труб……...
    10.4. Различия международных стандартов DIN……..
    10.5. Качество поверхности, финишная обработка……...
    10.6. Нормативы целевого использования на трубы сварные…….....
11. Условные обозначения для определения типа поверхности трубы и декоративного листа……..
12. Получение сортового и листового проката……..
    12.1.Тонкий лист……...
    12.2.Толстый лист…….
    12.3.Обработка поверхности листа. Виды поверхности……...
13. Применяемость продукции……
14. Изготовление прутков и проволоки…….
15. Круг горячекатаный……
16. Уголок нержавстальной…….
17. Квадрат……
18. Швеллер……...
19. Полоса стальная……..
20. Термическая обработка нержавеющих сталей…….…
21. Транспортировка, хранение, обслуживание, защита нержавеющей стали……..
22. Заключение. Доброе слово о нержавейке…….…
23. Преимущества нержавеющих сталей……....
24. Правила обращения с нержавеющей сталью……...
25. ПРИЛОЖЕНИЕ. Справочные таблицы……

1. Общие сведения о сталях

Металлы и сплавы делятся на черные и цветные. К черным относится железо, сталь, чугун. К цветным все другие металлы и сплавы. Чистое железо в технике почти не применяется. И чугун, и сталь – это сплавы железа с углеродом и с другими химическими элементами. Различаются сталь и чугун следующим образом: к сталям относятся сплавы железа с углеродом (С), содержание которого не превышает 2, 14 %, к чугунам относятся сплавы железа с углеродом, содержащие более 2% углерода. Небольшой интервал между ними – переходные стали. Следует различать понятия сталь и сплав. Сталь – если содержание железа составляет более 45 %, сплав – если содержание железа составляет менее 45 %, остальное – примеси и легирующие компоненты (55 %). Стали и сплавы применяются в различных отраслях промышленности и имеют различные технологические и эксплуатационные свойства. Эти свойства сталям придают легирующие элементы (для нержавстали это хром, никель, молибден, вольфрам, ванадий, ниобий, титан и др.). Процесс введения в состав сталей и сплавов легирующих элементов, улучшающих их механические, физические и химические свойства называется легированием. Каждый элемент в зависимости от его количества (доли) придаёт стали определённые специфические качества. Вводя в сталь нескольких элементов можно увеличить эффект (воздействие этих элементов). Наличие легирующих элементов в стали является предпосылкой (условием) для достижения желательных качеств, а способ получения стали, обработка давлением и тепловая обработка помогают достигнуть цели. Кроме легирующих элементов в сталях и сплавах содержатся примеси металлические – кремний (Si), марганец (Mn) и неметаллические – сера (S), фосфор (P), водород (H) кислород (O) и др. Они так же влияют на потребительские свойства и могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие. Примеси не вводятся в сталь специально, они наследуются от исходных материалов (сырья) при производстве сталей.

Основное назначение легирования нержавеющих сталей – придание им коррозионной стойкости, прочности, твёрдости, жаропрочности и жаростойкости, необходимых для работы в агрессивных средах и при повышенных температурах. В зависимости от степени стойкости в разных условиях сплавы подразделяют на группы:

1. **Нержавеющие (коррозионностойкие)** стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;
2. **Жаростойкие** (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550°С, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии;
3. **Жаропрочные** стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Нержавеющие стали и сплавы составляют самую большую группу коррозионностойких материалов. Коррозионная стойкость – это способность сплава противостоять поверхностным разрушением металлов и сплавов вследствие химического или электрохимического воздействия на них внешней среды. По характеру внешнего проявления различают коррозию общую, коррозию точечную (язвенную) и коррозию межкристаллитную. Последняя из них – представляет самую большую опасность, так как имеет скрытный характер и высокую скорость распространения внутрь изделия. По

склонности к этому виду коррозии, нержавеющие стали подразделяют: на склонные к межкристаллитной коррозии и стабилизированные (то есть легированные титаном и ниобием).

Основную классификацию нержавеющих сталей и сплавов ведут по химическому составу (по основному составляющему элементу) и структуре (по фазам). В зависимости от химического состава нержавеющие стали и сплавы разделяют на классы: хромистые, хромоникелевые, хромоникельмолибденовые, хромомарганцевые, хромомарганцевоникелевые. Названия этих сталей указывают на содержание основных легирующих элементов, входящих в их состав и определяющих их коррозионные свойства. В зависимости от структуры нержавеющие стали подразделяют на классы: аустенитный, мартенситный, ферритный, аустенитно-ферритный, аустенитно-мартенситный, феррито-мартенситный. Деление на классы по структурным признакам всегда условно и зависит от основной структуры, полученной сталью в ходе термической обработки. Аустенит, феррит, мартенсит – это всё фазы, представляющие собой разной степени насыщенности твёрдый раствор углерода в железе. Аустенит образуется при нагреве стали, мартенсит – при охлаждении, феррит – при переохлаждении. Мартенсит – придаёт стали высокую твёрдость и прочность. Аустенит – пластичность и стойкость. Феррит – мягкость, вязкость и магнитные свойства.
Рассмотрим основные свойства структурных групп нержавеющих сталей:

Аустенитная нержавеющая сталь имеет в структуре в качестве основной фазы аустенит, и относится к наиболее широко распространенному типу нержавеющей стали. Содержание никеля в такой стали составляет не менее 8%, а хрома не менее 18%, что придает данной стали пластичность, прочность в широком спектре температурных режимов, коррозионную стойкость в большинстве рабочих сред, немагнитные свойства, хорошую технологичность и свариваемость. Благодаря высоким эксплуатационным характеристикам, аустенитные нержавеющие стали нашли широкое применение в качестве конструкционного материала в различных отраслях машиностроения.

Ферритная нержавеющая сталь имеет в структуре феррит. Феррит – это мягкая и пластичная фаза, придающая стали магнитные свойства, образуемая при небольшом переохлаждении. Стали этого класса фактически не содержат никеля, содержание хрома в них 12-26%, могут быть дополнительно легированы другими компонентами. Свойства ферритных сталей близки к свойствам малоуглеродистой стали, но с лучшей сопротивляемостью коррозии. Ферритные стали часто применяются вместо аустенитных нержавеющих сталей в тех областях, где условия эксплуатации недостаточно жёсткие. Несмотря на то, что технологические и эксплуатационные свойства (коррозионная стойкость, штампуемость, вязкость и т.п.) ферритных нержавеющих сталей ниже, чем аустенитных, они имеют преимущество перед последними в цене. Наиболее распространенными представителями этой группы являются стали и сплавы с содержанием хрома 17% и 26%.

Аустенитно-ферритная (дуплексная) нержавеющая сталь содержит обе структурные составляющие – ферритную и аустенитную. Отсюда ее название – «дуплексная нержавеющая сталь». Эта сталь имеет незначительное содержание никеля (3-8%), что частично обуславливает ее аустенитную структуру, и хрома в пределах 18-20%. Наличие в структуре стали феррита вызывает измельчение зерна аустенита, что даёт дополнительное упрочнение. Дуплексная структура предоставляет одновременно прочность и пластичность, что улучшает деформируемость, свариваемость. Преимущество сталей этой группы – повышенный предел текучести по сравнению с аустенитными однофазными сталями, отсутствие склонности к росту зёрен при сохранении двухфазной структуры, меньшее

содержание остродефицитного никеля. Двухфазные стали имеют более высокое сопротивление коррозионному растрескиванию под напряжением, чем стандартные стали, поэтому могут заменить их в умеренно агрессивных средах, имеют меньшую склонность к межкристаллитной коррозии, но ими нельзя заменить высоконикелевые сплавы в средах высокой агрессии.

Мартенситная нержавеющая сталь имеет в структуре мартенсит. Мартенсит – это структурная составляющая, возникающая при охлаждении стали (при закалке). Количество образующего мартенсита растёт с увеличением переохлаждения. Важнейшее явление, сопровождающее закалку на мартенсит – упрочнение, повышение твёрдости. Мартенситные нержавеющие стали в основном содержат 11÷13% хрома, они прочны и жестки при средней сопротивляемости коррозии (используются в атмосферных условиях, в слабоагрессивных средах), имеют высокие механические свойства. Эти стали используют для изделий, работающих на износ, в качестве режущего инструмента и упругих элементов и конструкций в пищевой и химической промышленности, находящихся в контакте со слабоагрессивными средами.

Аустенитно-мартенситная сталь относится к сталям повышенной прочности и технологичности. Структура этих сталей после закалки представляет собой неустойчивый метастабильный аустенит, а свойства определяются соотношением количества аустенита и мартенсита в структуре. Изменения прочностных свойств в таких сталях зависит от количественного содержания легирующих элементов. Оптимальное сочетание прочности и пластичности обеспечивает таким сталям легирование молибденом и алюминием, что объясняет наиболее широкое распространение сталей соответствующих композиций. Используются в сфере высоких технологий.

Помимо нержавеющих сталей, как было уже упомянуто выше, к сталям и сплавам, работающим в агрессивных условиях, относятся жаропрочные и жаростойкие стали. К жаропрочным относятся стали аустенитного класса на хромоникелевой и хромоникельмарганцевой основах с различным дополнительным легированием (разделены они по металлу основы на сплавы на основе никеля и кобальта). Жаростойкие стали и сплавы разделены на группы: хромистые и хромоалюминиевые стали ферритного класса, хромокремнистые стали мартенситного класса, а также хромоникелевые аустенитные стали и сплавы.

Схематическая структурная классификация различных типов нержавеющей стали:

Класс сталей	Никель (Ni), %	Хром (Cr), %	Свойства	Пример
Мартенситные		12-18	Повышенные механические свойства	AISI 431
Ферритные		15-30	Температурная стойкость	AISI 446
Аустенитные	7-35	12-30	Коррозионная стойкость	AISI 304-316L
Аустенитно-ферритные	4-8	20-25	Смешанные свойства	SAF 2205

2. Основные составляющие компоненты нержавеющих сталей

Нержавеющая сталь - это хромосодержащий сплав стали. Минимальное содержание хрома в стандартной нержавеющей стали составляет 12%.

2.1.Хром(Cr)

Хром – относится к группе тугоплавких металлов, он является основным легирующим элементом нержавеющей стали, именно он формирует на её поверхности стойкую окисную плёнку – так называемый «защитный слой», от которого напрямую зависит сопротивление нержавеющей стали коррозии, таким образом обеспечивая стали «нержавеющие» свойства.. Этот чрезвычайно тонкий «защитный слой» обладает свойством самовосстанавливаться. Под влиянием механических и химических воздействий защитный слой может претерпевать разрушение, но в присутствии кислорода окисная плёнка постепенно восстанавливается и приобретает свой прежний вид и антикоррозионные свойства (то есть защитная окисная плёнка хрома обладает свойством самовосстанавливаться). С другой стороны, хром является карбидообразователем, то есть активно вступает в соединение с углеродом (С), образуя карбиды, которые, в свою очередь способствуют сохранению износоустойчивости и прочности нержавеющей стали. Углерод, связывающий хром в частицы карбидов, в свою очередь удаляет его из твёрдого раствора, поэтому для сохранения требуемой стойкости против коррозии в сталь вводят более 12÷14% Cr (при этом соотношении изменяется электрохимический потенциал стали с отрицательного на положительный, что делает её коррозионностойкой). Чем выше содержание хрома, тем выше коррозионная стойкость сплава в атмосферных условиях и в ряде коррозионных сред (в воде, в масле, в кислотах-окислителях (азотная кислота)). С увеличением содержания хрома увеличивается окалиностойкость стали (стойкость при повышенных температурах). Но увеличивать содержание хрома в стали бесконечно нельзя, так как с увеличением хрома у чистых хромистых сталей ухудшается свариваемость. Поэтому чисто хромистые стали не используются для производства сварных труб, для этих целей предпочтительнее хромоникелевые стали, то есть те, где одновременно присутствуют и хром, и никель.

2.2.Никель(Ni)

Никель – тяжёлый металл. Легирование никелем необходимо для повышения прочности и пластичности стали. Никель сам по себе дорогостоящий металл. В сочетании с хромом, никель оказывает повышенную сопротивляемость к действию кислот (замедляет разъедаемость стали в соляной кислоте и стабилизирует действие серной кислоты), повышает сопротивляемость стали действию сильных щелочей. Никель – не карбидообразующий элемент (то есть, не склонен к образованию карбидов углерода), благодаря чему возрастает ударная вязкость стали (особенно в области низких температур). Никель снижает все точки превращения и придаёт нержавеющим сталям с высоким содержанием хрома (более 12%) аустенитную структуру. Никель снижает теплопроводность и электропроводность сталей, и они практически не намагничиваются. Благодаря присутствию никеля прочность нержавеющих сталей сохраняется и при температурах свыше 600º С.

Несмотря на все перечисленные достоинства, хромоникелевые стали не следует использовать для длительной работы в условиях повышенных температур (ввиду опасности межкристаллитной коррозии и охрупчивания стали). Для борьбы с межкристаллитной коррозией лучше подходит нержавеющая сталь, в состав которой входит титан, препятствующий росту зёрен.

2.3.Титан(Ti)

Титан – тугоплавкий металл, относится к классу лёгких металлов. Точка плавления титана 1727º С. Он проявляет наибольшую по сравнению со всеми легирующими элементами склонность к образованию карбидов и образует с углеродом более стойкие карбиды, чем

хром, тем самым снижает содержание углерода в аустените и влияет на повышение стойкости против межкристаллитной коррозии. Этот механизм повышает сопротивляемость хромоникелевых сплавов с титаном действию агрессивных сред при высоких температурах. Количество титана вводят сталь, исходя из количества углерода (не менее 5×С, где С - массовая доля содержания углерода). Титан – сильный раскислитель (удаляет из металла растворённый кислород, азот, серу и др., тем самым устраняя их вредное влияние и улучшая свойства стали). В сочетании с никелем титан позволяет достигнуть более высоких механических свойств и твёрдости высококачественных нержавеющих сталей. Стали, стабилизированные титаном, используются в средах высокой агрессивности, для изделий, длительное время работающих при температуре 600º С.

2.4. Молибден (Mo)

Молибден – относится к тугоплавким металлам; сильный карбидообразователь. Улучшает закаливаемость, уменьшает отпускную хрупкость, увеличивает теплостойкость, пределы текучести и прочности (при высоком содержании молибдена затрудняется ковкость), способствует образованию мелких зёрен, и таким образом оказывает благоприятное воздействие на свариваемость и увеличение коррозионной стойкости стали. Хромоникелевые стали, стабилизированные титаном и содержащие молибден, применяются в специфических средах (кипящей сернистой, фосфорной, муравьиной и уксусной кислотах, сульфитном щелоке, горячем растворе белильной извести и т.п.).

2.5.Марганец (Mn)

Марганец – относится к тяжёлым металлам. В хромоникелевые стали вводится взамен никеля (полностью или частично) для удешевления продукции, хотя при этом придаёт ей несколько меньшую стойкость против коррозии, чем никель. Марганец увеличивает предел текучести и прочность стали, снижает скорость охлаждения и увеличивает закаливаемость, благоприятно влияет на ковкость и свариваемость.

2.6. Медь (Cu)

Медь – относится к тяжёлым металлам. Содержание меди более 0,30 % приводит к повышению твёрдости стали, улучшению закаливаемости, повышению устойчивости сталей к погодным условиям; если меди в стали более 1 %, то в кислотоустойчивых высоколегированных сталях повышается устойчивость к соляной и серной кислотам. Медь не влияет на свариваемость. Медь добавляют в сплавы только при получении некоторых видов сталей, так как она накапливается под слоем окалины.

2.7. Алюминий (Al)

Алюминий – относится к классу лёгких металлов. При добавлении в незначительных количествах способствует образованию мелкозернистой структуры стали и росту стойкости против газовой коррозии при высоких температурах (жаростойкость) Если одновременно с высокой коррозионной стойкостью нужно получить и высокие жаропрочные свойства, то сталь дополнительно легируют **ниобием** (Nb), **вольфрамом** (W), **ванадием** (V), **кобальтом** (Co).

2.8.Кобальт (Co)

Кобальт относится к тяжёлым металлам. Он не образует карбидов, тормозит рост зёрен при высоких температурах, значительно повышает теплоустойчивость, остаточную намагниченность и теплопроводность, тем самым увеличивает жаропрочные свойства стали. Кобальт не желателен в сталях для атомных реакторов, так как при нейтронном облучении образует сильно радиоактивный изотоп. В хромоникелевые стали кобальт вводится для повышения их жаростойкости.

Основное влияние легирующих элементов на свойства сталей:

- Хром – повышает коррозионную стойкость;
- Никель – повышает прочность и пластичность;
- Титан – повышает твёрдость, сопротивление межкристаллитной коррозии и кислотоустойчивость стали;
- Вольфрам – увеличивает твёрдость;
- Кобальт – повышает жаропрочность;
- Молибден, ниобий – увеличивают сопротивление окислительным процессам при высоких температурах;
- Сера – обеспечивает вязкость металлу;
- Фосфор – увеличивает жидкотекучесть (улучшает литейные свойства металла);
- Марганец – повышает прокаливаемость и прочность;
- Кремний – повышает предел текучести и прочность;
- Азот – увеличивает прочность, предел текучести и механические свойства.

Нержавеющая сталь может перерабатываться: в качестве лома она может быть переплавлена в новых целях.

3. Маркировка сталей и сплавов

Многообразие коррозионных сред и условий службы изделий привело к созданию широкого сортамента нержавеющих сталей. В разных странах, производящих нержавеющие стали и сплавы, маркировка осуществляется согласно принятых на территории этих стран стандартов.

3.1 Система маркировки сталей в России и других странах СНГ

В России и странах СНГ в соответствии с межгосударственными стандартами (ГОСТ) принята буквенно-цифровая система обозначений марок сталей. Цифрами обозначается содержание элементов стали в процентах, а буквами – наименование элементов (см. табл.1).

Таблица 1. Наименование легирующих элементов в стали

Элемент	Обозначение	Элемент	Обозначение
Никель(Ni)	Н	Вольфрам (W)	В
Хром (Cr)	Х	Кремний (Si)	С
Кобальт (Co)	К	Фосфор (P)	П
Молибден (Mo)	М	Редкоземельные металлы	Ч
Марганец (Mn)	Г	Бериллий (Be)	Л
Медь (Cu)	Д	Селен (Se)	Е
Бор (B)	Р	Галлий (Ga)	Гл
Ниобий (Nb)	Б	Висмут (Bi)	Ви
Цирконий (Zr)	Ц	Иридий (Ir)	и
Титан (Ti)	Т	Кадмий (Cd)	Кд
Алюминий (Al)	Ю	Азот (N)	А (в середине наименования)

Примечание: если буква «А» стоит в конце обозначения стали, то это означает, что данная сталь высококачественная, в ней ограничено содержание серы и фосфора (например, 12Х2Н4А).

Первое число в обозначении марки стали показывает среднее содержание углерода, умноженное на 100 (например, цифра «8» перед «Х» в стали 08Х18Н10Т означает, что в ней содержится 0,08% углерода (С)). Это относится только к углероду! Содержание всех других легирующих элементов в марке стали пишется и считается идентично. Отсутствие цифры после буквенного обозначения элементов говорит о том, что данного элемента в стали содержится не более 1%. Стали нержавеющие стандартные, согласно ГОСТ 5632-72, маркируют только буквами и цифрами, например, 08Х18Н10Т или 16Х18Н12С4ТЮЛ. Стали нержавеющие, нестандартные опытных партий, выпускаемым по техническим условиям, обозначают индексами завода производителя и порядковыми номерами, например, буквы «ЭИ», «ЭП», или «ЭК» присваивают сталям, впервые выплавленным заводом «Электросталь» (ЭИ435, ЭИ135, ЭП225, ЭК156), «ЧС» – сталям выплавки Челябинского завода «Мечел» (ЧС43, ЧС87), «ДИ» – сталям выплавки завода «Днепроспецсталь» (ДИ57, ДИ94) и др. В зависимости способа выплавки и доводки стали в обозначение ряда сталей дополняют буквы (например, 13Х18Н10-ВИ), что означает вакуумно-индукционная выплавка; 09Х16Н4Б-ВД – сталь получена вакуумно-дуговым переплавом; 03Н18К9М5Т-ЭЛ – сталь получена электронно-лучевым переплавом; «–ГР» – газокислородное рафинирование, «–ИД» – вакуумно-индукционная выплавка с последующим вакуумно-дуговым переплавом; «–ИЛ» – вакуумнодукционная выплавка с последующим электронно-лучевым переплавом (например, ЭП989-ИЛ); если стали получены методом электрошлакового переплава, к их наименованиям добавляется через тире буква «Ш» (например, 06Х16Н15М3Б-Ш).

3.2. Система маркировки сталей в США

В США существует несколько систем обозначения металлов и их сплавов. Это объясняется наличием нескольких организаций по стандартизации. Наиболее известными являются AISI – Американский Институт Чугуна и Стали и ASTM – Американское Общество Испытания Материалов, и, соответственно, системы обозначения AISI и ASTM. Обозначения нержавеющих сталей по AISI включают в себя три цифры и следующие за ними в ряде случаев одну, две или более буквы. Первая цифра обозначения определяет класс стали. Так обозначения аустенитных нержавеющих сталей начинаются с цифр 2XX и 3XX, в то время как ферритные и мартенситные стали определяются в классе 4XX. При этом последние две цифры определяют порядковый номер стали в группе. Значения букв, следующих за цифрами, даны в табл. 2.

Таблица 2

Дополнительные буквы и цифры, используемые для обозначения нержавеющих сталей по AISI

Символ AISI	Описание
xxxL	Низкое содержание углерода (< 0,03 %)
xxxS	Нормальное содержание углерода (< 0,08 %)
xxxN	Добавлен азот
xxxLN	Низкое содержание углерода (< 0,03 %) + добавлен азот
xxxF	Повышенное содержание серы и фосфора
xxxSe	Добавлен селен
xxxB	Добавлен кремний
xxxH	Расширенный интервал содержания углерода
xxxCu	Добавлена медь

Приведём примеры.

Сталь **304** относится к аустенитному классу, содержание углерода в ней < 0,08 %. В то же время в стали **304 L** углерода не более 0,03 %, а в стали **304 H** – 0,04÷0,10%. Сталь 304, кроме того, может быть легирована азотом (тогда её наименование будет **304 N**) или медью (**304 Cu**).

В стали **410**, относящейся к мартенситно-феритному классу, содержание углерода < 0,15 %, а в стали **410 S** углерода < 0,08 %. В стали **430 F** в отличие от стали **430** повышенное содержание серы и фосфора, а в сталь **430 F Se** добавлен ещё и селен.

Обозначения сталей в системе **ASTM** включает в себя: букву **A**, означающую, что речь идёт о чёрном металле (сталь, чугун); порядковый номер нормативного документа ASTM (стандарта); собственно обозначение марки стали. Стандарты ASTM, как правило, определяют не только химический состав стали, но и полный перечень к металлопродукции. Для обозначения собственно марок сталей может быть использована как собственная система обозначений ASTM (в этом случае химический состав сталей и их маркировка определяются непосредственно в стандарте), так и другие системы обозначений, например AISI (для прутков, проволоки, заготовок и др.).

Приведём примеры.

Сталь **A 276 Type 304 L** – буква «**A**» указывает на то, что речь идёт о чёрном металле (сталь, чугун); **276** – это порядковый номер стандарта ASTM; **Type 304** – марка стали. В данном стандарте используется обозначение марки стали в системе AISI – **304 L**.

Сталь **A 269 grade TP304** – буква «**A**» указывает на то, что речь идёт о чёрном металле (сталь, чугун); **269** – это порядковый номер стандарта ASTM; «**grade TP304» –** марка стали, в которой используется комбинированная система обозначений: буквы **TP** определяют, что сталь предназначена для производства труб; **304** – это обозначение стали в системе **AISI**.

3.3. Система маркировки сталей европейских стран

Европейская система обозначений стали, регламентирована стандартом EN 100 27. Первая часть этого стандарта определяет порядок наименования сталей, а вторая часть регламентирует присвоение сталям порядковых номеров. Порядковый номер стали представляется в виде 1.XXXX, где цифра 1. определяет, что данный материал относится к сталям. Следующие две цифры после 1. определяют номер группы сталей, а две последние – порядковый номер стали в группе. По номеру группы можно однозначно определить к какому типу относится та или иная сталь.

Таблица 3

Нумерация сталей по Европейскому стандарту EN 10027

Стали		Порядковые номера
Легированные	Коррозионностойкие	1.40XX – 1.45XX
	Жаропрочные и жаростойкие	1.46XX – 1.49XX
	Высококачественные легированные конструкционные	1.50XX – 1.85XX
	Свариваемые высококачественные	1.87XX – 1.89XX

Пример нумерации сталей по EN 10027: **1.4301** – цифра «1.» означает, что данный материал сталь, «43» – сталь относится к классу коррозионностойких (от 40 до 45), «01» - порядковый номер стали в группе коррозионостойких сталей (аналог стали 304).

Национальные стандарты стран Европы (например, Германия (DIN), Франция (NF) и др.) ориентированы на Европейскую систему стандартизации EN (Евронорма), но при этом могут иметь отличия в обозначении.

Таблица 4

Соответствие международных стандартов нержавеющих сталей (химический состав, структура и обозначение марок)

(таблица на альбомном листе)

4. Механические и физические свойства нержавеющих сталей

Механическими свойствами материалов называют свойства, которые выявляются испытаниями при воздействии внешних нагрузок. Механические свойства стали зависят от легирования, термической обработки и структурного состояния. Например, стали аустенитного класса с 18% Cr и 9-10% Ni (12Х18Н9, 17Х18Н9 и др.) в результате закалки приобретают аустенитную структуру и характеризуются повышенной пластичностью (δ = 40-50%, Ψ= 50-60%), умеренной прочностью ($\sigma_в$=500-600 МПа), хорошей коррозионной стойкостью в окислительных средах. Эти стали технологичны (хорошо свариваются, штампуются, подвергаются холодной прокатке и т.д.), не склонны к хрупкому разрушению при низких температурах, поэтому хромоникелевые стали (особенно с малым содержанием углерода – 08Х18Н10Т) широко используют в криогенной технике для хранения сжиженных газов, изготовления оболочек топливных баков и ракет и т.д. Стали аустенитно-мартенситного класса (09Х15Н8Ю, 09Х17Н7Ю) являются высокопрочными. Они хорошо свариваются, устойчивы против атмосферной коррозии. После закалки эти стали обладают высокой пластичностью (δ = 30%, $\sigma_в$=900 МПа) и могут пластически деформироваться и обрабатываться резанием. Эти стали применяют для изготовления обшивки, сопловых конструкций и силовых элементов узлов летательных аппаратов.

Стали аустенитно-ферритного класса (08Х22Н6Т, 03Х23Н6, 08Х21Н6М2Т, 10Х25Н5М2 и др.) после закалки имеют структуру, состоящую из равномерно распределённых между собой зёрен аустенита и феррита с содержанием последнего порядка 40-60%. Механические свойства закалённых аустенитно-ферритных сталей находятся в следующих пределах: $\sigma_в$=510-700 МПа, $\sigma_{0,2}$=300-500 МПа, δ = 18-25% и , Ψ= 45-55% . Аустенитно-ферритные стали имеют по сравнению с аустенитными ряд преимуществ: более оптимальный комплекс механических свойств (в частности, более высокий предел текучести); меньшую предрасположенности к межкристаллитной коррозии и коррозионному растрескиванию; содержит меньше дефицитного никеля. Стали аустенитно-ферритного класса не склонны к росту зерна, они стойки как в окислительных, так и в окислительно-восстановительных средах, обладают хорошей свариваемостью, могут деформироваться в режиме сверхпластичности. Аустенитно-ферритные стали применяются в химическом и пищевом машиностроении, судостроении, авиации, медицине.

Основные характеристики механических и физических свойств материалов приведены в таблице 4

Таблица 5

Характеристика, размерность	Документ	
	EN	ГОСТ, ТУ
Временное сопротивление разрыву (предел прочности), Н/мм^2;	*Rm*	$\sigma_в$
Условный предел текучести с допуском на величину пластической деформации при нагружении	*Rp*1,0; *Rp*0,2	$\sigma_{0,2}$
Относительное удлинение, %	*A; A5*	δ_5 ;δ_{10}
Ударная вязкость, Дж/см^2	*KV*	*KCU, KCV*
Твёрдость	HRB	HRC, HB

Плотность, кг/м^3	ρ,	γ
Модуль упругости, кН/мм^2	*E*	*E*
Температурный коэффициент линейного расширения, 10^6/º С	*α*	*α*·10^6/º С
Теплопроводность ,Вт / (м · К)	*λ*	*λ*
Удельная теплоемкость, Дж/(кг · К)	c	c
Удельное электрическое сопротивление, мкОм · м	ρ	ρ

Физические и механические свойства нержавеющих сталей следует учитывать не только при конструировании изделий из них, но и при разработке технологии их производства.

Таблица 6

4.1. Механические свойства зарубежных нержавеющих сталей при комнатной температуре (20 °С**)**

Аналоги стали			**Механические свойства**			
EN (Европейская норма)	AISI (США)	ГОСТ (Россия)	Re ($Rp_{0,2}$) H/mm^2 min.	Rm N/mm^2	A_5% min.	Hb max. HRC
1.4000	403, 410 S	08Х13	230	400-630	20	200
1.4003			230		20	200
1.4016	430	12Х17	240	400-630	20	200
1.4510	430 Ti, 439	08Х17Т	240	420-600	23	180
1.4006	410	12Х13	450	660-850	15	220≥24
1.4021	420	20Х13	600	800-950	12	230≥28
1.4028	420 F	30Х13	650	850-1000	10	245≥48
1.4031		40Х13		≤ 800		245≥52
1.4034		40Х13		≤ 800		245≥52
1.4057	431	20Х17Н2	700	900-1050	12	295≥45
1.4122			550	750-950	12	280≥28
1.4301	304	08Х18Н10	190	500-700	45	215
1.4305	303		190	500-770	35	230
1.4306	304 L	03Х18Н11	180	460-680	45	215
1.4307	(304 L)		175	460-680	45	215
1.4310	301		195	500-700	40	230
1.4401	316		200	500-700	40	215
1.4404	316 L		200	500-700	40	215
1.4435	316 L	03Х17Н14М3	200	500-700	35	215
1.4436	316		200	500-700	40	215
1.4438	317 L		200	500-700	40	215
1.4439	(317 LN)		280	580-800	35	250
1.4529	UNS N08925		300	650-850	40	250
1.4539	UIMS IM08904		230	530-730	35	230
1.4541	321	12Х18Н10Т	190	500-700	45	215
1.4547	UNSS31254		300	650-850	35	260
1.4550	347, 348	03Х17Н14М3	205	510-740	40	230
1.4571	316 Ti	10Х17Н13М2Т	200	500-700	40	215
1.4362	UNS S32304		400	600-830	25	260
1.4410			530	730-930	25	290
1.4460	329		460	620-880	20	260
1.4462	UNSS31803		450	620-880	25	270
1.4718	HNV3	40Х9С2	700	900-1100	14	217

1.4724		10Х13СЮ	250	450-650	15	192
1.4742		15Х18СЮ	270	500-700	12	212
1.4749	(446)		280	500-700	15	217
1.4762	(446)		280	520-720	10	223
1.7362			215	≥ 390	22	170
1.4828	309	20Х20Н14С2	230	500-750	30	223
1.4833	309 S		210	500-750	26	192
1.4841	314, 310	20Х25Н20С2	230	550-800	30	223
1.4843			295	≥ 540	35	192
1.4845	310S	20Х23Н18	210	500-750	35	192
1.4864	330		230	550-800	30	223
1.4876	В 163		210	500-750	30	192
1.4878	321		210	500-750	40	192

Таблица 7

4.2.Физические характеристики зарубежных нержавеющих сталей

Марки стали EN	Плотность ρ, кг/дм^3, при 20 °С	Модуль упругости *E*, кН/мм^2 при		Температурный коэффициент линейного расширения α· 10^{-6}/°С, при		Теплопроводность λ, Вт/(м · °С) при		Теплоемкость с, Дж/(кг · °С) при		Удельное электрическое сопротивление ρ, мкОм · м при 20 °С	Намагничиваемость * при 20 °С
		20 °С	400 °С	100 °С	400 °С	20 °С	400 °С	20 °С	400 °С		
Нелегированная сталь 1.0345	7,8	210	175	12,0	14,0	55	44	460	620	0,18	Y
1.4000 1.4016 1.4510	7,7	220	195	10,5 10,0 10,0	12,0 10,5 10,5	30 25 25	25	460	620	0,60	Y
1.4021 1.4028 1.4418	7,7	215 215 200	190 190 170	10,5 10,5 10,3	12,0 12,0 11,6	30 30 15	25	460 460 430	650	0,60 0,60 0,80	Y
1.4362 1.4460 1.4462 1.4410	7,8	200	172	13,0	14,5	15	20	500	650	0,80	Y
1.4310 1.4372	7,9 7,8	200	172	16,0	17,5	15	20	500	620	0,73	N
1.4307 1.4301 1.4311 1.4541	7,9	200	172	16,0	17,5	15	20	500	620	0,73	N*
1.4306 1.4303	7,9	200	172	16,0	17,5	15	20	500	620	0,73	N*
1.4404 1.4401 1.4406 1.4571	8,0	200	172	16,0	17,5	15	20	500	620	0,75	N*
1.4432 1.4436 1.4435	8,0	200	172	16,0	17,5	15	20	500	620	0,75	N

1.4438 1.4434 1.4439	8,0	200	172	16,0	17,5	14 15 14	20	500	600	0,85 0,75 0,85	N
1.4539 1.4547 1.4652	8,0	195 195 190	166 166 164	16,0 16,5 15,0	17,0 18,0 16,2	12 14 11	- 18 15	450 500 500	- - 570	1,00 0,85 0,78	N
2.4856	8,4	200	180	12,0	13,5	10	16	410	540	1,3	
EN	Плот-ность	500	1000 °C	500	1000 °C	500	1000 °C	500	1000 °C		
1.4948 1.4878 1.4818	7,9 7,9 7,8	160	125	18,2 18,2 18,2	20,0	21	28	580	660	0,71 0,71 0,85	N
1.4833 1.4828 1.4835	7,9 7,9 7,8	160	125	17,8 17,8 18,2	19,5 19,5 19,5	19 21 21	29	580	660	0,78 0,85 0,85	N
1.4845 1.4854	7,9 7,9	160	125	17,3 16,5	19,0 18,0	19 19	26	580	660	0,85 1,00	N

- *Намагничиваемость обозначается буквой ***Y***. К числу намагничиваемых сталей относятся ферритные, мартенситные, двухфазные стали.
- Буквой ***N*** обозначены не намагничиваемые аустенитные марки стали с магнитной проницаемостью μ = 1,05÷1,2. Небольшое содержание феррита или мартенсита, обусловленное холодной деформацией, повышает намагничиваемость.
- Буквой ***N****- отмечены марки стали для областей применения с низкими требованиями к намагниченности (например μ = 1,005 (макс).

4.3.Обозначение вида проката

Для обозначения вида проката изготавливаемого из данных марок нержавеющих сталей в зарубежных стандартах используется следующая кодовая система:

P - горячекатаный толстый лист (Quarto);
H - горячекатаная полоса/тонкий лист (CPP);
C - холоднокатаная полоса/тонкий лист;
N - прецизионная полоса;
B - сортовой прокат;
R - пруток и проволока.

Таблица 8

Обозначение вида проката в зарубежных стандартах

Класс стали	EN (Евронорма)	AISI (США)	ГОСТ (Россия)	Продукция
Ферритные стали	1.4000	403, 410S	08Х13	H, N, B, R
	1.4016	430	12Х17	C, N, B, R
	1.4510	430 Ti, 439	08Х17Т, 09Х17Т	C, R
Мартенситные стали	1.4021	420	20Х13	H, N, B, R
	1.4028	420F	30Х13	N, R
Дуплексные стали (ферритно-аустенитные)	1.4418	-	-	P, B, R
	1.4362	UNS S32304	-	P, H, C, B
	1.4460	329	-	B, P, H, C, R
	1.4462	UNS S31803	-	P, C
	1.4410	-	-	C, N, B, R
Аустенитные	1.4310	301	07Х16Н6	C, N, R

стали	1.4307	304L	03Х18Н11	P, H, C, N, B, R
	1.4301	304	08Х18Н10	P, H, C, N, B, R
	1.4311	-	-	P, H, C, N, B, R
	1.4541	-	08Х18Н10Т	B, R
	1.4305	303	12Х18Н10Е	P, H, C, N, B, R
	1.4306	304L	03Х18Н11	N, B, R
	1.4303	-	06Х18Н10Е	B, R
	1.4567	-	-	P, H, C, N, B, R
	1.4404	316L	-	P, H, C, N, B, R
	1.4401	316	-	P, H, C, N, B, R
	1.4406	-	-	P, H, C, N, B, R
	1.4571	316Ti	08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т	P, H, C, N, B, R

6. Область применения нержавеющих сталей

Изделия из нержавеющих сталей и сплавов – один из важнейших видов продукции, используемых в таких отраслях народного хозяйства как электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность, машиностроение и металлообработка, нефтедобывающая, газовая, нефтеперерабатывающая промышленности, цветная и чёрная металлургия, а также пищевая промышленность. Большая доля деталей из нержавеющих сталей используется в производстве и ремонте оборудования и агрегатов, а также транспортных средств. В России отсутствует промышленное производство некоторых широко востребованных на сегодняшний день марок нержавеющих сталей, что усложняет ситуацию с выпуском высококачественных нержавеющих изделий (например, высококачественных труб), и рыночный спрос на данную продукцию полностью удовлетворяется за счёт импорта. Согласно американской классификации марок сталей AISI хромистые стали объединены в группу **400**, хромо-никелевые и хромоникельмолибденовые – в группу **300**, хромникельмарганцевые – в группу **200**.

6.1.Стали нержавеющие аустенитные (хромоникелевые) серии AISI 300

Стали группы 300 являются наиболее часто применяемыми сталями. Они применяются в машиностроении, химической промышленности, пищевой промышленности, ракетостроении, судостроении, медицине и авиации. Легированные титаном и ниобием, они прекрасно справляются с межкристаллитной коррозией (МКК). Рассмотрим наглядный пример. Нагрев сталей, содержащих большое количество хрома, в интервале 400-800°С приводит к выделению в пограничных зонах зёрен карбидов хрома и обеднению в связи с этим указанных зон хромом ниже 12%-ного предела. Это вызывает снижение электрохимического потенциала пограничных участков аустенитного зерна и их коррозионное разрушение, ведущее к охрупчиванию стали. При введение в стали группы 300 сильных карбидообразователей – титана или ниобия (в количестве, равном пятикратному содержанию углерода), они вступают во взаимодействие с углеродом и связывают его в прочные карбиды, а хром остаётся в твёрдом растворе, таким образом резко повышается стойкость стали МКК. Другим способом борьбы с МКК является производство нержавеющих сталей с минимальным (менее 0,04%) содержанием углерода. В таких сталях (например, AISI 304L, 316L) образование карбидов хрома резко ограничено из-за малого количества углерода.

Стали группы 300 могут иметь магнитные свойства, особенно после механической обработки и деформации, а также при медленном охлаждении после высокотемпературного нагрева или выдержке в области температур от 400 до 900°С.

Таблица 9

Стали группы 300

AISI	ГОСТ	EN	Характеристики	Примеры применения

304	08Х18Н9	1.4301	Сталь с низким содержанием углерода, аустенитная незакаливаемая, устойчивая к воздействию коррозии, немагнитная в условиях слабого намагничивания, (если была подвергнута холодной обработке). Легко поддается сварке, При длительном использовании при температуре от 450 до 850°С в стали может развиваться процесс МКК. Высокая прочность при низких температурах. Поддается электрополировке.	Основная сталь для пищевой промышленности (оснащение для кухонь, баров, ресторанов; столовые приборы). Установки для химической, текстильной, нефтяной, бумажной, фармацевтической, ядерной и холодильной промышленности, Кроме того, применяется в производстве пластмасс, в кораблестроении, электронике и т.д.
304L	03Х18Н9	1.4307	Полный аналог стали AISI 304, но содержание углерода менее 0,03%, что гарантирует минимальную склонность к МКК даже при температуре 450-850°С. Сталь аустенитная незакаливаемая, особенно пригодная для сварных конструкций. Отличается высокой устойчивостью к воздействию межкристаллитной коррозии, используется при температуре до 425°С.	Находит те же применения, что и AISI 304, кроме того, используется для изготовления сварных конструкций и в отраслях, где необходима устойчивость к воздействию межкристаллитной коррозии. Является основной сталью для пищевой промышленности.
310 310S 314	10Х23Н18	1.4845 - 1.4841	Сталь тугоплавкая, аустенитная незакаливаемая, немагнитная, жароустойчивая при высоких температурах. В окисляющей среде можно применять обычно до 1100° С, в восстановительной среде до 1000° С (но в любом случае в атмосфере, содержащей менее 2 грамм серы на 1 $м^3$).	Установки для термической обработки, для изготовления щелочей, для гидрогенизации; теплообменники для печей; изготовление дверей, грилей, штифтов, кронштейнов. Элементы для подогревателей воздуха, корпуса и трубы для термических обработок, конвейерные ленты для транспортеров печей отводные трубы газовых турбин и моторов, реторты для дистилляции, установки для крекинга и реформинга.
316	03Х17Н14М2	1.4401	Сталь аустенитная незакаливаемая, наличие молибдена (Mo) делает ее особенно устойчивой к воздействию коррозии. Технические свойства этой стали при высоких температурах гораздо лучше, чем у аналогичных сталей, не содержащих молибден.	Химическое оборудование, подвергающееся особенно сильным воздействиям; инструмент, вступающий в контакт с морской водой и атмосферой; оборудование для проявления фотоплёнки, корпусы котлов; установки для переработки пищи; ёмкости для отработанных масел.
316L	03Х17Н14М3	1.4404	Сталь, аналогичная AISI 316, аустенитная незакаливаемая, с таким же малым содержанием углерода, но с увеличенным содержанием молибдена, что обеспечивает защиту от МКК даже в диапазоне критических температур; особенно	Находит те же применения, что и AISI 316; кроме того, используется для изготовления сварных конструкций, где необходима высокая устойчивость к воздействию коррозии. Особенно пригодна

			подходит для изготовления сварных конструкций. Обладает высокой устойчивостью к межкристаллической коррозии, особенно употребляется в режиме до 450° С.	для производства пищевых продуктов и ингредиентов (майонез, шоколад и т.д.), является основной сталью для пищевой промышленности.
316Ti	08Х17Н13М2Т	1.4571	Аналог стали AISI 316, но с добавлением титана, что обеспечивает повышенную защиту от межкристаллитной коррозии даже в диапазоне критических температур 800-850° С. Данная сталь активно применяется в машиностроении и нефтехимии.	Детали, обладающие повышенной устойчивостью к воздействию высоких температур и к среде с присутствием новых ионов хлора. Лопасти для газовых турбин, баллоны, сварные конструкции, коллекторы. Применяется в пищевой и химической промышленности
321	08Х18Н10Т	1.4541	Сталь хромоникелевая с добавкой титана, аустенитная незакаливаемая, немагнитная, особенно рекомендуется для изготовления сварных конструкций и для использования при температурах между 400° С и 800° С, устойчива к коррозии и МКК. Возможно длительное использование при температуре 700-800° С. Данная сталь активно применяется в машиностроении и нефтехимии.	Коллекторы сброса для авиационных моторов, корпусы котлов или кольцевые коллекторы оборудования для нефте-химической промышленности, компенсационные соединения. Химическое оборудование и оборудование, устойчивое к высоким температурам.

6.2. Стали нержавеющие серии AISI 400

К сталям группы 400 относятся хромистые стали с разным содержанием хрома (13, 17, 27%). Содержание хрома в таких сталях меняется в зависимости от требований. Стали с низким содержанием углерода 08Х13, 12Х13 пластичны, хорошо свариваются и штампуются. Их применяют для изготовления деталей, испытывающих ударные нагрузки и работающих в слабоагрессивных средах, выдерживают рабочую температуру до 450° С. Стали 30Х13 и 40Х13 обладают высокой твёрдостью и повышенной прочностью. Они идут на изготовление хирургических инструментов, карбюраторных игл, пружин. Высокохромистые стали 15Х25Т, 15Х28 обладают более высокой коррозионной стойкостью и часто используются как окалиностойкие. Легирование титаном высокохромистых сталей способствует повышению их сопротивляемости межкристаллитной коррозии. Стали группы 400 (хромистые, не содержащие легирующих элементов) из-за более низкой коррозионной стойкости не рекомендованы для применения в пищевой промышленности. Наиболее часто встречающееся применение таких сталей – торговое оборудование, оборудование для общественного питания, раздаточные.

Таблица 10

Стали группы 400

AISI	ГОСТ	EN	Характеристики	Примеры применения
410	12Х13	1.4006	Базовая мартенситная нержавеющая сталь. Обладает высокой ударной	Оборудование для общественного питания, детали машин, детали

			вязкостью, хорошей коррозионной стойкостью и жаропрочностью. Успешно применяется в изделиях, подвергающихся воздействию слабоагрессивных сред (атмосферные осадки, водные растворы солей органических кислот) при комнатной температуре.	клапанов, очистительные установки, части насосов (оси), барабаны для вальцовки меди, решетки для угля и желоба. Оборудование для деталей машин и аппаратов винодельческой промышленности (разрешено применять в непосредственном контакте с суслом, коньячным спиртом, продуктами переработки отходов пищевой промышленности).
430	12Х17	1.4016	Сталь ферритная нержавеющая незакаливаемая (с 18% Cr), наиболее широко применяемая, имеет хорошие прочностные и механические характеристики, хорошо деформируются, используются в процессах вытяжки и штамповки. В отличие от аустенитных никельсодержащих сталей, низкоуглеродистые хромистые ферритные стали устойчивы к процессам коррозии в различных серосодержащих средах. Конструкции из AISI 430 меньше изменяют размеры при колебаниях температур, имеют низкий коэффициент термического расширения. Обладая сравнительно низкой тепловой инерцией (удельной теплоемкостью), сталь AISI 430, при меньших энергозатратах, быстрее прогревается и охлаждается, что позволяет избежать возможного перегрева в процессе приготовления пищевых продуктов.	Товары повседневного использования, кухонное оборудование, декор, отделка, контейнеры для отжига латуни, горелки, резервуары и цистерны для азотной кислоты, установки для азота. Могут быть использованы в системах для перекачивания газа, нефти и чистых нефтепродуктов. Сталь оптимальна для изделий, испытывающих перепады температур, а высокая теплопроводность определяет преимущества использования этой стали в системах теплообмена
410S	08Х13	1.4000	Базовая низкохромистая сталь с пониженным содержанием углерода, с улучшенной обрабатываемостью, коррозионной стойкостью и прочностью сварных соединений.	Столовые ножи, столовая посуда
439	08Х17Т	1.4510	Прекрасная коррозионная стойкость в среде конденсата	Автомобильные глушители, лифты и эскалаторы,

			отработанных газов автомобиля. Относится к свариваемым сталям с высокой коррозионной стойкостью.	кухонное оборудование
434	-	1.4113	Сталь аналогичная стали AISI 430, но с лучшими показателями стойкости к общей и точечной коррозии. Относится к свариваемым сталям с высокой коррозионной стойкостью.	Наружная отделка автомобилей (бамперы или иные выпуклые украшения, подверженные коррозии под воздействием антифризных солей).
444	-	-	Превосходная стойкость к химической и электрохимической коррозии, приближенная к стойкости стали AISI 316. Относится к свариваемым сталям с высокой коррозионной стойкостью.	База солнечных батарей, баки для горячей воды
403	12Х13	-	Высокая коррозионная стойкость и пригодность к механической обработке.	Детали машин
420	20Х13	1.4021	Сталь мартенситная, закаливаемая, обладает высокой износостойкостью, пластичностью, устойчива к высоким температурам и коррозии. По сравнению с базовой мартенситной маркой AISI 410, сталь AISI 420, обладая высоким содержанием углерода, имеет более высокую твердость и износостойкость. Применяется в тех случаях, когда необходимо сочетание высокой прочности и хорошей коррозионной стойкости.	Детали с высокой износостойкостью, лезвия бытовых автоматов, втулки, отвертки, детали высокотемпературных агрегатов, хирургический и стоматологический инструмент, штампы для изделий из пластмассы и стекла, части клапанов и валов; режущий, мерительный инструмент, пружины, карбюраторные иглы, стоки поршневых компрессоров, детали турбин и котлов; тепловые и сепарационные экраны, фильтры; детали внутренних устройств аппаратов и другие различные детали, работающие на износ в слабоагрессивных средах до 450°С.
420	30Х13	1.4028	Сталь нержавеющая мартенситная, закаливаемая до твердости HRC 50/52, для деталей с высокой износостойкостью	Оборудование для общественного питания; оборудование, применяемое на различных этапах пищевого производства (мойка или гигиеническая обработка сырья,

				измельчение, разделение и сортировка продукции, смешивание, тепловая обработка); форсунки моющих систем, краны (затворы), чаши для весов и т.п.
409	-	1.4512	Пониженное содержание углерода, высокая стойкость к окислению и хорошая обрабатываемость	Трубы для отвода отработанных газов, коллекторы, кожухи конвертеров

6.2. Стали нержавеющие серии AISI 200

Стали группы 200 разработаны как альтернатива хромоникелевым сталям группы 300, особенно сталям AISI 304/304L (08Х18Н9) и только для определённой сферы применения. Такие стали содержат хром (15,5÷19)%, никель (1÷5)%, марганец (3÷10)% и, некоторые стали, медь. В отожжённом состоянии они сохраняют аустенитную структуру (свойственную хромоникелевым сталям группы 300), высокую прочность, формуемость и свариваемость. Коррозионная стойкость сталей группы 200 в умеренно агрессивной среде – хорошая. При механической обработке (деформации) стали группы 200 упрочняются значительно сильнее, чем стали группы 300, это обусловлено тем, что содержащийся в сталях группы 200 марганцевый аустенит значительно сильнее подвержен деформационному упрочнению, чем никелевый. Стали группы 200 не рекомендуется использовать для наружного применения (внешний дизайн), а так же для производства резервуаров для хранения кислот и других агрессивных веществ. Кроме того, лом из нержавеющей стали с содержанием меди очень сложно реализовать в России.

Таблица 11

Стали группы 200

AISI	ГОСТ	EN	Характеристики	Примеры применения
200, 201, 202 и др.	-		Хромоникельмарганцевые нержавеющие стали с аустенитной структурой, хорошая альтернатива сталям AISI 304/304L в неагрессивных средах, особенно в качестве материала для изготовления посуды и бытовых кухонных принадлежностей и аппаратов. В отожжённом состоянии имеют высокую прочность, хорошо формуются, свариваются, имеют хорошую коррозионную стойкость в умеренно агрессивных средах.	Кухонная посуда, кухонные приборы, сушилки для стиральных машин, мебель, телефонные будки, автомобильные аксессуары (в странах, где не применяются противогололёдные реагенты), кузова, вагоны, упаковочное оборудование, корпуса оборудования для производства алкоголя (не спирта) и безалкогольных напитков, резервуары для холодной и горячей воды.

6. Получение нержавеющей стали

В настоящее время существует много различных способов выплавки нержавеющей стали: электродуговая плавка с последующей внепечной обработкой металла (вакуумирование, микролегирование, газокислородное рафинирование и т.д.), вакуумно-индукционная плавка, вакуумно-дуговой переплав, электронно-лучевой переплав,

электрошлаковый переплав. Легирующие элементы, в зависимости от их физико-химических свойств, вводят в расплав в виде лигатур (сплав легирующих элементов), ферросплавов (феррохром, ферромарганец, ферросилиций), либо в виде одного элемента (никель, хром, марганец).

Электродуговая плавка (ЭП) применяется для получения нержавеющих сталей обычного качества. Этот метод основан на использовании электроэнергии для нагрева металла. Выделение тепла осуществляется за счёт горения электрической дуги между электродами и жидким металлом (или шихтой). Процесс выплавки нержавеющей стали в электродуговых печах проходит несколько этапов: загрузка и расплавление шихтовых материалов, окисление компонентов (путём продувки расплава кислородом), восстановление (с целью связать кислород, содержащийся в расплаве, путём введения в расплав раскислителей – кремния и алюминия), легирование. Значительное влияние на качество выплавляемой стали оказывают шлаки, которые наводятся на зеркале расплава на разных этапах плавки.

Электрошлаковый переплав (ЭШП*)* применяют для выплавки высококачественных нержавеющих и жаропрочных сталей (капельки металла очищаются в результате контакта со шлаком). Схема электрошлакового переплава представлена на рис.1. Переплаву подвергается выплавленный в дуговой печи и прокатанный на пруток металл. Источником теплоты является шлаковая ванна, нагреваемая электрическим током. Электрический ток подводится к переплавляемому электроду *1*, погруженному в шлаковую ванну *2*, и к поддону *9*, установленному в водоохлаждаемом кристаллизаторе *7*, в котором находится затравка *8*. Выделяющаяся теплота нагревает ванну *2* до температуры свыше 1700 ºС и вызывает оплавление конца электрода. Капли жидкого металла *3* проходят через шлак и образуют под шлаковым слоем металлическую ванну *4*. Перенос капель металла через основной шлак способствует удалению из металла серы, неметаллических включений и газов. Металлическая ванна пополняется путём расплавления электрода, и под воздействием кристаллизатора она постепенно формируется в слиток 6. Содержание кислорода уменьшается в 1,5÷2 раза, серы в 2÷3 раза. Слиток отличается плотностью, однородностью, хорошим качеством поверхности, высокими механическими и эксплуатационными свойствами. Слитки получают круглого, квадратного и прямоугольного сечения, массой до 110 тонн.

Вакуумно-дуговой переплав (ВДП*)* применяют в целях удаления из металла газов и неметаллических включений. Процесс осуществляется в вакуумно-дуговых печах с расходуемым электродом. Катод изготовляют механической обработкой слитка выплавляемого в электропечах или установках ЭШП. Отличительной чертой вакуумно-дуговых печей является отсутствие источников загрязнения металла (атмосферы, шлака и футеровки), хорошие условия удаления неметаллических включений и примесей цветных металлов, а также направленная кристаллизация, обеспечивающая получение плотного слитка. Схема вакуумно-дугового переплава представлена на рис. 2.

Расходуемый электрод *3* закрепляют на водоохлаждаемом штоке *2* и помещают в корпус печи 1 и далее в медную водоохлаждаемую изложницу *6*. Из корпуса печи откачивают воздух. При подаче напряжения между расходуемым электродом *3* (катодом) и затравкой *8* (анодом) возникает дуга. Выделяющаяся теплота расплавляет конец электрода. Капли жидкого металла *4*, проходя зону дугового разряда дегазируются, заполняют изложницу и затвердевают, образуя слиток *7*.

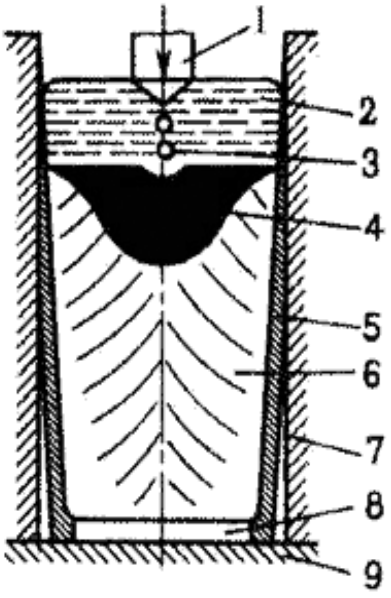


Рис.1. Схема электрошлакового переплава

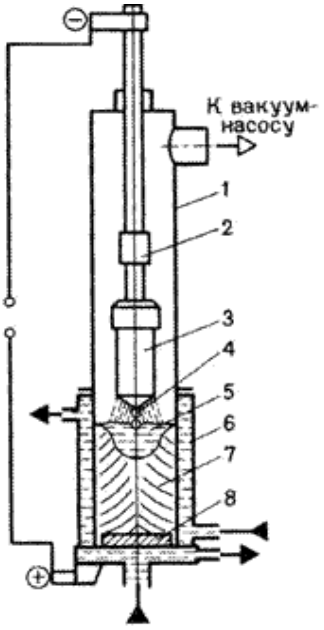


Рис.2. Схема вакуумно-дугового переплава

Дуга горит между электродом и жидким металлом *5* в верхней части слитка на протяжении всей плавки. Наибольшее влияние на физико-химические процессы, качество металла оказывает сила тока. С увеличением силы тока и вводимой мощности возрастает скорость плавления. Преимуществом металла, выплавленного в вакуумно-дуговых печах, является однородность свойств по сечению изделия. Слиток характеризуется высокой равномерностью химического состава, повышенными механическими свойствами. Этим способом плавят нержавеющую сталь для деталей турбин, двигателей, авиационных конструкций. Масса слитков достигает 50 тонн.

Из плавильных печей сталь выпускают в ковш, который мостовым краном переносят к месту разливки стали. Из ковша сталь разливают в изложницы (чугунные формы для изготовления слитков) или кристаллизаторы (машины для непрерывного литья заготовок). В них сталь затвердевает. Полученные слитки в дальнейшем подвергаются ковке, прессованию, прокатке, волочению.

Изложницы могут быть квадратного, прямоугольного, круглого и многогранного поперечного сечения. Слитки с квадратным сечением являются заготовками для сортового проката: двутавровых балок, швеллеров, уголков. Слитки прямоугольного сечения – для листов. Слитки круглого сечения используются для изготовления труб, круга и др. Слитки с многогранным сечением применяют для изготовления поковок.

Основные операции получения поковок включает переходы: установку заготовки, формоизменяющую операцию (осадку, вытяжку и т.д.), очистку поковок от окалины (в галтовочных барабанах, обдувкой стальной дробью), травление в растворах кислот, контроль (выявляет внешние и внутренние дефекты, проверяет соответствие геометрическим размерам).

После ковки перед прокаткой стальная заготовка проходит операцию прессования на гидравлическом прессе с одновременной прошивкой отверстия (предварительно нагретый металл выдавливается из замкнутой полости через отверстие в матрице). Отпрессованная трубная заготовка отделяется от пресс-остатка и направляется на операцию прокатки.

7. ПРОКАТНЫЙ СОРТАМЕНТ

Форма поперечного сечения называется профилем проката, совокупность профилей различной формы – сортаментом. В зависимости от профиля прокат делится на четыре основных группы: листовой, сортовой, трубный и специальный. В зависимости от того нагретая или холодная заготовка поступает в прокатные валки – горячий и холодный прокат. Наибольший прокатный сортамент составляют трубы.

Нержавеющие трубы отличаются рядом преимуществ по сравнению с трубами из чёрных металлов – это более высокая стойкость к коррозии; повышенная стойкость к

воздействию агрессивных химических сред; более широкий температурный диапазон применения; увеличенная механическая стойкость.

Металлические трубы из нержавеющей стали изготавливают преимущественно круглого сечения, а также квадратного, прямоугольного, овального и др.

По способу производства нержавеющие трубы можно условно разделить на три основных вида:

- **Бесшовные** или цельнотянутые (наружный диаметр труб общего назначения 1÷820 мм, труб специального назначения – от 1420 мм и более);
- **сварные** (наружный диаметр труб общего назначения – 8÷1620 мм, специального назначения – до 2500 и более),
- **литые** нержавеющие трубы с наружным диаметром литых труб 50÷1000 мм (изготавливается на труболитейных машинах).

Бесшовные трубы производятся из нержавеющей трубной заготовки круглого сечения и используются при производстве ответственных частей агрегатов и узлов оборудования в силу их высоких прочностных характеристик. **Сварные трубы производятся** методом гибки (формовки) и сваривания плоской заготовки (штрипса), с последующей правкой и калибровкой. Эта продукция имеет большое распространение в строительстве и декорации, а также при производстве малоответственных деталей агрегатов и оборудования.

Кроме того, нержавеющие трубы различают по толщине стенки:

1. Особо толстостенные трубы, если толщина их стенки (s) больше 10% диаметра (d);
2. Толстостенные трубы, у которых s=(5÷10%)d;
3. Тонкостенные трубы, у которых s=(2,5÷5%)d;
4. Особо тонкостенные трубы, у которых s<2,5%d.

Бесшовные нержавеющие трубы делятся на **горячекатаные** и **холоднокатаные**. **Горячекатаные** бесшовные трубы представляют собой продукт первого передела трубного производства. Качество их поверхности и механические свойства ниже по сравнению с холоднокатаными трубами. **Холоднокатаные трубы** являются продуктом дальнейшей обработки горячекатаных труб методами холодной прокатки и волочения.

7.1.Трубы бесшовные

Труба бесшовная изготавливается из расточенной и обточенной горячекатаной заготовки. Процесс производства состоит из нескольких технологических переделов: подготовка заготовки к прокатке (снятие фасок, расточка внутренней поверхности, химобработка, обточка наружной поверхности, меднение наружной и внутренней поверхности труб (под прошивку), нагрев заготовки, прошивка заготовки в гильзы, прокатка гильз в трубы на непрерывном стане, подогрев труб перед калибровкой или редуцированием, прокатка труб на калибровочном или редукционном стане, резка труб, охлаждение труб и их отделка (правка, осветление, химобработка, шлифовка наружной поверхности на шлифовальных станках). Технологические переделы для производства холоднокатаных труб: подготовка и прокатка на станах холодной прокатки труб (ХПТ), подготовка труб к прокатке и прокатка на станах холодной прокатки роликами (ХПТР), подготовка труб к волочению после прокатки на станах ХПТР, волочение труб, обработка труб на готовых размерах, отделка, сдача.

Для химической обработки труб из нержавеющих сталей применяется кислое травление в азотно-плавиковом растворе и щелочно-кислотное травление (обработка в расплаве щелочей и осветление в растворе кислоты).

Прокатка нержавстальных трубных заготовок под бесшовные трубы осуществляется на станах горячей, тёплой или холодной прокатки труб. Основным принципом прокатки является деформирование заготовки путём обжатия на неподвижной в осевом направлении оправке при поступательном движении валков, в результате чего заготовка уменьшается в размерах по диаметру и толщине стенки. Для получения требуемого типоразмера труб может быть осуществлено от трёх до восьми технологических переделов прокатки (перекат с одного диаметра на другой).

Для снятия наклёпа и остаточных напряжений, возникающих при прокатке, а также для возврата технологических свойств, труба после прокатки подвергается термической обработке. Готовые трубы проходят обработку для получения потребительских свойств (травление, шлифовка, полирование). Требования, предъявляемые к нержавстальным

трубам, регламентированы ГОСТ, стандартами (ASTM и др.). Рассмотрим требования к нержавеющему прокату, заложенные в ГОСТ.

Сортамент **бесшовных горячекатаных нержавеющих труб** должен соответствовать ГОСТ 9940-81 «Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионностойкой стали». По длине нержавеющие горячедеформированные трубы, согласно ГОСТ подразделяются на:

- немерной длины – от 1,5 до 10 м;
- мерной длины – в пределах немерной, с предельным отклонением по длине +15мм;
- длины кратной мерной – в пределах мерной длины с припуском на каждый рез по 5 мм и с предельным отклонением по всей длине +15 мм. Минимальная кратная длина 300 мм;
- ограниченной длины – в пределах мерной с предельным отклонением по длине 500 мм.

Изготовляются горячедеформированные нержавеющие трубы из стали марок, соответствующих ГОСТ 5632 (например, 08Х18Н10Т, 04Х18Н10, 08Х18Н12Т, 12Х18Н12Т, 08Х17Н15М3Т и др.) с термической обработкой или без нее.

Сортамент **холоднодеформированных и теплодеформированных** нержавеющих труб должен соответствовать ГОСТ 9941-81 «Трубы бесшовные холодно- и тёплодеформированные из коррозионностойкой стали». По длине нержавеющие холоднодеформированные и теплодеформированные трубы согласно ГОСТ бывают:

1. Немерной длины:
   - с толщиной стенки до 0,5 мм – от 0,75 до 7 м;
   - с толщиной стенки от 0,5 до 1,0 мм – от 1,0 до 7 м;
   - с толщиной стенки 1,0 мм и более – от 1,5 до 12,5 м.
2. Мерной длины;
3. Длины кратной мерной**.**

Изготавливаются бесшовные холодно- и теплодеформированные нержавеющие трубы из стали марок, соответствующих ГОСТ 5632 (08Х17Т, 12Х18Н10Т, 12Х17, 12Х13, 04Х18Н10, 10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т и др.), термически обработанными.

Таблица 12

Нормативы продукции, согласно целевого использования (бесшовные)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	ГОСТ	Международный стандарт
Трубы общего назначения	ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81	ASTM A312
Теплообменные трубы	ГОСТ 9941-81 (мерные)	ASTM A213, DIN 17458-85, ASTM SA268, ASTM A269
Инструментальные трубы	ГОСТ 19277-73, ГОСТ 10498-82, ГОСТ 14162-79,	DIN 17458-85
Котельные трубы	ТУ 14-3Р-55-2001, ТУ 14-3-460-75, ТУ 14-3Р-197-2001	
Трубы для печей	ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81, м/с 10Х23Н18, 15Х25Т,	ASTM A312, м/с TP 310S

7.2 Трубы сварные.

Сварные трубы изготавливают на трубопрокатных агрегатах из полос (штрипсов) или листов (ширина которых равна длине диаметра или половине диаметра трубы) различными способами сварки (сварка вольфрамовым электродом в инертном газе – TIG, сварка токами высокой частоты – HF, электронно-лучевая, лазерная и др.). Производят сварные трубы с прямыми и спиральными швами. По первой технологии формируют трубную заготовку, затем её сворачивают с наложением наружного и внутреннего швов. При производстве труб со спиральным швом, в качестве исходной заготовки используют полосу (ленту), которую сворачивают по спирали в трубу нужного диаметра, а затем сваривают по кромке наружным и внутренним швами. Прочность, а главное, надёжность труб со спиральным швом выше, чем с прямым, при этом диаметр изготавливаемых труб не зависит от ширины исходной полосы, так как он определяется углом подъёма спирали. Спиральный шов придаёт трубе большую жёсткость, и спиральные сварные трубы имеют более точные геометрические размеры. При производстве электросварных труб необходимо опираться на требования ГОСТ, стандартов, распространяющихся на этот вид продукции.

Сортамент электросварных нержавеющих труб должен соответствовать ГОСТ 11068-81 «Трубы электросварные из коррозионностойких сталей». По длине электросварные нержавеющие трубы, согласно ГОСТ подразделяются на:

- мерной длины – от 5 до 9 м;
- мерной длины с остатком – не более10 % (по массе) труб немерной длины;
- длины кратной мерной – до 9 м и с припуском на каждый рез по 5 мм, который входит в каждую кратную длину;
- кратной длины с остатком – не более 10 % (по массе) труб немерной длины;
- немерной длины – от 1,5 до 9 м.

Электросварные нержавеющие трубы изготовляются из стали марок 08Х18Н10Т, 10Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 08Х16Н9М2 и т.п., термически обработанными. Поверхность готовых труб должна быть без окалины, следов перетрава, непровара, пор, трещин, плён, рванин и глубоких рисок. Основное назначение электросварных труб – трубопроводы, трубчатые нагревательные элементы и различные конструкции.

Свариваемость материала. Все нержавеющие стали по способу свариваемости делятся на:

1. Материалы, **свариваемые без ограничений** (это стали аустенитного класса, типа 08Х18Н10Т, 10Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т). Из них можно изготавливать химическую аппаратуру любого размера, получаемые сварные швы очень вязки, хорошо деформируются. Для сварки этих сталей применяются аустенитно-ферритные электроды или сварочные проволоки, обеспечивающие высокую трещиноустойчивость металла шва; в околошовной зоне сталей этой группы горячих трещин, как правило, не наблюдается; стали этой группы в меньшей степени склонны к локальным разрушениям).

2. Материалы **ограниченно свариваемые**:_это стали 12Х18Н12Т, 20Х23Н18 (ЭИ 417), 1Х14Н14В2М (ЭИ 257), 08Х16Н13М2Б (ЭИ 405), 10Х16Н14В2БР (ЭП17) и др., при их сварке возможно появление околошовных трещин; сварка осуществляется аустенитно-ферритными электродами, применение которых позволяет получить швы, свободные от горячих трещин).

3. Материалы **трудно свариваемые**: 45Х14Н14В2М (ЭИ 69), 09Х14Н19В2БР1 (ЭИ 726), 08Х15Н24В4ТР (ЭП 164), ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТР (ЭИ 725) и др. – эти материалы склонны к образованию горячих трещин в околошовной зоне при сварке жёстких толстостенных конструкций; применяемые для их сварки присадочные материалы не обеспечивают высокой стойкости металла шва против образования горячих трещин, в связи с этим приходится сварку проводить «ниточными» швами, строго следить за

отсутствием перегрева металла сварного соединения и появлением трещин и надрывов в наплавленном металле с целью их своевременного удаления.

Сварка аустенитных жаропрочных сталей и сплавов имеет свои особенности и связана с некоторыми трудностями, вызванными большей или меньшей склонностью материалов к образованию трещин в околошовной зоне, различной технологичностью применяемых при сварке присадочных материалов, а также склонностью сварных соединений к локальным разрушениям в процессе эксплуатации конструкций при температурах 580-650º С. Именно высокотемпературная термическая обработка (аустенизация) значительно снижает склонность нержавстали к локальным разрушениям в процессе эксплуатации (в случае применения после сварки), поэтому последующая термическая обработка сварных соединений является, обычно, обязательным технологическим процессом, способствующим повышению надёжности сварных конструкций в эксплуатации. Нержавеющие стали, склонные к межкристаллитной коррозии, после сварки подвергаются термической обработке.

9.2.Способы сварки труб. Сварка **–** технологический процесс получения неразъёмных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями при их нагреве и пластическом деформировании. Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением. При сварке плавлением атомно-молекулярные связи между деталями создают, оплавляя их примыкающие кромки, так, чтобы получилось смачивающая их, общая ванна. Эта ванна затвердевает при охлаждении и соединяет детали в одно целое. Как правило, в жидкую ванну вводят дополнительный металл, чтобы полностью заполнить зазор между деталями, но возможна сварка и без него. При сварке давлением обязательным является совместная пластическая деформация деталей сжатием зоны соединения. Этим обеспечивается очистка свариваемых поверхностей от плёнок загрязнений, изменение их рельефа и образование атомно-молекулярных связей. Пластической деформации обычно предшествует нагрев, так как с ростом температуры уменьшается значение деформации, необходимой для сварки и повышается пластичность металла. Нагрев свариваемых деталей осуществляется разными способами: электрической дугой, газокислородным пламенем, пропусканием тока, лазером и т.д. По разному обеспечиваются защита зоны сварки от воздействия воздуха и её принудительная деформация.

В производстве сварных труб из нержавеющих сталей применяются следующие основные способы сварки:

– TIG (сварка вольфрамовым электродом в инертном газе, без присадочного металла);

– Плазменная сварка (в сочетании с TIG);

– HF (сварка токами высокой частоты; для получения специального полированного внутреннего шва);

– Laser (лазерная сварка);

– Electron beam (электронно-лучевая сварка).

(А так же: MIG – метод сварки плавящимся электродом в инертном газе; SMAW – сварка защищенной дугой; FCAW – дуговая сварка порошковой проволокой, трубчатым или вольфрамовым электродом; GMAW - сварка стальным электродом в газовой среде; GTAW – сварка газоэлектрическим вольфрамовым электродом и др.)

В промышленной практике наиболее применяемыми способами сварки являются TIG, Плазменная сварка (в сочетании с TIG) и HF. Лазерная технология, которая гарантирует высокий уровень качества, несмотря на значительные первоначальные капиталовложения, так же получает все более широкое распространение. Электронно-лучевая сварка применяется нерегулярно по причине сложности технологического процесса, который предполагает наличие установок глубокого вакуума в процессе всего цикла сварки. Считается, что в настоящее время технология «TIG» или «TIG в сочетании с плазменной

сваркой» составляют около 65% всех европейских сварочных производств. 30% приходится на сварку «HF» и остальное – на лазерную сварку. В действительности не существует конкуренции между различными системами сварки, но, как правило, требования к технологии сварки зависят от сферы применения сварных труб.

Способ TIG (Tungset Inert Gas). Этот способ более других употребляется для производства сварных труб высокого качества из нержавеющих сталей. Источником генератора тепла для плавки краев служит дуга, которая образуется между вольфрамовым электродом и трубой. Защитный газ, направляемый на сварочную горелку, обволакивает зону плавки с наружной поверхности трубы и одновременно, но уже другим способом, подается внутрь трубы, чтобы защитить зону плавки и изнутри, удерживаясь там с помощью заглушки. При способе сварки TIG по причине воздействия тепла только на наружную поверхность трубы зона плавления неизбежно окружается обширной зоной термического раздражения, вследствие чего шов оказывается более широким. Но, по этой же самой причине, TIG-шов является более прочным и легче удаляется. При соблюдении технологических параметров сварки не требуется даже дополнительной термической обработки для устранения возможных изменений микроструктуры сварных швов. Сварной шов, полученный методом TIG плотный, однородный, без пустот и раковин. Прочность сварного шва соответствует прочности основного материала трубы. При этом скорость TIG-сварки невысока и, поэтому, цена готовой трубы будет выше, чем при использовании других видов сварки.

В директиве ЕС по оборудованию, работающему под давлением (PED – Pressure Equipment Directive), совершенно однозначно указано, что для оборудования, работающего под давлением свыше 0.5 бар могут применяться нержавеющие сварные трубы, произведенные только способом TIG.

Таблица 13

Рекомендуемые сферы применения труб с различными способами сварки.

Сфера применения	Способ сварки
Декор, в том числе для зеркальной полировки; Конструкции, в том числе строительные; Транспорт (разгрузочные установки, кузова)	Высокочастотная (HF); Лазерная
Пищевая промышленность	TIG
Транспортировка малоагрессивных жидкостей	TIG; TIG в сочетании с Плазменной сваркой; Лазерная сварка
Транспортировка очень агрессивных жидкостей; Химическая, нефтехимическая, газовая, энергетическая, бумажная промышленности	TIG; TIG в сочетании с Плазменной сваркой; Лазерная сварка
Теплообменники; Испарители; Опреснители; Фармацевтическая промышленность	TIG

2.Высокочастотная сварка (HF). При высокочастотной сварке (HF) зона плавления резко ограничена, а зона термического раздражения (прилегает к зоне плавления) практически отсутствует. Разогрев краев происходит равномерно по всей толщине, а скорость достижения температуры плавки – около одной сотой в секунду. С геометрической точки зрения высадка шва как внутри, так и снаружи оказывается прочной и прямой. Применение высокочастотной сварки в настоящее время находит все более широкое распространение, в особенности в областях, связанных с декорированием, строительными конструкциями, промышленным машиностроением. В основном это связано с высокими скоростями, достигаемыми при сварке. Производительность сварки до 20 раз выше, чем при использовании сварки TIG.

Сравнительная характеристика сварки способом TIG и HF. На первый взгляд, может показаться, что технология HF выигрывает как с точки зрения качества, так и с точки зрения производственных затрат. Что касается затрат – тут сомнений нет. Цена труб, произведенных сваркой HF на 10% ниже, чем у труб, изготовленных с применением сварки TIG. В отношении качества, однако, необходимо отметить, что наиболее ценное свойство, такое как сжатость зоны плавки, в действительности проявляет себя как слабый пункт, когда речь идет о продукции, требующей высокой надежности, такой как, например, химическое и нефтехимическое оборудование, оборудование для пищевой промышленности, теплообменники и т.д. Действительно, необходимые свойства сварного шва могут быть достигнуты только при гарантии сохранения условий и параметров процесса, которые не так легко достигаемы в высокоскоростном процессе HF-сварки. Более того, при недостаточной обработке кромок и ввиду контактного процесса сварки в сварном шве могут образовываться раковины и непровары. Сферы применения техники высокочастотной сварки (HF) весьма ограничены и сведены к производству труб декоративного, структурного или механического назначения при полном исключении их применения в термоустановках, оборудовании пищевой, химической и нефтехимической, фармацевтической промышленности.

Говоря о прогрессивных способах сварки, хочется упомянуть о новой разработке в области сварки нержавеющих сталей. Это уникальная японская технология сварки нового поколения «G.5», которая производится электронным лучом в вакуумном поле. Наибольшее распространение такая сварка нержавеющих сталей получает сегодня в аэрокосмической промышленности, где качество и надёжность играют ключевую роль. Технология сварки «G.5» не нарушает структуру нержавеющей стали и сохраняет легирующие добавки, поэтому устойчивость сварных швов, полученных таким способом сварки к коррозии существенно выше.

Говоря о типах сварки труб, следует выделить международные стандарты DIN, которые распространяются на изготовление труб из нержавеющих сталей. Стандарт DIN 11850 определяет размеры применяемых труб, допуски на размеры, применяемые материалы, дополнительную термическую и химическую обработку, качество внутренней и внешней поверхности (шероховатость), маркировку, а также указывает допустимое рабочее давление. Стандарт DIN 2395 распространяется на нержавеющие трубы квадратного сечения, изготавливаемые из сталей марки AISI 304, AISI 321. Стандарты DIN 17457, DIN 17455, DIN 11850, DIN 2465 распространяются на электросварные нержавеющие трубы круглого сечения, изготавливаемые из сталей марок AISI 304, AISI 304L, AISI 321, AISI 316, AISI 316L, AISI 409. В стандартах DIN заложены требования, предъявляемые к готовой продукции. Например, в стандартах DIN 17457, DIN 11850 указаны показания максимального давления при температуре 20ºС, которые должны выдерживать поставляемые трубы. Нержавеющие трубы по DIN 11850 имеют шов, полированный изнутри, что позволяет использовать такие трубы в пищевой промышленности (это есть так называемая «молочная труба»). Трубы по DIN 17457, DIN 17455 применяются в сварных конструкциях.

Различия DIN 17455, DIN 17456, DIN 17457 и DIN 11850.

Уровень качества нержавеющих сварных труб, изготовленных по стандарту DIN 17455 весьма высок, однако трубы имеют одно немаловажное свойство: по DIN 17455 производятся «трубы, рассчитанные на основе 80% применения допустимого расчетного напряжения в сварном шве». Другими словами, коэффициент сварного шва (V) не более 0,8 или, еще проще, прочностные свойства сварного шва не превышают 80% прочностных свойств основного материала трубы. По стандарту DIN 17457 производятся «трубы, рассчитанные на использование на основе 100 % применения допустимого расчетного

напряжения в сварном шве». То есть, коэффициент сварного шва (V) равен 1,0 (прочностные свойства сварного шва идентичны прочностным свойствам основного материала трубы). Цена нержавеющих сварных труб, изготовленных по стандарту DIN 17455 на 8-10% ниже, чем у труб, произведенных по DIN 17457, но, соответственно, и потребительские свойства у труб по DIN 17455 существенно ниже, чем у труб по стандарту DIN 17457, так как трубы DIN 17455, не могут быть применены в оборудовании, работающем под давлением и являются исключительно конструкционными или используются как трубопроводы для транспортировки жидкостей, без давления и при невысоких температурах. И, тем более, трубы, маркированные DIN 17455, не могут быть использованы для трубопроводных систем пищевой промышленности. Для этих целей должны использоваться только трубы, изготовленные по стандарту DIN 17457 дополнительно обработанные в соответствии с требованиями DIN 11850 (трубы из нержавеющей стали для применения в пищевой промышленности). Стандарт DIN 11850 допускает применение в указанных отраслях труб, произведенных по DIN 17456 (бесшовные трубы) и DIN 17457, с ссылкой на марку стали. Так в пункте 4 DIN 11850 (Материалы) указывается, что в пищевой промышленности стандартно допускается применения только следующих сталей: AISI 304 (1.4301), AISI 304L (1.4307), AISI 316L (1.4404).

Качество поверхности, финишная обработка

Качество наружной и внутренней поверхности является одним из самых существенных свойств трубной продукции, определяющей область ее применения, цену, сроки изготовления. Технология обработки поверхности готовых нержавеющих труб и других изделий предусматривает их шлифовку в качестве предварительной чистовой обработки, а затем финишную чистовую обработку – полировку, электрополировку или электрогидравлическую обработку специальными растворами. Финишная обработка позволяет получить минимальную шероховатость поверхности, но при перечисленных способах финишной обработки могут вскрываться невидимые дефекты поверхности. Такое вскрытие дефектов, необходимое при изготовлении нержавеющих труб, работающих в агрессивных средах под большим давлением, совершенно не требуется при обработке конструкционных труб, но связано с дополнительными потерями. Новые электротрубосварочные агрегаты оснащают ленточными станками для шлифовки труб в потоке производства. Это позволяет существенно сократить затраты. Возможна установка дополнительных станков в потоке или вне потока с подбором абразивных линий. Таким образом, правильный подбор шлифовального инструмента позволяет обеспечить получение необходимых поверхностей и избежать лишних затрат на полировку с потерями металла. Шлифованные трубы, как показала практика, часто оказываются предпочтительнее полированных. Для нужд пищевой промышленности на финишной стадии производства трубы могут подвергаться термической обработке (например, светлый отжиг), химической обработке (травление) и механической обработке (шлифование внутренней поверхности до чистоты поверхности 0.5÷0,8 мкм в области основного материала трубы и до 1,6 мкм в области сварного шва, шлифование наружной поверхности до чистоты менее 1,0 мкм). Для каждого способа применения трубы может быть подобран оптимальный список финишных операций, который обеспечит наиболее полный набор полезных свойств трубы. Например, если при применении сварных труб необходимо их формоизменение (гибка, сплющивание и т.д.), то рекомендуется заказывать трубы с термической обработкой. Весь набор финишных операций условно обозначается в маркировке, которая должна быть нанесена на каждую трубу. Ниже показан пример маркировки пищевой сварной нержавеющей трубы:

MM 52x1 No.541854 1.4301 DIN 17457/11850 CC PK1,

где **MM** – торговый знак завода-производителя «Marcegaglia», Италия;
52x1 – диаметр (52) и толщина стенки (1) трубы в мм;
1.4301 – обозначение марки стали (AISI 304);
DIN 17457/11850 – обозначение стандартов, в соответствии с которыми произведена данная труба,
CC – обозначение качества поверхности трубы (по DIN 17457 и DIN 11850):
Труба изготовлена из холоднокатаного рулона с повышенным качеством поверхности, снаружи шов почти неразличим, поверхности протравлена.Изнутри труба протравлена, отшлифована до чистоты поверхности менее 0.8 м область сварного шва отшлифована до чистоты поверхности менее 1.6 мкм, шов ламинирован;
РК1 – труба испытана в соответствии с классом испытаний 1.

Очистка, пассивация и электрохимполировка сварных швов. Последствия интенсивного нагрева сварного шва и околошовной зоны проявляются в виде появления «цветов побежалости», что говорит не только о перегреве металла, но и о возможном изменении химсостава поверхностного слоя, что в свою очередь нарушает его антикоррозионные свойства. Для восстановления этих свойств разработаны различные составы (так называемые гели) и электрическое оборудование для очистки повреждённого слоя, его пассивации и электрохимической полировки. После дуговой или точечной сварки в зоне термического воздействия нержавеющая сталь теряет свои коррозионностойкие свойства и поэтому должна быть пассивирована (пассивная плёнка может быть создана электрохимическим или химическим способом). Схема обработки поверхности стали: обезжиривание, очищение, пассивация (обработка поверхности типа матирования, электролитическое полирование и т.д.).

Таблица 14.

Исполнение и обозначение видов обработки поверхности сварных нержавеющих труб для пищевой промышленности (DIN 11850)

Технология произв-ва	**Наличие термической обработки**	**Качество поверхности**	**Сокращенное обозначение исполнения**	**Технология произв-ва**
Сварные по стандарту DIN 17457 (Технические условия поставки)	Термически обработанные	Гладкая металлическая. Сварной шов, начиная с номинального диаметра ø 25, выровнен заподлицо со стенками; среднее значение шероховатости Ra = 2,5 мкм кроме зоны сварного шва	Гладкая металлическая по классу исполнения „k 2“ или „k 3“ по стандарту DIN 17457	BA
	Термически не обработанные		Гладкая металлическая по классу исполнения „k 0“ или „k 1“ по стандарту DIN 17457	CA
	Термически обработанные		Шлифованная абразивом с зернистостью 400 или полированная	BB
	Термически не обработанные			CB
	Термически обработанные	Гладкая металлическая. Среднее значение шероховатости Ra = 0,5 мкм Зона сварного шва Ra = 1,6 мкм	Гладкая металлическая по классу исполнения „k3“, „“l1“ или „l2“ по стандарту DIN 17457	BC
	Термически не обработанные		Гладкая металлическая по классу исполнения „k 0“ или „k 1“ по стандарту DIN 17457	CC
	Термически		Шлифованная	BD

	обработанные		абразивом с зернистостью 400 или полированная	
	Термически не обработанные			CD

Нормативы нержавеющих труб, согласно целевого использования

Таблица 15

Нормативы продукции согласно целевого использования (электросварные)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	E.N. Euro Norm	S.S.	ASTM-ASME	DIN	NFA	ГОСТ
Химическая промышленность	EN 10217-7	219711 219713	A 358-SA 358 A 312-SA312 A 269-SA 269	17457	49147	ГОСТ 11068-81
Пищевые продукты	EN 10217-7		A 270	11850	49249	
Теплообменник	EN 10217-7	219711 219713	A 249-SA 249	17457 2818	49247 49244	ГОСТ 11068-81
Трубопровод	EN 10217-7		A 778 A 269	17455	49147	
Питьевая вода	EN 10312			DVGW541		
Декорация, конструция	EN 10296-2		A 554	17455 2395	49647	

Таблица 16

Условные обозначения для определения типа поверхности трубы

Тип поверхности	Обозначение	Что означает
Труба		
Матовая	Matt, Mill finish	Матовая
Шлифованная	Brushed	Зачищенная, первичная шлифовка
	Satin 180 grit Satin 320 grit Satin 400 grit	Степень шлифовки
Зеркальная	Mirror 400 grit Mirror 600 grit	Степень полировки

В последнее время, благодаря достижениям в области сварки и контроля сплошности шва, электросварные трубы из нержавеющих (высоколегированных) сталей успешно

конкурируют с бесшовными, поэтому их применение для конструкций является предпочтительным с точки зрения экономии без потерь на качестве.

7.3. Получение сортового и листового проката

Исходными заготовками при производстве сортового и листового проката являются слитки. Перед прокаткой слитки в нагретом состоянии (до температуры 1300º С) прокатывают на блюминге (стан) на заготовки квадратного сечения со сторонами 450×450 до 150×150 мм – блюмы. Эти заготовки являются исходным материалом для получения профилей путём прокатки на сортовых станах. На сортовых станах нагретая заготовка проходит до 15 калибровок, в последней из которых получают требуемый профиль (сортовой прокат в виде уголка, швеллера, квадрата, круга, шестигранника и т.д.). Слитки более крупные (до 60 тонн) прокатывают на слябинге (стан) на слябы прямоугольного сечения с максимальной толщиной до 350 мм, шириной до 2300 мм с последующей разделкой на мерные части необходимой длины – сутунки. Слябы являются исходным материалом для прокатки на толстый лист, для производства которого слябы прокатывают в двух взаимно-перпендикулярных направлениях: в продольном и поперечном (для получения нужной ширины и выравнивания свойств готовой продукции. Прокатку толстых листов проводят на одно или двухклетьевых станах как в горячем, так и холодном состоянии. Тонколистовую сталь прокатывают, как в горячем, так и в холодном состоянии. Для получения тонких листов в качестве заготовки применяют горячекатаные листы после отжига, травления; тонкий лист катается на одно или многоклетьевых непрерывных четырёх или многовалковых станах. Для придания прокату необходимых свойств и потребительских качеств его направляют на финишные операции – термообработку, дрессировку (холодную прокатку листов с малой степенью обжатия для улучшения плоскостности, минимизации образования линий скольжения и получения определенной твердости) с нагартовкой поверхности для листового проката под холодную штамповку, шлифовку, травление и т.д.

Тонкий лист. Нержавеющие тонкие стальные листы изготовляются согласно ГОСТ 5582-75 «Прокат тонколистовой коррозионностойкий, жаростойкий и жаропрочный» толщиной от 1,5÷3,9 мм (горячекатаные листы – по ГОСТ 19903-74), и толщиной от 0,5 до 3,9 мм (холоднокатаные листы – по ГОСТ 19904-74). Для изготовления тонких нержавеющих листов используют сталь марок: 08Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 12Х17, 08Х17Т, 08Х18Н10, 12Х18Н12, 03Х18Н11, 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 03Х17Н14М2, 10Х17СЮ, 10Х13СЮ, 12Х18Н10Т, 20Х20Н14С2, 20Х23Н18, 20Х25Н20С2 и т.п.

Нержавеющие тонкие стальные листы подразделяют:

1. **По состоянию материала**:

- Н1 – холоднокатаный нагартованый;
- ПН1 холоднокатаный полунагартованый;
- М2а, М3а, М4а – холоднокатаный, термообработанный, травленый;
- М4в – холоднокатаный термообработанный;
- М2б, М3б, М4б – горячекатаный термообработанный, травлённый или после светлого отжига;
- М4г – горячекатаный, термически обработанный.

2. **По точности прокатки**:

- А – повышенной точности;
- Б – нормальной точности;

3. **По виду кромок**:

- О – с обрезной;
- НО – с не обрезной;

4. **По не плоскостности листов:**

- ПО – особо высокой плоскостности;
- ПВ – высокой плоскостности;
- ПУ – улучшенной плоскостности;
- ПН – нормальной плоскостности.

Пример условных обозначений листа по ГОСТ 5582-75:

Прокат холоднокатаный листовой, повышенной точности: по толщине (АТ), по ширине (АШ), по длине (АД), нормальной плоскостности (ПН), с обрезной кромкой (О), размером 2×1000×2000 мм по ГОСТ 19904, из стали марки 12Х18Н10Т, нагартованный:

$$\textit{Лист}\quad \frac{\textit{АТ–АШ–АД–ПН–О–2×1000×2000 ГОСТ 19904-90}}{\textit{12Х18Н10Т – Н1 ГОСТ 5582-75}}$$

Качество поверхности тонких нержавеющих стальных листов должно соответствовать ГОСТ 5582-75.

Таблица. Механические свойства тонких листов

Марка стали	Режим термической обработки листов	Временное сопротивление, $\sigma_в$; Н/мм^2	Предел текучести σ_γ, Н/мм^2	Относительное удлинение, δ,%
		не менее		
20Х13	Отжиг или отпуск 740-800°С	490	-	20
30Х13		540		17
40Х13		550		15
12Х13	Отжиг или отпуск 740-780°С	440	-	21
12Х17	Отжиг или отпуск 740-780°С	490	-	20
08Х18Н10	Закалка 1050-1080°С	510	185	45
08Х18Н10Т		530	205	40
12Х18Н10Т		530	205	40
12Х18Н12Т		Не более 740	-	35
08Х17Н15М3Т		530	205	35

Толстый лист. Нержавеющие толстые стальные листы изготовляются согласно ГОСТ 7350-77 «Сталь толстолистовая коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная» толщиной 4÷50 мм (горячекатаные) и толщиной от 4÷5мм (холоднокатаные), ГОСТ 19904-74. Для изготовления нержавеющих толстых стальных листов используют сталь марок: 14Х17Н2, 08Х13, 08Х17Т, 20Х13, 12Х17, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х19Н9Т, 12Х18Н12Т и др. и т.п.

Нержавеющие толстые стальные листы подразделяются:

1. **По состоянию материала**:

- Н1 – холоднокатаный нагартованый;
- ПН1 – холоднокатаный полунагартованый;
- М5в – холоднокатаный термообработанный;

- М2а, М3а, М4а, М5а – холоднокатаный, термически обработанный, травлёный или после светлого отжига;
- М2б, М3б, М4б, М5б – горячекатаный лист, термообработанный, травленый;
- М5г – горячекатаный термообработанный, нетравленый;
- 5д – горячекатаный лист без термообработки и нетравленый.

2. По точности прокатки, **виду кромки, не плоскостности листов** – подразделение аналогично нержавеющим листам из тонколистовой стали.

Таблица. Механические свойства толстых листов

Марка стали	Режим термической обработки листов	Временное сопротивление, $\sigma_в$; Н/мм^2	Предел текучести σ_γ, Н/мм^2	Относительное удлинение, δ,%
		не менее		
20Х13	Нормализация или закалка при 1000-1050°С, охлаждение на воздухе, отпуск при 680-780°С, охлаждение с печью или на воздухе	510	375	20
08Х13	Закалка при 960-1020°С, охлаждение в воде или на воздухе, отпуск при 680-780°С, охлаждение на воздухе или с печью	420	295	23
12Х17	Отжиг или отпуск при 760-780°С, охлаждение на воздухе или с печью	440	-	18
08Х18Н10	Закалка при 1050-1100°С, охлаждение в воде или на воздухе	510	185	45
08Х18Н10Т	Закалка при 1000-1080°С, охлаждение в воде или на воздухе	510	205	43
12Х18Н10Т		530	235	38
12Х18Н12Т	Закалка при 1030-1080°С, охлаждение в воде или на воздухе	530	235	38
08Х17Н15М3Т	Закалка при 1030-1080°С, охлаждение в воде или на воздухе	530	235	37

Качество поверхности нержавеющих тонких стальных листов должно соответствовать ГОСТ 7350-77. По системе классификации AISI для производства нержавеющего листа наиболее приемлемые стали AISI 304, AISI 304L, AISI 309, AISI 310, AISI 316, AISI 316L, AISI 316Ti, AISI 321, AISI 409, AISI 420, AISI 430 и т.п.

Обработка поверхности. Нержавеющая сталь различается видами обработки поверхности. По типу поверхности выделяют следующие виды нержавеющей стали:

- Шлифованная (матовая);
- Полированная (зеркало, супер-зеркало);
- Декоративная:
    - структурная (текстурированная);
    - с травленым рисунком;
    - цветная.

Обрабатывают обычно стандартные размеры листа нержавеющей стали: 1000×2000 мм, 1250×2500 мм, толщиной: от 0,5 до 20 мм. Перед финишной обработкой лист обезжиривают. Обезжиривание служит для того, чтобы удалить всю грязь и смазочные материалы (жир) с поверхности нержавеющей стали прежде, чем она подвергнется

обработке поверхности типа матирования или электролитическому полированию и т.д. Обезжиривание может выполняться: мойкой с щелочными растворами, мойкой с органическими растворителями, мойкой с растворенными кислотными детергентами, паровыми эжекторами, герметизирующей струёй воды, ультразвуковой очисткой. Далее лист нержавстальной может быть получен с обычной шлифованной, декорированной (цветной), сатинированной, рифлёной, зеркальной и др. типом поверхности. Шлифованная (сглаженная, иногда до блеска) поверхность достигается трением поверхности металла абразивом шлифовальной ленты, что ведёт к микроскопическому стиранию некоторого количества поверхностного металла. Травлёная поверхность получается в результате электролитического травления (при котором используется электрический ток, а лист является одним из электродов) или химического травления (химикатами с применением кислотостойкой плёнки) При химическом травлении можно выполнять на поверхности стали долговечные четкие рисунки, содержащие любые элементы изображения, которые могут быть заполнены цветом. Для этого используют кислотостойкую пленку, которую наносят на области, предназначенные остаться цветными, а остальная часть поверхности, не заклеенная пленкой, при травлении обесцвечивается. Нержавеющая сталь с рисунком имеет широкое применение в архитектуре, дизайне и строительстве. Из этого декоративного материала изготавливают архитектурные элементы зданий, предметы интерьера, а также применяют в качестве облицовочного материала для отделки экстерьеров и интерьеров. Функциональность нержавеющей стали рисунком соответствует уровню износостойкости обычной нержавеющей стали. Рисунок, нанесенный не тускнеет и не стирается на протяжении всего срока службы изделия. Полированная поверхность достигается либо химическим, либо электрохимическим полированием. При химическом полировании полированная поверхность формируется благодаря воздействию химиката, причём раствор травления составлен так, чтобы неровности в топографии поверхности были распространены равномерно. Для полирования стали обычно используют смесь серной и ортофосфорная кислот; температура ванны – около 70°С, плотность тока 60-70 А/дм^2, процесс длится 1-5 мин. Отполированные детали после извлечения из ванны промываются в проточной воде, погружаются в 10 %-ный раствор углекислого натрия (соды) и снова промываются в проточной воде. Сушатся они в струе теплого воздуха. Рекомендуется через 1 мин вынуть лист из ванны и снова погрузить, повторив это в течение процесса полирования несколько раз. Электрохимическое полирование, при котором полируемый металл является анодом в электролитическом элементе, сопровождается селективным растворением выделяющихся точек в поверхностной топографии листа, что и позволяет получить зеркальную отражающую поверхность. Узоры определённой формы образуются при химическом травлении (с последующим удалением вытравленного материала). Сатинированная поверхность (блестящая, но не зеркальная поверхность) получается путём диффузионно-отражательной отделки металлов. Цветная нержавеющая сталь создается с помощью специальных электрохимических методов, позволяющих получать цветное покрытие более устойчивое к коррозии в сравнении с самой нержавеющей сталью. Цветная нержавеющая сталь широко применяется для изготовления конструкций и отделки интерьеров общественных, присутственных мест – облицовки стен, колонн, проемов, лифтов и лифтовых шахт, столешниц, прилавок, так как этот «антивандальный» материал износоустойчив и сохраняет эстетичный внешний вид на протяжении всего срока службы. Существует множество различных методов получения цветной поверхности стали. Например, электрохимический метод, основанный на свойстве нержавеющей стали образовывать защитную пленку из оксида хрома. Определенный цвет возникает при

изменении толщины этой пленки. Перед окрашиванием, поверхность нержавеющей стали обрабатывается специальной полировкой для получения однородной поверхности. Затем в электрохимическом процессе на обработанной поверхности металла образуется пленка оксида хрома, которая преломляется в зависимости от угла падения света и создает определенный цвет. При окрашивании текстурированной стали этим методом структура декоративного рисунка нержавеющего листа остается неизменной. Так как окрашивание поверхности стали возникает в процессе электрохимического воздействия, а не нанесением краски или пигментов, то материал с таким покрытием не подвержен старению и более устойчив к коррозии по сравнению с обычной нержавеющей сталью. С помощью этого метода получают восемь стандартных цветов нержавеющей стали: «шампань», «золото», «бронза», «стальной голубой», «кобальтовый синий», «зеленый», «красный» и «черный» и огромное количество оттенков. Также широко используется метод, представляющий собой струйную обработку поверхности нержавеющего листа стеклянными шариками одного размера. Этот метод обеспечивает ровную поверхность всей плоскости листа, напоминающей поверхность жемчуга. С помощью этого метода на зеркальную или цветную поверхность нержавеющего листа можно наносить любые рисунки и символы. Это позволяет создавать имиджевую продукцию с фирменной символикой, сувенирные изделия и целые композиции для создания эксклюзивного дизайна и отделки интерьеров.

Таблица. Условные обозначения для определения типа поверхности декоративного листа

Декоративный лист		
HL	HAIRLINE	Визирная линия
Satin	Satin	Шлифованный
E	ETCHING	Травленный
NO.8	MIRROR	Супер зеркало
BB	Bead Blasted	Металлический туман
VB	Vibration	Вибрация
CD	CD Pattern	Круговой рисунок
EMBOSSED	EMBOSSED	Рифленный
Ti GD	GOLD	Покрытие титаном /золотой
Ti BR	BRASS	Покрытие титаном /латунный
Ti RG	ROSE	Покрытие титаном /розовый
Ti BN	BROWN	Покрытие титаном /коричневый
Ti BK	BLACK	Покрытие титаном /черный
Ti BZ	BRONZE	Покрытие титаном /бронзовый
Ti BL	BLUE	Покрытие титаном /голубой

Лист нержавстальной **рифленый** (ГОСТ 8568-77) изготавливают в листах и рулонах с односторонним ромбическим или чечевичным рифлением (получаемым путём накатки). Высота рифлей на листах 0,2÷0,3 толщины основания листа (но не менее 0,5 мм). Листы с ромбическим рифлением изготавливают с диагоналями ромба (25÷30)×(60÷70) мм. Конфигурация рифлей и расположение больших диагоналей ромба вдоль или поперек листа устанавливаются изготовителем. Листы с чечевичным рифлением изготавливаются с расстоянием между рифлями 20, 25 м 30 мм. Благодаря своим характеристикам, этот вид металлопроката широко используется на работах в промышленном строительстве для возведения цехов, общественных сооружений, ангаров.

Таблица. Обозначения отделки поверхности нержавеющей стали (лист) и их описание:

EN	ASTM	DIN	ТИП	ОПИСАНИЕ
1 D	1	c2 (IIa)	Г/к	Горячекатаная, термообработанная, травленая
2B	2B	n (IIIc)	Матовое зеркало	Холоднокатаная, термообработанная, травленая, дрессированная
2R	BA	M (IIId)	Зеркальная	Холоднокатаная, с обжигом в вертикальной печи с применением едкого аммиака
2G	–	O (IV)	Шлифованная	Шлифованная
2J	6	q	Шлифованная	Полированная / Шлифованная (щетками)
2K	3, 4	P (V)	*Шлифованная*	Сатинирование (для наружного применения)
HL	–	–	Шлифованная (волосок)	
2M	–	–	*Декоративная, текстурированная*	Односторонняя модельная прокатка (выдавленный рисунок DECO[)]
2W	–	–	*Напольное покрытие (чечевица)*	Рифленая
N8	–	–	*Супер зеркало*	Влажная обработка абразивом + Полировка. (Качество как у зеркала из стекла).
N8 HY	–	–	*Супер зеркало + рисунок*	Влажная обработка абразивом + Полировка + Химическое травление и коррекция.
HL HY	–	–	*Шлифованная + рисунок*	Влажная обработка абразивом + Полировка + Химическое травление и коррекция.
N8 HY Ti	–	–	*Супер зеркало + рисунок + покрытие (цвет)*	Влажная обработка абразивом + Полировка + Химическое травление и коррекция + напыление нитридом титана.

Матовое зеркало (Глянцевая) – тип обработки холоднокатаная, термообработанная, травленая, дрессированная. Поверхность металла очень гладкая, глянцевая. На поверхности допускаются следы от прокатки и небольшие царапины, что не считается некачественным металлом или браком.
Марка стали: AISI 430, 304, 304L, 316, 316L, 316Ti и т.д.
Зеркальная (Отражающая) – тип обработки: обжиг в вертикальной печи с применение едкого аммиака. Поверхность металла очень гладкая, отражает, но отражение не четкое. Наиболее широко применяемый тип декоративной нержавеющей стали. Марка стали: AISI 430, 304, 316
Шлифованная (Сатин и Волосок) – тип обработки влажная абразивная. Поверхность металла получается очень гладкая, которая не отражает, но переливается цветами радуги. Наиболее широко применяемый тип декоративной нержавеющей стали. Марка стали: AISI 430, 304, 316
Текстурированная обработка – готовый лист подвергается односторонней модельной прокатке с получением выдавленного рисунка (DECO). Лицевая поверхность листа получает четко выраженный рисунок ощутимый на ощупь (50 микр.). Обратная сторона листа имеет ровную, гладкую поверхность.
Двухсторонняя текстурированная обработка – двухсторонняя прокатка с получением выдавленного рисунка. В результате процесса выдавливания обе стороны имеют четко выраженный рисунок. Данный вид декоративной текстурированный обработки листовой нержавеющей стали не получил столь широкого применения как некоторые другие виды отделки поверхности. Марка стали: AISI 304, AISI 316
Зеркало – получают путём сочетания полировок: Влажная обработка абразивом + Полировка. Марка стали: Широко используется в декорации, придает зданию вид легкости,

чистоты, и роскоши. AISI 304, AISI 316.
Травление – рисунки получаются путём химического травления глубиной 20-30 микрон (только стандартных рисунков существует около 100, производят впечатление трехмерного пространства в декорации), после травления делают коррекция. Марка стали: AISI 304.
Напыление титаном. Возможные цвета: золотой, розовый, коричневый, чёрный. Процесс: вакуумная камера, температура 200ºС, напыление ионами титана. Готовая поверхность защищается двумя слоями полиэтиленового покрытия (250 микрон). Марка стали: AISI 304, AISI 316. Твердость титанового покрытия, в 10 раз превосходит твердость нержавеющей стали. Гарантия такого покрытия 30 лет на стабильность цвета и блеск, в любых климатических условиях, в основном применяется для космических целей.
Возможные комбинации обработок поверхности: Основа + Рисунок + Напыление.

Таблица 17

Виды поверхностей готовых изделий из нержавеющих сталей по стандарту AISI

Поверхность	Процесс прокатки	AISI	Толщина, мм
Матовая	Горячая прокатка с отжигом и травлением	1	3-100
Матовое зеркало	Холодная прокатка с отжигом, травлением и с легкой отделочной прокаткой	2B	0,5-3
Зеркало	Холодная прокатка с отжигом в вертикальной печи, травлением с применением едкого аммиака	BA	0,5-3
Шлифованная	Холодная прокатка с отжигом, травлением и абразивной обработкой	Sat, Grind, N	0,5-3
Мелкая шлифовка	Холодная прокатка с отжигом, травлением и абразивной обработкой мелкозернистой шкуркой или тканевой поверхностью	SB	0,5-3
Декорированная	Холодная прокатка с отжигом, травлением и накаткой рисунка	DECO	0,5-3
Покрытие защитной плёнкой	Нержавеющий металлопрокат с поверхностью «BA», «DECO» поставляется в защитной плёнке	PVC	0,5-3
Матовая	Горячая прокатка с отжигом и травлением	1	3-100

Важным фактором внешнего вида изделий из нержавеющих сталей является хорошая и гладкая (без изломов, неровностей и царапин) поверхность металла. Стандартный вид отделки 2B является достаточным, однако иногда необходима полировка (электролитическая). Шероховатость (Ra) поверхности обычно не превышает 0,6 мкм.

Применяемость продукции:

По зарубежным стандартам состояние продукции из нержавеющих сталей описывается двойными кодами: **ID, IU, 1Q, 1H**, **2H, 2E, 2D** и т.п. Рассмотрим виды отделки стали согласно данной кодовой системы.

Таблица 18

Виды отделки стали

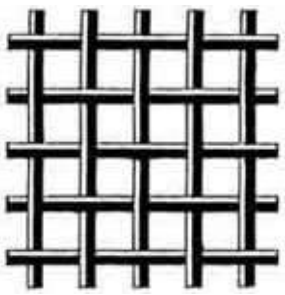
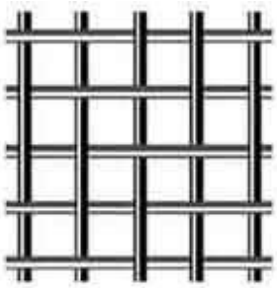
Обозначение	Отделка	Состояние поверхности	Примечание
1U	горячекатаные, без термообработки, без удаления окалины	с окалиной	для изделий с дальнейшей обработкой; например, полоса для дрессировки

Обозначение	Отделка	Состояние поверхности	Примечание
1C	горячекатаные, с термообработкой, без удаления окалины	с окалиной	для деталей с механической обработкой или для применения в высокотемпературной среде
1E	горячекатаные, с термообработкой, с механическим удалением окалины	без окалины	вид механического удаления окалины: черновая шлифовка или дробеструйная обработка, зависит от вида стали и формы изделия
1D	горячекатаные, с термообработкой, протравленные	без окалины	обычный стандарт для многих видов сталей, обеспечивает коррозионную стойкость, обычное исполнение для дальнейшей обработки. Менее гладкие, чем 2 B и 2 D
1H	горячекатаные, с термической обработкой, подвергнутые травлению и холодному растягиванию		
1Q	горячекатаные, закаленные, протравленные	без окалины	
2H	холоднокатаные, упрочненные	блестящие	холоднодеформированы для повышения прочности
2C	холоднокатаные, с термообработкой без удаления окалины	гладкие, с окалиной после термообработки	для деталей с дополнительным удалением окалины и механической обработкой или для применения в высокотемпературной среде
2D	холоднокатаные, с термообработкой, протравленные	гладкие	улучшенная пластичность, но менее гладкие, чем 2B или 2R
2B	холоднокатаные, с термообработкой, протравленные, дрессированные	более гладкие, чем 2D	для повышения коррозионной стойкости, качества поверхности, плоскостности у многих видов сталей, пригодны для дальнейшей обработки, дрессировка может производиться правкой растяжением
2R	холоднокатаные, светлоотожженные	гладкие, светлые, с отражением	более гладкие и светлые, чем 2B, Пригодны для дальнейшей обработки
2G	обработка поверхности шлифовкой;		
2E	холоднокатаные, термообработанные с механически удаленной окалиной, протравленные	серебристо-матовая или блестящая	

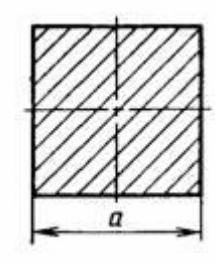
Обозначение	Отделка	Состояние поверхности	Примечание
2J	обработка поверхности полировкой /щёточная обработка.		
2M	рисунком (на одной стороне)		
2W	Рифленая		

7.5. Изготовление прутков и проволоки

Нержавстальные прутки изготовляются методом горячего прессования, холодного проката с последующим отжигом (в вакууме), калибровочным волочением и шлифовкой. По степени точности изготовления прутки подразделяются на два вида: обычной и повышенной точности. Прутки обычной точности поставляются с травленной поверхностью в отожженном состоянии, а прутки повышенной точности – или катанными и отожженными, или волочёнными с остаточной деформацией не более 15 %. Каждый пруток партии подвергают ультразвуковому контролю на отсутствие следов пресс-утяжины в процесс изготовления. Сортамент прутковой нержавеющей стали соответствует: горячекатаной круглой – ГОСТ 2590-88; горячекатаной квадратной – ГОСТ 2591-88; горячекатаной шестигранной – ГОСТ 2879-88. Прутки применяются в качестве опорных конструкций различных соединений, мостов и балконов; для создания немагнитных конструкций; сооружения пожарных лестниц, перил, кроме того, для реставрации памятников и т.п. Принцип изготовления проволоки идентичен изготовлению прутка: ковка слитка, обточка в размер, прессование заготовки в пруток, прокатка на прокатном стане с последующим волочением проволоки на волочильных машинах до требуемого размера. Сущность процесса волочения заключается в протягивании заготовок через сужающее отверстие (фильеру) в инструменте, называемом волокой. Перед волочением на прутки и проволоку наносится графитовая смазка. После прокатки прутка в размер проводится высокотемпературный отжиг. Проволока обычно изготовляется из нержавеющей стали марок 12Х18Н10Т (пищевая проволока для сеток), 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 08Х18Н10, 10Х17Н13М2Т и 10Х17Н13М3Т (высоколегированные

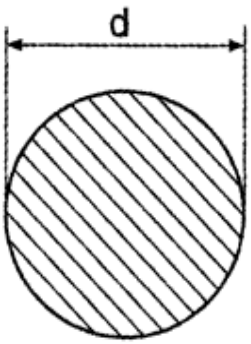
	
Полотняное переплетение	**Саржевое переплетение**

нержавеющие проволоки). Сетки из нержавеющей проволоки применяются: для фильтрации, обезвоживания и сушки (сетки фильтровые тканые); для рассева сыпучих материалов, контроля и разделения материалов по размеру частиц; в качестве арматуры, ограждения; при теплоизоляции промышленного оборудования; воздухоочистки, фильтрации жидкости и газов, армирования и других целей (сетки тканые с квадратными ячейками). Изготовляются сетки из нержавеющей проволоки согласно ГОСТ 3826-82 (размер ячейки 0,4÷20 мм), ТУ 14-4-507-99 (0,04÷0,4; для сеток микронных размеров), ТУ 14-4-1569-89 (0,228÷2,884 мм для мельничных комплексов). Типы переплетения проволок в сетке: саржевое, полотняное. По классификации AISI наибольшим спросом пользуются проволоки, изготовленные из марки AISI 321 (состояние поставки – отожжённая, диаметр поволоки от 0,1 до 24 мм).



7.6. Квадрат. К данному виду металлопродукции относится горячекатаная стальная катанка, изготовляемая по ГОСТ 8559-75 «Сталь калиброванная квадратная» и ГОСТ 2591-88 «Прокат стальной горячекатаный квадратный» сечением от 3 до 100 мм включительно. Сортамент квадрата калиброванного должен соответствовать ГОСТ 2591-88. Прокат стороной квадрата до 5 мм включительно изготовляют в мотках, выше 5 мм – в стальных прутках. По точности прокатки квадраты калиброванные делятся на: повышенной точности – Б и обычной точности – В. В соответствии с назначением стальная катанка бывает: мерной длины; кратной мерной длины; немерной длины. Согласно ГОСТ 2591-88 разность диагоналей квадратной стальной катанки в одном сечении не должна превышать удвоенной суммы предельных отклонений по стороне квадрата. Стальные прутки согласно ГОСТ 2591-88 изготовляют следующей длины: от 2 до 12 м – из низколегированной нержавеющей стали; от 2 до 6 м – из качественной и легированной нержавеющей стали; от 1,0 до 6 м – из высоколегированной нержавеющей стали. Кривизна стальных прутков квадрата калиброванного не должна превышать 0,2 % длины. Кривизну стальной катанки измеряют на длине не менее 1 м на расстоянии не менее 150 мм от концов. Квадрат калиброванный (ГОСТ 2591) применяется в качестве заготовки для последующей переработки в сортовой и фасонный прокат, а также для изготовления различных деталей машин (валы, втулки, шпиндели, толкатели, плунжеры, оси). Наиболее применяемые стали – AISI 304, 304L.

7.7. Круг горячекатаный. На стальной горячекатаный прокат круглого сечения диаметром от 5 до 270 мм включительно распространяется ГОСТ 2590-88 «Прокат стальной горячекатаный». По точности прокатки сталь для круга изготовляют: высокой точности –А; повышенной точности – Б; обычной точности – В. Круглая сталь диаметром до 9 мм поставляется в мотках, свыше 9 мм – в прутках. В зависимости от назначения прутки для круга стального изготовляются: мерной длины; кратной длины; немерной длины. Прутки поставляются длиной от 2 до 12 м. Предельные отклонения по длине круглой стали мерной и кратной мерной длины не должны превышать:



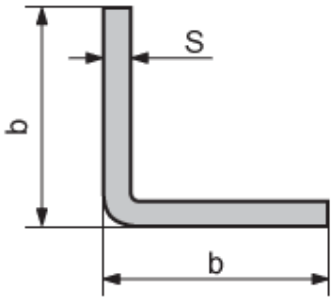


- +30 мм при длине круга нержавеющего до 4 метров включительно;
- +50 мм при длине круга нержавеющего свыше 4 до 6 метров включительно;
- +70 мм при длине круга нержавеющего свыше 6 м.

Кроме горячекатаного круга из нержавеющей стали может быть изготовлен круг калиброванный холоднотянутый. Длиной такой круг может быть от 3-6,2 до 155 мм. По классификации AISI наибольшим спросом пользуется круг, изготовленный из марок AISI 304,

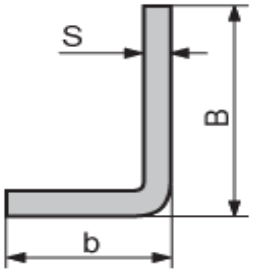
321, 316. Применяется для армирования ж/б конструкций, при контакте с морской водой в промышленном производстве; для оборудования скоростных трасс, мостов и туннелей и др.

7.8. Уголок нержавстальной. Уголок изготавливается по техническим условиям согласно ГОСТ 535-88.



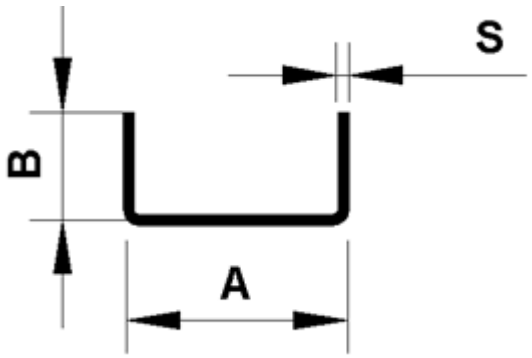
Уголки стальные подразделяются на уголки равнополочные (ГОСТ 8509-93) и уголки неравнополочные (ГОСТ 8510-93). По точности прокатки уголки стальные изготовляют:А – высокой точности; Б – обычной точности. Номер уголка стального соответствует ширине полки, выраженной в мм.

Например: Нержавеющий уголок 125×80 × 8 – ширина одной полки уголка стального равна 125 мм, другой – 80 мм, толщина полок – 8 мм.



Нержавеющие уголки изготовляют длиной от 4 до 12 метров мерной, немерной или кратной мерной длины. Допускается изготовление неравнополочных уголков и длиной свыше 12 метров. Используются нержавеющие уголки в строительстве в качестве элементов для изготовления металлоконструкций. По классификации AISI наибольшим спросом пользуется уголок, изготовленный из стали марки AISI 304.

7.9. Швеллер. Швеллер – это металлические изделия П–образного сечения, получаемые из горячей заготовки на сортовых станках. К данному виду металлопродукции относится горячекатаный и гнутый швеллер. Швеллеры **стальные горячекатаные** изготовляются по ГОСТ 535-88 с уклоном внутренних граней полок или с параллельными гранями полок. Уклон внутренних граней швеллера не должен превышать 10 %. Сортамент швеллеров должен соответствовать ГОСТ 8240-89. Номер стального швеллера соответствует его размеру (расстоянию между внешними гранями швеллера), выраженному в см.



По точности прокатки стальные швеллеры изготовляют:

- повышенной точности – Б;
- обычной точности – В.

Существуют **специальные виды** стальных горячекатаных швеллеров, применяемых, например, для автомобильной промышленности – ГОСТ 19425–74 (18С, 20С и т.д.); для вагоностроения – ГОСТ 5267.1–90 (8В,14В, 18В). Швеллеры поставляются обрезанными согласно ГОСТ 535–88. Стальные **гнутые швеллеры** изготовляют согласно ГОСТ 11474–76 на профилегибочных станах из холоднокатаной и горячекатаной стали. Визуально гнутый швеллер отличается от горячекатаного наличием скругленного внешнего угла. Стальные гнутые швеллеры бывают равнополочными и неравнополочными. Сортамент соответствует:

- для равнополочного – ГОСТ 8278-89;
- для неравнополочного – ГОСТ 8281-80.

Номер такого швеллера соответствуют его размеру, выраженному в мм.

7.10. Полоса стальная (штрипс). К данному виду металлопродукции относится полоса стальная горячекатаная общего назначения шириной от 11 до 200 мм и толщиной от 4 до 60 мм. Штрипс изготовляется по ГОСТ 535-88. Сортамент металлической полосы должен соответствовать ГОСТ 103-76. В качестве материала для изготовления нержавстальной металлической полосы используется низколегированная сталь. **По точности прокатки металлическая полоса производится:** штрипс повышенной точности – А; штрипс нормальной точности – Б. Полосы стальные изготовляют длиной от 3 до 10 м. Притупление углов металлических полос должно не превышать 0,2 толщины и быть не более 3 мм. В зависимости от назначения металлические полосы могут быть: мерной длины, кратной мерной длины, немерной длины. Предельные отклонения по длине металлических полос мерной или кратной мерной длины не должны превышать:

+30 мм – для перфорированных полос длиной до 4 м;
+50 мм – для перфорированных полос длиной св. 4 до 6 м;
+70 мм – для перфорированных полос длиной св. 6 м;
+200 мм – для перфорированных полос, получаемых со штрипсовых станов.

Серповидность стальной полосы не должна превышать 0,2% длины для полос 1 класса и 0,5% длины для полос 2 класса. Стальные полосы размером до 30×20 мм изготовляют в рулонах. Полосы стальные предназначены для изготовления металлоконструкций, гнутых профилей (уголок, швеллер), а также для изготовления рессор и режущих инструментов (резцы и др.).

7.11. Нержавеющие фитинги, отводы. Традиционные методы соединения труб, такие как сварка, опрессовка сегодня заменяются технологией быстрого соединения. Нержавеющие фитинги, отводы используются в качестве соединительных элементов в производстве различного оборудования, монтажа трубопроводов. Отводы (крутоизогнутые бесшовные приварные) изготовляются по ГОСТ 17375-2001 и ГОСТ 30753-2001 радиусом изгиба 1 и 1,5DN с углом изгиба 45°, 60°, 90°, отвод Ø38×3 с углом изгиба 180° и предназначены для соединений труб при строительстве трубопроводов различного назначения с условным давлением до 16 МПа и температуре от минус 70°С до плюс 450°С. Отводы, изготовленные по ТУ 1468-022-20872280-2007 из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, предназначены для соединения труб технологических трубопроводов с условным давлением до 4МПа. Отводы, изготовленные по ТУ 1468-020-20872280-2004 из стали марок 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 12Х18Н10Т, 15Х5М, с условным давлением до 16 МПа и температуре от минус 70°С до +600°С, предназначены для соединений труб при строительстве трубопроводов различного назначения, в том числе для химической промышленности и подконтрольные органам Ростехнадзора России. Метод изготовления отводов: горячая протяжка. В настоящее время концепция быстро соединяемых фитингов находит широкое применение во всем мире, все большее количество производителей начинают видеть преимущества их использования, такие, как экономия рабочего времени и надежность. Из нержавеющей стали широкий ассортимент фитингов: нержавеющие отводы; нержавеющие тройники/крестовины; соединительные фитинги из нержавеющей



стали; нержавеющие муфты/ниппели; контргайки, крышки, пробки из нержавеющей стали. Фитинги изготавливаются из различных марок нержавеющей стали: AISI 304, 316, 316L.

8.Термическая обработка нержавеющих сталей

8.1. Термообработка проката.

Любая термическая обработка состоит из трёх операций: нагрев, выдержка, охлаждение. Термическую обработку проводят с целью снятия наклёпа, возврата технологических свойств, измельчения зерна металла и получения требуемых эксплуатационных свойств. При определении режимов термообработки необходимо принимать во внимание марку стали, назначение изделия, возникновение деформаций, допустимый уровень остаточных напряжений. Необходимость термообработки обычно указывают в ТУ на деталь. Изделия из высокохромистых сталей подвергаются отпуску при 730÷760ºС. Изделия из жаропрочных и нержавеющих сталей подвергаются термической обработке (аустенизации) при 1000÷1100ºС для снятия напряжений, выравнивания структуры.

Термообработка (отжиг, отпуск, нормализация) нержавеющих труб может проходить в обычной проходной электропечи с открытой атмосферой, в закрытой печи в атмосфере защитных газов (аргона, гелия) или в вакууме. Закалка (охлаждение) нержавстальных изделий может производиться в воду или осуществляется на воздухе. Вакуумная термообработка осуществляется в вакуумной печи, которая состоит из нагревательной камеры, самоходной тележки, нескольких муфелей с вакуумной системой, механизмами загрузки, вооохлаждения и пульта управления. Трубы укладывают в поддон, загружают в муфель, который затем герметично закрывают, вакуумируют. Далее на муфель накатывают предварительно нагретую нагревательную камеру. Доводят до нужной температуры, выдерживают, затем нагревательную камеру скатывают, муфель с садкой охлаждают и выгружают поддоны, трубы охлаждаются на воздухе.

Таблица 18

Механические свойства нержавеющей хромоникелевой стали (тип 08Х18Н10) в зависимости от температуры закалки

C	Si	Mn	Ni	Cr	Механические свойства					Термическая обработка	Толщина листа, мм
					Предел текучести, кг/мм^2	Сопротивление разрыву, кг/мм^2	Удлинение при, %	НВ	Глубина продавливания по Эриксену, мм		
0,14	0,69	0,45	8,7	18,1	52	78,8	39,5	184	12,1	850º, вода	2
					53	75,9	37,8	191	12,0		
					31	65,1	51,3	170	14,0	950º, вода	2
					33	67,5	52,5	170	13,7		
					31	64,3	57,8	153	14,0	1050º, вода	2
					34	65,8	50,3	156	14,0		
					31	62,3	54,5	153	14,1	1150º, вода	2
						61,9	56,0	145			

Таблица 19

Изменение механических свойств нержавеющей хромоникелевой стали после отпуска при 700-800ºС

Термическая обработка	Механические свойства			
	Предел текучести, кг/мм^2	Сопротивление разрыву, кг/мм^2	Удлинение*, %	Ударная вязкость**, кг·м/см^2
1150ºС – вода	28	65,0	60,0	24,2
1150ºС – вода,	33	68,6	57,0	19,2

отпуск 700º, 50 часов				
1150º – вода, отпуск 800ºС, 50 часов	36	69,0	49,5	11,7
*Состав: 0,13%C, 9,0%Ni и 18,1% Cr ** Состав: 0,12%C, 8,32%Ni и 17,8% Cr				

9.Транспортировка, хранение, обслуживание, защита нержавеющей стали

Большинство изделий, изготавливаемых из нержавеющей стали должны отвечать высоким требованиям по качеству, внешнему виду, гигиене, безопасности и т.д. Таким образом, предельно важной становиться задача сохранить все свойства нержавеющей стали на протяжении всей цепочки – от производства стали до изготовления из неё готового продукта. На металлургическом заводе нержавеющая сталь производится на закрепленном под данную марку оборудовании, почти в «лабораторных» условиях, для исключения любых механических, химических и прочих дефектов. После тщательного контроля готовая продукция бережно упаковывается: листы металла прокладываются бумагой, весь пакет обертывается водонепроницаемой бумагой и укладывается на деревянные поддоны. Несмотря на все предосторожности, качественный нержавеющий металл, отправляемый с завода в отличном состоянии, может повреждаться несколькими способами. Погрузка, транспортировка и разгрузка являются практически всегда «критическими» событиями. Вилочные погрузчики и краны могут повредить кромки листов или рулонов. Недостаточно прочное фиксирование упаковок при транспортировке может привести к их перемещениям и к разрушению. Разгрузка является более рискованной операцией нежели погрузка, из-за того, что во многих случаях покупатели не имеют всего необходимого оборудования. Очевидно, что во время транспортировки упаковки должны быть защищены от атмосферных воздействий, влаги, грязи и пыли. Наиболее пригодным местом для хранения нержавеющей стали является сухое, чистое помещение. При ее хранении снаружи, влага (конденсированная или дождевая) и пыль (земля или песок) неизбежно проникают внутрь упаковки и, вследствие явления капиллярности, даже между отдельными листами и кольцами рулонов. Это явление является причиной того, что материал покрывается пятнами. Если во влаге или пыли присутствуют элементы способствующие коррозии, то возникновение коррозионных дефектов неизбежно. Обращаться с нержавеющей сталью необходимо в «шелковых перчатках». Грубое обращение может привести к ее повреждению, которое, в свою очередь, станет причиной брака и будет стоить дополнительных денег. Однако существует несколько основных правил, помнить которые необходимо, когда имеешь дело с нержавеющей сталью.

Чистота – главное условие. Все инструменты и оборудование, которые соприкасаются с нержавейкой, должны быть чистыми от всей пыли и грязи, и особенно важно, от частиц железа и ржавчины. Оборудование, использовавшееся в работе с железом или рядовой сталью, не следует использовать для нержавеющей стали. Если такое невозможно, то инструмент должен быть тщательно очищен до начала использования с нержавейкой. Частицы железа, рядовой стали или ржавчины при наличии влаги могут стать причиной серьезной коррозии нержавеющей стали. Для полной безопасности не рекомендуется работать с нержавеющей сталью в том же помещении, где обрабатываются рядовые стали или железо. Если, однако, такое повреждение произошло, то следует промыть пятно ржавчины 10-15% теплым раствором азотной кислоты и затем водой. Если это не помогло, то последним средством остается шлифовка поверхности и репассивация (химическая обработка с необходимыми компонентами). Для защиты от механических повреждений в ходе обработки сталь может быть покрыта пластиковой пленкой. Иногда для покрытия используется бумага, наклеиваемая на поверхность. Использование защитных покрытий уменьшает стоимость окончательной обработки. В процессе обработки нержавеющей стали ее свойства неизбежно ухудшаются. Образовавшиеся при этом дефекты

должны быть обязательно исправлены. К примеру, при сварке, образующийся сварной шов не удовлетворяет требованиям по своей коррозионной стойкости и по внешнему виду. Для сохранения коррозионной стойкости шва на уровне основного металла необходимо обработать его после сварки. Минимальная обработка – удаление шлака и окалины путем шлифовки шва щеткой из нержавеющей стали или абразивного материала (не содержащего железа). Однако оптимальный результат может быть достигнут только путем последующей химической обработки (травление и пассивация). Правильно выбранная и используемая нержавеющая сталь требует минимального ухода. Обычно достаточно мытья теплой водой или нейтральными моющими средствами (мыло). Дезинфицирующие жидкости, содержащие хлор, или порошки абсолютно неприемлемы! Хлориды (соли) являются злейшими врагами нержавеющей стали. Для очистки поверхностей из нержавеющей стали можно применять обычные растворители (не содержащие хлор). После этого рекомендуется ополаскивать водой. Правильно подобранные и обработанные нержавеющие стали при надлежащем уходе являются идеальным материалом для широкого применения и гарантией того, что изделия, изготовленные из них, прослужат долгие годы.

Заключение. Доброе слово о нержавейке

Итак, мы выяснили, что нержавеющая сталь – идеальный материал: легко деформируется, полируется, сваривается, способна выдерживать огромное физическое давление и вес, при этом прекрасным образом сохраняя форму; со временем не теряет презентабельного сияющего вида и не покрывается слоем грязно-рыжего налёта. Высокие эстетические требования, предъявляемые к конструкциям современного дизайна, таким как мебель, ограждения, лестницы в коттеджах и офисах, элементы сантехники и других обусловливает применение для них труб и других профилей именно из нержавеющих сталей. Преимущества изделий из нержавеющей очевидны:

- Срок службы конструкций из нержавеющей стали составляет от 20 до 50 лет;
- Изделия из этого материала практически не требуют расходов на содержание;
- Прочный, устойчивый к вандализму материал, идеальный для создания экстерьеров и интерьеров гостиниц, торговых и развлекательных центров, ночных колубов, лифтов, бассейнов и других присутственных мест;
- Обеспечивает безопасность при пожаре и взрыве;
- Материал, соответствующий всем гигиеническим требованиям;
- Нержавеющая сталь – материал, который нет необходимости окрашивать;
- Материал, который можно подвергнуть 100% переработке;
- Конструкции из нержавеющей стали создают имидж качества и надежности;
- Материал, который хорошо формируется, поддается сварке, дает возможность архитекторам реализовать самые смелые дизайнерские решения;
- Нержавеющая сталь прекрасно сочетается с любыми строительными материалами: кирпич, камень, бетон, мрамор, гранит, стекло, металл, дерево, пластик. Конструкции из стали способны "оживить" любое старое здание;
- Огромный выбор различных видов обработки, рисунков и цветов, как ни один другой материал помогает заказчику выразить свою индивидуальность и стиль.

Кроме антикоррозийного свойства у нержавеющей стали следует отметить следующие качества: разнообразие изделий (лист, труба, профиль, пруток, уголок, сетка); большой выбор видов поверхности (шлифованная, полированная, матовая, декоративная, а также цветные поверхности); множество марок обладающих различными качествами; легкий

процесс обработки, формирования и сборка выполненных из нее деталей; долговечность материала; высокая температура плавки и более высокие жаропрочные свойства, чем у других сталей. Надежность нержавеющих элементов намного выше, чем у других отделочных материалов. Их вид не изменяется в течение десятков лет. Нержавеющая сталь используется в строительстве чаще всего как материал для перилл, оконных и дверных проемов, противопожарных дверей, из нее изготавливают бассейны и лифты. Также она является хорошим декоративным элементом для оборудования ресторанов, офисов, пабов, дискотек и станций метро. Все чаще из нее производится мебель для офисов и магазинов. Комбинируя нержавеющую сталь со стеклом, деревом или камнем получаем красивые и элегантные изделия. Существуют декоративные листы из нержавеющей стали. Эти листы имеют ряд свойств дающих им преимущество над традиционными листами – шлифованными или полированными:

- Важным их свойством является устойчивость к царапинам.
- На декоративных листах не остаются отпечатки пальцев.

Следует заметить эстетические свойства листов, особенно цветных. Цвет листа устойчив и не меняется даже при изгибе. Существует ошибочное мнение, что изделия из нержавеющей стали являются дорогим материалом. На самом же деле, стоимость данного материала не является большой, особенно если брать во внимание эстетичный вид изделия и огромный период его эксплуатации.

Где используется нержавеющая сталь. Нержавеющую сталь используют во всех сферах деятельности человека, начиная от тяжелого машиностроения, заканчивая электроникой и точной механикой. Наиболее большее применение она нашла в:

- Строительстве и архитектуре.
- Пищевой промышленности.
- Бытовых приборах.
- Химической и нефтехимической промышленности.
- Целлюлозно-бумажном производстве.
- Электроэнергетике.
- Охране окружающей среды.
- Домашнем хозяйстве.
- Транспортном машиностроении.

Химическая промышленность. Практически все емкости, сосуды, баки, реакторы, трубы и другое оборудование химической индустрии изготавливается из аустенитных нержавеющих сталей. Минимально допустимой маркой является 1.4404 (AISI 316L); зачастую требуются высоколегированные марки с содержанием молибдена до 6%. Выбор необходимой марки определяется конечно задачей и требует квалифицированного подхода.
Пищевая промышленность. Сегодня нержавеющая сталь вместе со стеклом и некоторыми видами пластмасс является практически единственным материалом, который одобрен как сырье для изготовления оборудования для производства, хранения и транспортировки пищевых продуктов. Это обусловлено высокими требованиями по гигиене, токсичности и т.п. Гигиена имеет наиважнейшее значение в пищевой индустрии. Она в значительной мере определяет качество продукта на всем пути от сырья, через технологический процесс, к потребителю. Уже сейчас существуют и, определенно, будут ужесточены в будущем строгие ограничения на растворимость тяжелых металлов, имеющихся в материале из которого изготовлено оборудование, находящееся в контакте с продуктами. Согласно европейским рекомендациям количество хрома и никеля, растворенного из стали в ходе стандартного теста по ISO 6486/1, допускается не выше 2 мг/дм^2. Для аустенитных сталей количество растворенных никеля и хрома меньше чем 0,02 мг/дм^2 или, другими словами,

около 1% от допустимого значения. Обычно для производства оборудования пищевой промышленности используются марки нержавеющей стали 1.4301 (AISI 304) и 1.4401 (AISI 316); в очень редких случаях могут потребоваться высоколегированные марки.

Целлюлозно-бумажная промышленность. Большая часть оборудования целлюлозных и бумагоделательных комбинатов изготавливаются из нержавеющих сталей. Минимально допустимой маркой является 1.4401 (AISI 316), но уже на современных предприятиях с циркуляцией жидкостей по замкнутым оборотным циклам эта марка неэффективна и должны использоваться стали с минимальным содержанием молибдена 3÷6%. Выбор марки стали является работой для специалистов. На каждый современный крупный завод расходуется около 3000÷5000 тонн нержавеющей стали, причем большая ее часть приходится на трубы. В этой области по всему миру в ближайшем будущем ожидаются значительные инвестиции.

Электроэнергетика. Сегодня большая часть энергии в мире производится путем сжигания полезных ископаемых (уголь, нефть или газ) или на атомных электростанциях – везде нержавеющая сталь. Здесь применяются легированные, специальные, высоколегированные стали (особенно в атомной энергетике, где требования к материалам предельно высоки).

Защита окружающей среды. Современное общество окончательно поняло важность работы по защите окружающей среды, и пытается законодательным путем предпринять действия по уменьшению вредного воздействия на природу. Так, действующие заводы, фабрики, электростанции модернизируются путем сооружения замкнутых оборотных схем для жидкостей и очистки газа из нержавеющих материалов. Улавливаемая пыль очищается или пускается в переработку на нержавстальном оборудовании. Новые заводы проектируются с учетом удовлетворения высоких требований охраны окружающей среды. Охрана окружающей среды - значительные инвестиции для производства нержавеющей стали. В данной области используется широкий диапазон марок: от обыкновенного качества 1.4301 (AISI 304) до высоколегированных специальных сталей.

Транспортное машиностроение. За последние годы резко возросла необходимость в транспортировке товаров, различных материалов и жидкостей. Одновременно встала задача уменьшить стоимость и повысить безопасность перевозок (многие материалы и жидкости чрезвычайно опасны). Решением этой проблемы являются специальные транспортировочные контейнеры и емкости из нержавеющей стали. С целью снижения стоимости создаются многоцелевые емкости-контейнеры из нержавеющей стали, в которых можно перевозить в одном рейсе, к примеру, молоко, а в следующем – скипидар. Их столько необходимо в промежутках между рейсами промыть и продезинфицировать. Ввиду такой многофункциональности для их изготовления применяются высоколегированные марки сталей, обычно 1.4401(AISI 316) и выше. Транспортное машиностроение является громадным рынком для нержавеющих сталей. В автомобильной промышленности более всего нержавеющая сталь используется для производства выхлопных труб и катализаторов, на изготовление которых идут ферритные или аустенитные марки. За год производятся миллионы автомобилей и на каждый расходуется 10-20 кг нержавеющей стали в виде указанных деталей.

Домашнее хозяйство. В домашнем хозяйстве всегда можно встретить нержавеющую сталь. Это идеальный материал для изготовления ложек, вилок, сковород, кастрюль и другой кухонной утвари. Внутренние части высококачественных посудомоечных и стиральных машин изготавливаются из нержавеющей стали, также как и высококлассные мясорубки. Нержавеющая сталь – материал, связанный с понятием высокого уровня жизни и таким образом объем ее использования в домашнем хозяйстве растет месте с уровнем жизни. Все чаще и чаще обычные люди покупают изделия из нержавеющей стали в свои дома и квартиры. Сейчас модно иметь холодильник, кухонную плиту из нержавеющей стали, не говоря уже о столовых приборах и кастрюлях. Италия, Германия и Франция являются наиболее известными странами – производителями высококачественной бытовой техники.

Строительство и архитектура. Нержавеющая сталь предлагает много интересных возможностей для архитекторов и дизайнеров, как материал очень практичный,

одновременно благородный и эстетичный. Благодаря разнообразию марок и видов поверхности он в состоянии удовлетворять разные условия, которые появляются перед строительными и отделочными материалами. Она хорошо комбинируется со стеклом, камнем, деревом и другими материалами. Является незаменимым материалом для отделки фасадов и интерьеров общественных зданий. Как кровельный материал она также превосходна. Уличная мебель, сделанная из нержавеющей стали, красиво выглядит и практически не изнашивается.

Преимущества нержавеющих сталей

Срок службы. Если анализировать полный цикл службы нержавеющих сталей - можно сказать, что это более выгодный по своим характеристикам материал.

Простота изготовления. Современные методы металлообработки подразумевают, что нержавеющая сталь может быть порезана, сварена, сформована и обработана также, как традиционные стали и другие материалы.

Сопротивление коррозии. Более низкие сорта сопротивляются коррозии в нормальных атмосферных и водных средах, в то время как более высокие сорта могут сопротивляться коррозии во многих кислотах, щелочах и некоторых хлористых растворах, присущих окружающим средам, типичным для многих обрабатывающих заводов.

Прочность. Механические свойства нержавеющих сталей позволяют снизить толщины используемых материалов, таким образом, сокращая вес без риска снижения прочностных характеристик. Аустенитные и дуплексные сорта не теряют прочности при низких температурах и при учете меньших толщин по сравнению с традиционными сортами. Таким образом, достигается существенная экономия по отношению к альтернативным материалам.

Гигиена. Нержавеющая сталь признана, как наиболее гигиеническая поверхность для приготовления пищевых продуктов. Уникальность поверхности нержавеющей стали в том, что она не имеет пор или трещин для проникновения грязи и бактерий. Это свойство простой очищаемости, в сравнении с другими поверхностями, делает нержавеющую сталь первым выбором в строгих гигиенических условиях больниц, общественных кухонь, на скотобойнях, перерабатывающих предприятиях АПК и при изготовлении пищевого оборудования.

Эстетичный внешний вид. Яркая, легко обслуживаемая поверхность нержавеющей стали обеспечивает привлекательный и современный внешний вид изделий, является идеальной для постоянно растущего диапазона архитектурных и декоративных элементов.

10. Правила обращения с нержавеющей сталью:

1. Очень важное значение имеет правильный подбор марки нержавеющей стали.
2. Старайтесь избегать такого дизайна или конструкций, которые допускают скопление грязи или затрудняет очистку.
3. Следует использовать подъемные хомуты, а не лебедочные стропы из углеродистой стали.
4. Недопустимо попадание металлической стружки (результата шлифования и резки) на поверхность нержавеющего проката.
5. Не рекомендуется удалять защитную пленку (если есть) до момента установки готового изделия. Рекомендуется удалять пленку при температуре от 0 до 30 °С.
6. Сварные швы и цвета побежалости следует очищать с использованием травильного раствора или пасты. Широко применяется легкая шлифовка с применением мелкозернистой наждачной бумаги с шероховатостью 400 грит и тоньше. Правильное применение защитного газа при сварке уменьшает необходимость дальнейшей обработки сварных швов.
7. Брызги цемента или бетона с поверхности нержавстальных конструкций следует удалять, а поверхность незамедлительно промывать. Ржавчину, образующуюся в небольших царапинах, можно удалить при помощи теплой разбавленной азотной

кислоты (10÷15%) с незамедлительным последующим ополаскиванием и высушиванием.

8. Для очистки нержавеющей стали подходят слабощелочные чистящие средства (pH9…11). Важными этапами очистки являются ополаскивание и высушивание. Не следует применять высоко абразивные или содержащие железо губки и т.п., которые могут поцарапать или иным образом повредить металл.
9. Правильная и регулярная чистка гарантирует долговечность элементов, в частности: конструктивные элементы зданий, которые не имеют естественной очистки дождевой водой, лучше всего мыть 1-2 раза в год; поручни и ступеньки лестниц плавательных бассейнов рекомендуется очищать ежедневно.

Нержавеющая сталь была изобретена около ста лет назад. Она была использована при строительстве и дизайне крупнейших торговых центров – La Defense в Париже, Canary Wharf в Лондоне, Sony Center в Берлине и Petronas Towers в Куала Лумпур. За эти годы она заняла одно из лидирующих мест среди наиболее важных материалов в мире. Сейчас, в отличие от многих других материалов, она умеренно находится в на подъеме своего цикла жизни. Рост потребления нержавеющей стали на протяжении последних десятилетий составлял 4-6% в год. Существует ошибочное мнение, что нержавеющая сталь является дорогим материалом. Учитывая красоту, прочность и длительный период эксплуатации «нержавейки», ее стоимость не является большой. Тем более, ввиду того, что в нашем поле зрения не видно материала, который мог бы, даже частично, заменить нержавеющую сталь, у нас есть все основания надеяться, что она сохранить и даже упрочит свои позиции. В завершении сопоставим цены на трубы из различных материалов.

Таблица.
Сопоставительные данные о ценах на трубы из различных материалов

Виды материалов	**Соотношение цен**
Углеродистая сталь	1
Нержавеющая сталь **304**	**5**
Нержавеющая сталь **304L**	**5,2**
Нержавеющая сталь **316**	**7**
Нержавеющая сталь **347**	**14**
Сталь 6Mo (с повышенным содержанием молибдена)	14
Сплав хастеллой B2 (сплавы типа никель-молибден; никель-хром-молибден)	75
Сплав инконель 625 (жаропрочные и коррозионностойкие сплавы на основе никеля)	51
Сплав монель 400 (никелево-медные сплавы)	40
Сплав никель 200	48
Сплав титан Gr2	12
Сплав циркония	44