

304(1.4301)

304L(1.4307)



Общие характеристики

Классическая нержавеющая сталь марок 304/304L относится к группе аустенитных марок с содержанием углерода, которое обычно выдерживается на низком уровне ($C < 0,08\%$). Содержание хрома находится в границах от 17,5% до 19,5% и никель колеблется от 8,0% до 10,5%. Такой химический состав позволяет поддерживать аустенитную структуру от криогенных температур до температуры плавления сплава. Эти стали не могут упрочняться термообработкой. Ключевыми характеристиками этих марок является превосходное коррозионное сопротивление, пластичность и вязкость. Общими применениями выступает оборудование для процессов пищевой промышленности, оборудование для химии и нефтехимии, бытовая и кухонная техника, а также архитектурные применения. Данные марки хорошо подходят для применений, в которых требуется хорошая формовость и свариваемость. Марка стали 304L с пониженным содержанием углерода минимизирует выпадение карбидов в зонах повышенного термического влияния, например, во время сварки, и придаёт улучшенное сопротивление межкристаллитной коррозии. Также показывает хорошее сопротивление точечной и щелевой коррозии. Обладают хорошей пластичностью, отличной свариваемостью, хорошей способностью к шлифовке. Поставляется в широком исполнении отделок.

Продукция и размеры

- листовой и рулонный холоднокатаный и горячекатаный прокат;
- прецизионные ленты;
- сварные круглые, профильные (квадратные, прямоугольные, овальные) трубы;
- бесшовные трубы;
- сортовой прокат (круг, квадрат, полоса, шестигранник, уголок, швеллер, тавр, двутавр,...);
- фитинги (отводы, переходы, тройники);
- запорно-регулирующая арматура;
- люки, донышки;
- пищевые насосы;
- сварочные материалы;
- трубчатые теплообменники;
- клапаны, системы управления и контроля.

Химический состав

Марки стали 304(1.4301) и 304L(1.4307) широко представлены в большинстве применений и доступны в мире. Большинство заводов производителей выплавляют 304(1.4301) и/или 304L(1.4307) с содержанием хрома близким к 18% и никеля чуть более 8%. Некоторые применения требуют иногда определённые свойства и характеристики, которые можно достичь лёгким изменением легирующих элементов. Это наблюдается при дополнительном легировании титаном и/или ниобием для улучшения сопротивления межкристаллитной коррозии. Снижение содержания никеля способствует улучшению упрочнения. Повышение содержания никеля позволяет использовать их в специальных криогенных применениях и повышает способность к глубокой вытяжке. Повышение содержания азота приводит к повышению механических характеристик. Добавление молибдена и иногда меди приводит к повышению коррозионного сопротивления.

EN	ASTM	ГОСТ	C, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	N, %
1.4301	304	08X18H10	0,04	18,1	8,1	-	0,05
1.4307	304L	03X18H10	0,02	18,1	8,1	-	0,06

Механические свойства

Прочностные характеристики этих марок растут с увеличением содержания углерода, азота и при определённых условиях молибдена и марганца. Аустенитные марки демонстрируют очень высокую пластичность, наблюдается высокий процент удлинения до разрушения. Обладая высокой прочностью эти марки применяются при криогенных температурах. Повышенная температура определяется как температура в интервале 500-600°C. Большинство продуктов одобрено для применения в сосудах высокого давления до температур 400°C. В нагревательных элементах, каталитических конвертерах, печах, где высокое давление не является главным фактором, аустенитные марки могут использоваться до 800°C в зависимости от иных обстоятельств. Аустенитная сталь демонстрирует подобные углеродистой стали характеристики в условиях пожарной нагрузки, а при температурах до 550°C демонстрирует лучшие пропорции прочности по отношению к комнатной температуре и лучшие характеристики жёсткости во всём диапазоне температур. В отожжённом состоянии при криогенных температурах они демонстрируют неувязимость к хрупкому разрушению.

В таблице приведены данные в отожжённом состоянии по ISO 6892-1, часть 1. Отбор образцов производился перпендикулярно направлению прокатки. Для холоднокатаных материалов длина образцов для испытания взята 80 мм для толщин менее 3 мм. Для толщин более 3 мм длина образцов = 5,65 √ S₀.

EN	ASTM	ГОСТ	Rm (МПа) Временное сопротивление	Rp0,2 (МПа) Предел текучности	A, % Относительное удлинение
1.4301	304	08X18H10	650	300	50
1.4307	304L	03X18H10	630	300	50

Физические свойства

Холоднокатаный в отожжённом состоянии листовой прокат имеет

Плотность	ρ	Кг/дм ³	20°C	7,9
Температура плавления		°C	ликвидус	1420-1450
Теплоёмкость	c	Дж/(кг К)	20°C	500
Теплопроводность		Вт/(м ² К)	20°C	15
Температурный коэф линейного расширения	α	10 ⁻⁶ /К	20-100°C	16,0
			20-200°C	16,5
			20-400°C	17,0
			20-600°C	17,5
			20-800°C	18,0
Электрическое сопротивление	ρ	Ω мм ² /м	20°C	0,73
Магнитное сопротивление	μ	при 0,8 кА/м DC/AC	20°C	1,01-1,02
Модуль Юнга	E	МПа 10 ³	20°C	200
Коэффициент Пуассона: 0,30				

Коррозионное сопротивление

Марка стали **304(1.4301)** имеет хорошее коррозионное сопротивление к общим коррозионным средам. Марка **304L(1.4307)** показывает хорошее сопротивление к коррозии в растворах, подходит

к большинству применений и особенно рекомендуется в случаях, когда имеется риск межкристаллитной коррозии. Обе марки хорошо адаптированы при воздействии пресной воды и городской и пригородной атмосфер. В любом случае, необходимо регулярно очищать незащищённую наружную поверхность для сохранения исходного внешнего вида. Марки стали **304(1.4301)** и **304L(1.4307)** имеют хорошее сопротивление к различным кислотам:

- фосфорная кислота во всех концентрациях при температуре окружающей среды;
- азотная кислота до концентрации 65% в интервале температур 20°C - 50°C;
- муравьиная и молочная кислота при комнатной температуре;
- уксусная кислота в интервале температур 20°C - 50°C.

Рекомендованы для использования в контакте с пищевыми продуктами, такими как вино, пиво, молоко (творог, простокваши и т.д.), натуральные фруктовые соки, сиропы, патока и т.д.

Общая коррозия.

Общая коррозия характеризуется равномерной коррозией поверхности в контакте с коррозионной средой. Коррозионное сопротивление считается хорошим при скорости коррозии менее 0,1 мм в год. Общая коррозия относительно хорошо измеряется, предсказуема и почти никогда не приводит к катастрофическим последствиям. Она может быть легко ограничена или предотвращена правильным выбором марки стали. Единственным нежелательным последствием такой коррозии является поблёкший внешний вид стали.

Атмосферная коррозия.

304 и **304L** марки обладают хорошим сопротивлением к атмосферной коррозии в применениях, где поверхностное помутнение от зарождающейся точечной и щелевой коррозии нежелательно. С точки зрения сохранения внешнего вида, данные марки, не имеющие молибдена, обычно имеют достаточное сопротивление в городских и пригородных условиях. В случаях высокого содержания хлоридов и загрязнений, например, в промышленных зонах, или на территориях близких к морскому побережью, необходимо применение марок сталей с дополнительным легированием. Это особенно важно в случае повышенной влажности и температуры окружающего воздуха как внутри помещений, та и на улице. Гладкая поверхность приводит к увеличению коррозионного сопротивления. Обе марки не подходят в нагруженных конструкциях бассейнов, таких как подвески потолочных конструкций. Во избежание риска коррозионного растрескивания под напряжением, в соответствии с нормами EN 1993-1-4, необходимо выбрать иные марки нержавеющей стали для работы под нагрузкой во внутренних пространствах бассейнов.

Точечная и щелевая коррозия.

Точечная и щелевая коррозии могут проявляться в кислотных или нейтральных, содержащих хлориды (или галогены) средах, в зависимости от разных параметров, таких как концентрация хлоридов, температура, значение pH, окислительно-восстановительного потенциала и геометрии щелей. Потенциал зарождения точечной коррозии при разных температурах и различных концентрациях хлоридов показан в таблице:

Марка стали	NaCl 0,02/23°C	NaCl 0,02/50°C	NaCl 0,05/23°C	NaCl 0,05/50°C
304 (1.4301)	540 мВ	385 мВ	305 мВ	175 мВ
304L (1.4307)	540 мВ	385 мВ	305 мВ	175 мВ

Щелевая коррозия – такой тип коррозии, который может быть разделён на две стадии. Во время первой стадии (инициализация) формируются изолированные ямки в щелевых зонах там, где

локально pH становится ниже pH депассивации данной марки. На втором этапе идёт распространение этих зон с вовлечением в растворение стали. Для снижения скорости этого процесса используют легирование молибденом, либо повышение содержания хрома, либо азота. Повышение содержания никеля способствует пассивации, даже после начала точечной коррозии. Это же приводит к снижению процесса распространения щелевой коррозии.

Межкристаллитная коррозия (МКК).

Этот вид коррозии также называют атакой границ зёрен. Он характеризуется коррозией в узком промежутке вдоль границ зёрен. Низкое содержание углерода, которое при современных технологиях, достигается на этапе выплавки стали повышает сопротивление МКК. Риск МКК также снижается при стабилизации химического состава, легируя титаном или ниобием. Сварка материалов с большой толщиной, а также термообработка в интервале критических температур 900-950°C с медленным охлаждением после термообработки или горячей деформации, может приводить к возникновению риска МКК. **304L** удовлетворяет требованиям стандартных испытаний на межкристаллитную коррозию, определённых в EN ISO 3651-2 (провоцирующие обработки T2 и T2).

Коррозионное растрескивание под напряжением.

Этот тип коррозии характеризуется растрескиванием материала при одновременном воздействии напряжения и коррозионной среды. Такой средой для нержавеющей стали достаточно часто выступают растворы, содержащие хлориды. Кроме наличия хлоридов и приложенной нагрузки, повышенная температура >50°C может приводить к появлению коррозионного растрескивания под напряжением. Такое же может происходить в горячих сильно щелочных растворах при температурах >110°C. Риск появления коррозионного растрескивания под напряжением сильно зависит от содержания никеля в стали и микроструктуры. И повышенное и пониженное содержание никеля дают лучшее сопротивление к такой коррозии. Как следствие ферритные (безникелевые) стали имеют превосходное сопротивление к коррозионному растрескиванию в присутствии хлоридов.

Обработка

В термообработанном состоянии **304** и **304L** марка может быть подвергнута холодной деформации с применением всех стандартных процессов, таких как гибка, профилирование, формовка, вытяжка, раскатка и т.д. Некоторые виды пластической деформации предпочтительнее выполнять при повышенных температурах. После этого необходимо провести травление. Для более сложных операций формовки предпочтительно использовать марки стали с модифицированным химическим составом.

Отжиг.

После холодной деформации (упрочнения) и после сварки проводится нагрев на пару минут до температуры 1050°C \pm 25°C с дальнейшим быстрым охлаждением на воздухе или закалкой в воду для восстановления микроструктуры (рекристаллизация и растворение карбидов) и снятие внутренних напряжений. Для стабилизированных титаном марок нагрев выше 1070 °C может привести к ослаблению сопротивлению межкристаллитной коррозии.

Травление и пассивация.

Травление производится

- в смеси азотной и плавиковой кислот (10% HNO₃ + 2% HF) при повышенной температуре до 60°C.
- в смеси серной и азотной кислот (10% H₂SO₄ + 0,5% HNO₃) при 60°C.
- травильными пастами для сварочных швов.

Пассивация производится

- в 20-25% растворе азотной кислоты HNO_3 при комнатной температуре.

- пассивационной пастой в зоне сварных швов.

Шлифовка, полировка.

Поверхность **304** и **304L** подходит для всех видов шлифовки (щётками, ремнями, всухую, влажная, электро-полировка и др).

Гибка.

304 и **304L** легко подвергаются гибке до температуры 180°C , с очень малым радиусом закругления до толщин ниже 0,8 мм. Для большей толщины рекомендуется радиус изгиба, по крайней мере, равный половине от толщины изгибаемого материала, при это необходимо помнить об упругой обратной деформации.

Раскатка.

И **304** и **304L** марки хорошо подходят для таких применений. Для более жёстких условий и схем напряженно-деформированного состояния предпочтительнее использовать модифицированные марки.

Глубокая вытяжка и вытягивание.

Коэффициент вытяжки для марок достаточен для проведения ограниченных деформаций до степени 1,91. Глубина вытяжки по Эриксену примерно 11 мм.

Формуемость.

Обе марки подвергаются всем методам холодной деформации и демонстрируют общие свойства формуемости, такие как превосходную способность к гибке, высокий коэффициент упрочнения. В марках с низким содержанием никеля аустенитная структура метастабильна. В таких состояниях при холодной деформации аустенит может переходить в мартенсит. Мартенситное превращение повышает степень наклёпа таких марок, что приводит к повышенному сопротивлению изгиба и увеличивает конечную прочность изготавливаемых частей. Мартенситное превращение также зависит от температуры деформации. Начиная с температуры 150°C мартенсит не образуется даже в наиболее нестабильных марках. Таким образом, формуемость метастабильных аустенитных нержавеющей марок, может быть изменена подогревом деталей перед обработкой.

Горячая деформация.

Горячая деформация проводится при температурах $850-1150^\circ\text{C}$. Для максимального коррозионного сопротивления, поковка нагревается до 1070°C и быстро охлаждается на воздухе или в воду после операций горячей деформации. Медленное охлаждение может повлиять на пластичность и коррозионные характеристики продукта.

Механическая обработка.

Из-за высокой вязкости и склонности к упрочнению при деформировании, аустенитные марки труднее обрабатывать на станках по сравнению с углеродистой сталью, но всё же значительно легче по сравнению с высоколегированными марками стали. Требуется более высокое усилие реза, чем на углеродистой стали. Наблюдается сопротивление к ломке стружки и высокая тенденция к упрочнению кромки. Наилучшие результаты получаются с использованием мощного оборудования, острого инструмента и жёстких настроек.

Шероховатость поверхности холоднокатаных листов.

Стандартами на холоднокатаный прокат не регламентируется показатель шероховатости для разных отделок. Среднестатистические значения шероховатости для нержавеющей плоского проката в зависимости от отделки приведены в таблице. Для отделки 2В указанные значения практически гарантированы для толщин 0,5 мм ... 3 мм. С увеличением толщины холоднокатаной продукции до 4, 5, 6 или 8 мм значения шероховатости соответственно увеличиваются.

Отделка	1D	2D	2В	ВА	№ 4	№ 5	№ 7	№ 8	Супер № 8
Ra, μ inch	136-292	5-39	2,4-20	0,5-4	7-25	5,5-8	2,4-8	0,8-4	0,4-0,8
Ra, микрон	3,50-7,50	0,13 – 1,0	0,06 - 0,5	0,01 - 0,1	0,18-0,64	0,14 - 0,2	0,06 – 0,2	0,02 – 0,10	0,01 – 0,02

Магнитные свойства.

Общепринято, что аустенитные марки 304 и 304L являются немагнитными. Однако, степень магнитного ответа или магнитная проницаемость определяется микроструктурой материала. Полностью немагнитный материал имеет магнитную проницаемость равную 1. Аустенитная структура полностью немагнитна, поэтому если нержавеющая сталь имеет 100% аустенитную структуру, то магнитная проницаемость равна 1. На практике это недостижимо. Магнитная проницаемость аустенитных сталей меняется при обработке. Особенно часто это происходит при холодной деформации и сварке, в результате которых появляются некоторые количества феррита и мартенсита, что зачастую может приводить к лёгкой намагниченности в аустенитных сталях 304 и 304L. По требованиям потребителей атомной отрасли, где важен магнитный резонанс, по согласованию, при заказе продукции фиксируется минимальное значение магнитной проницаемости на уровне 1,004.

Эти марки соответствуют

- Стандарту NFA 36 711 «Нержавеющая сталь, предназначенная для использования в контакте с продовольственными товарами, продуктами и напитками для потребления людьми и животными».
- Требованиям международного стандарта NSF/ANSI 51-2009 «Материалы для пищевого оборудования» и FDA (Администрация США по продуктам питания и лекарствам) в отношении материалов, находящихся в контакте с продуктами питания.
- Указ №92-631 от 08 июля 1992 и Правила №1935/2004 от 27 октября 2004 по материалам и изделиям, находящимся в контакте с продуктами (с повторными директивами 80/590/ЕЕС и 9/109/ЕЕС).
- Итальянский Указ от 21 марта 1973: Список видов нержавеющей стали подходящих для «Положение о гигиенических требованиях к упаковке, таре инвентарю и средствам, предназначенных для контакта с веществами в продуктах питания и веществами для личного пользования».
- Французский Нормативный документ от 13 января 1976 в отношении материалов и изделий, изготовленных из нержавеющей стали для контакта с продуктами питания.
- Директивы и стандарты для применения в сосудах, работающих под давлением.
- Регистры судоходства.

Сварка

Марки стали **304** и **304L** хорошо свариваются и подходят для всех обычных методов сварки, за исключением кислородо-ацетиленового метода. В случае наличия риска межкристаллитной коррозии, а также при сварке толстых материалов, рекомендуется использование марки с пониженным содержанием углерода **304L**. Для обеспечения той же прочности и коррозионного

сопротивления, предпочтительнее использовать сварочный материал эквивалентный (либо более легированный) марке стали материнского материала. Аустенитные марки имеют на 50% более высокий коэффициент термического расширения и более низкую теплопроводность по сравнению с ферритными и дуплексными марками. Это означает, что при сварке могут возникнуть большие деформации и напряжения усадки. В большинстве случаев термообработка после сварки не требуется. Однако, для полного восстановления коррозионного сопротивления металла, окалина сварного соединения должна быть механически или химически удалена с дальнейшей пассивацией и очисткой. Если имеется риск межкристаллитной коррозии, то необходимо провести отжиг при $1075 \pm 25^\circ\text{C}$. В этом случае рекомендуется использование низкоуглеродистой марки 304L(1.4307) или 321(1.4541).

Технология сварки	Без присадочного материала	С присадочным материалом		Защитный газ*	
		Толщина	Пруток		Проволока
Сварка сопротивлением: точечная, шовная	≤ 2 мм				
TIG (дуговая неплавящимся)	$< 1,5$ мм	$>0,5$ мм	ER308L*	ER308L*	Аргон Аргон+5%Водород Аргон+Гелий
Плазма	$< 1,5$ мм	$>0,5$ мм		ER308L*	Аргон Аргон+5%Водород Аргон+Гелий
MIG (дуговая плавящимся)		$>0,8$ мм		ER308L(Si)*	Аргон+2%CO ₂ Аргон+2%O ₂ Аргон+2%CO ₂ +1%H ₂ Аргон+2%CO ₂ +Гелий
Дуговая под флюсом		>2 мм		ER308L*	
Электрод					
Лазер	< 5 мм				Гелий При определённых условиях Аргон

Применения

- В пищевом оборудовании
- В химическом машиностроении
- В молочной промышленности и производстве напитков
- В трубопроводах и обвязках
- В сварных конструкциях
- В ёмкостном оборудовании
- В криогенной технике, пищевых ёмкостях, молоковозах и др.