

Европейское обозначение (1)

X5CrNi18-10

1.4301

Американское обозначение (2)

AISI 304

Отечественные аналоги

08X18H10, 12X18H9

(1) В соответствии с NF EN 10088-2

(2) В соответствии с ASTM A 240

### Дифференциация марки 304

При производстве стали могут быть заданы следующие особые свойства, что предопределяет ее применение или дальнейшую обработку:

- Улучшенная свариваемость
- Глубокая вытяжка, Ротационная вытяжка
- Формовка растяжением
- Повышенная прочность, Нагартовка
- Жаростойкость С, Ti (углерод, титан)
- Механическая обработка

Обычно производители стали разделяют марку на три основных класса (сорта) по способности к волочению:

<b>AISI 304</b>			Основной сорт
<b>AISI 304 DDQ</b>		Normal and deep drawing	Сорт глубокой вытяжки
<b>AISI 304 DDS</b>		Extra deep drawing	Сорт особо глубокой вытяжки

### Химический состав

(% к массе)

стандарт	марка	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
EN 10088-2	1.4301	≤0,070	≤1,0	≤2,0	≤0,045	≤0,015	17,00 - 19,50	8,00 - 10,50
ASTM A240	304	≤0,080	≤0,75	≤2,0	≤0,045	≤0,030	18,00 - 20,00	8,00 - 10,50

### Основные Характеристики

Главные особенности **304**:

- хорошее общее сопротивление коррозии
- хорошая пластичность
- превосходная свариваемость
- хорошая полируемость
- хорошая способность к волочению для DDQ и DDS сортов

304L - аустенитная нержавеющая сталь с хорошей холодной формуемостью, сопротивлением коррозии, прочностью и хорошими механическими свойствами.

Она имеет более низкое содержание углерода по сравнению с 304, что улучшает ее сопротивление межкристаллитной коррозии в сварных швах и зонах медленного охлаждения.

## Типичное применение

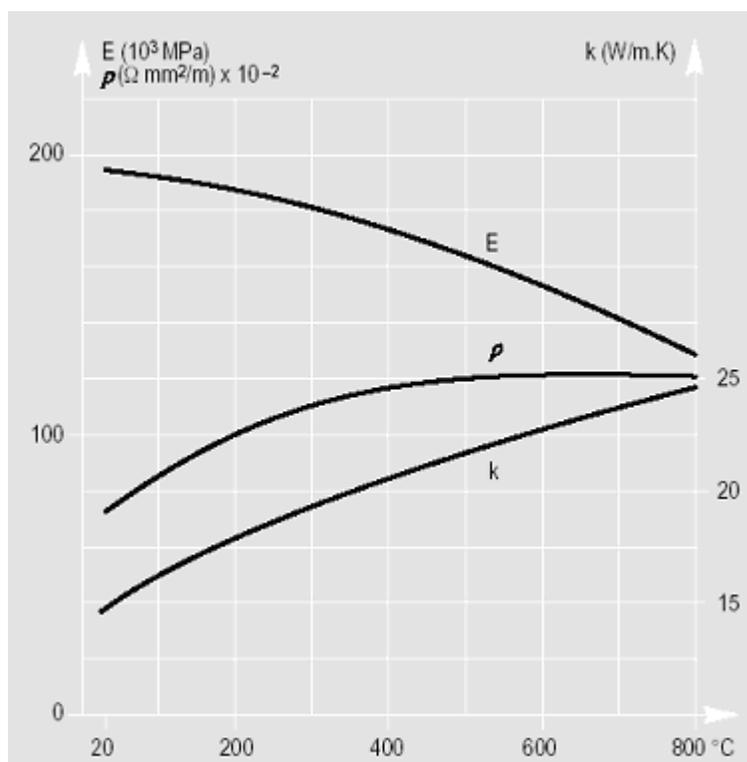
- Предметы домашнего обихода
- Раковины
- Каркасы для металлоконструкций в строительной промышленности
- Кухонная утварь и оборудование для общепита
- Молочное оборудование, пивоварение
- сварные конструкции
- Резервуары судовые и наземные танкеры для продовольствия, напитков и некоторых химических веществ.

## Применяемые стандарты и одобрения

AMS 5513  
ASTM A 240  
ASTM A 666

## Физические свойства

Плотность	<b>d</b>	-	4°C	7,93
Температура плавления		°C		1450
Удельная теплоемкость	<b>c</b>	J/kg.K	20°C	500
Тепловое расширение	<b>k</b>	W/m.K	20C	15
Средний коэффициент теплового расширения	<b>α</b>	10 <sup>-6</sup> .K <sup>-1</sup>	0-100°C 0-200°C	17.5 18
Электрическое удельное сопротивление	<b>ρ</b>	Ωmm <sup>2</sup> /m	20°C	0.80
Магнитная проницаемость	<b>μ</b>	в 0.8 kA/m DC или в/ч AC	20°C μ разряж.возд,	1.02
Модуль упругости	<b>E</b>	МПа x 10 <sup>3</sup>	20°C	200
Коэффициент поперечного сжатия: 0.30				



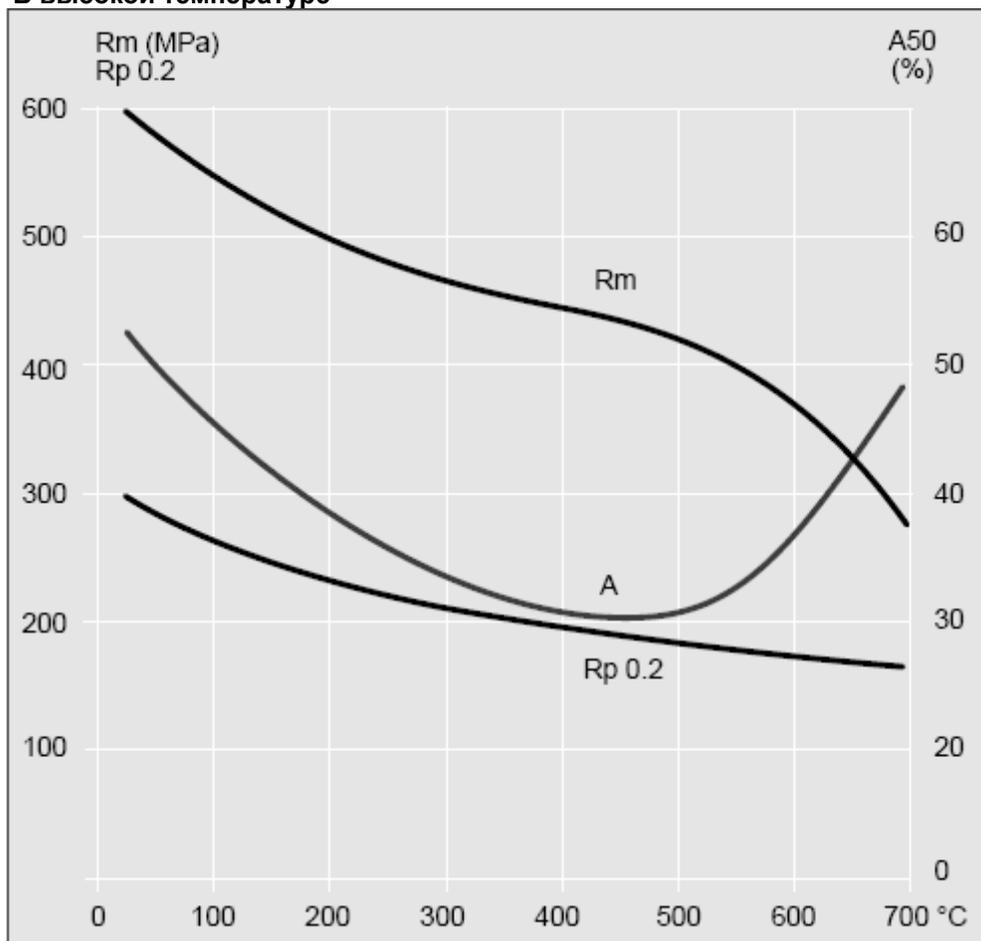
**Механические свойства**  
(величины для поперечного испытания на растяжение)

В отожженном состоянии

1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup>	1.4301				
	Rm <sup>(1)</sup> (MPa)	Rp 0.2 <sup>(2)</sup> (MPa)	Rp 1.0 <sup>(3)</sup> (MPa)	A <sup>(4)</sup> (%)	HRB <sup>(5)</sup>
В соотв. NF EN 10088-2 Холоднокат + обжиг	520-750	≥210	≥250	≥45	
В соотв. ASTM A 240 и ASME SA-240	≥515	≥205		≥40	92
Типичные значения	600	300	330	55	85

- (1) **Rm** - Ultimate Tensile Strength (UTS) - Предел прочности на разрыв  
 (2),(3) **Rp** - Yield Strength (YS) - Предел текучести (0.2 % и 1.0%)  
 (4) **A** - Elongation (EI) - Удлинение  
 (5) **HRB** - Твердость по Бринеллю

## В высокой температуре



Все эти значения относятся к **только 304**. Для 304L значения не приводятся, потому что её прочность заметно уменьшается выше 425°C.

## Предел прочности при повышенных температурах

Температура (°C)	600	700	800	900	1000
<b>Rm</b> Предел прочности (при растяжении), N/mm <sup>2</sup>	380	270	170	90	50

## Характеристика ползучести

типичные величины (MPa)

Средние напряжения до разрыва (MPa) для различных временных интервалов в зависимости от температуры.

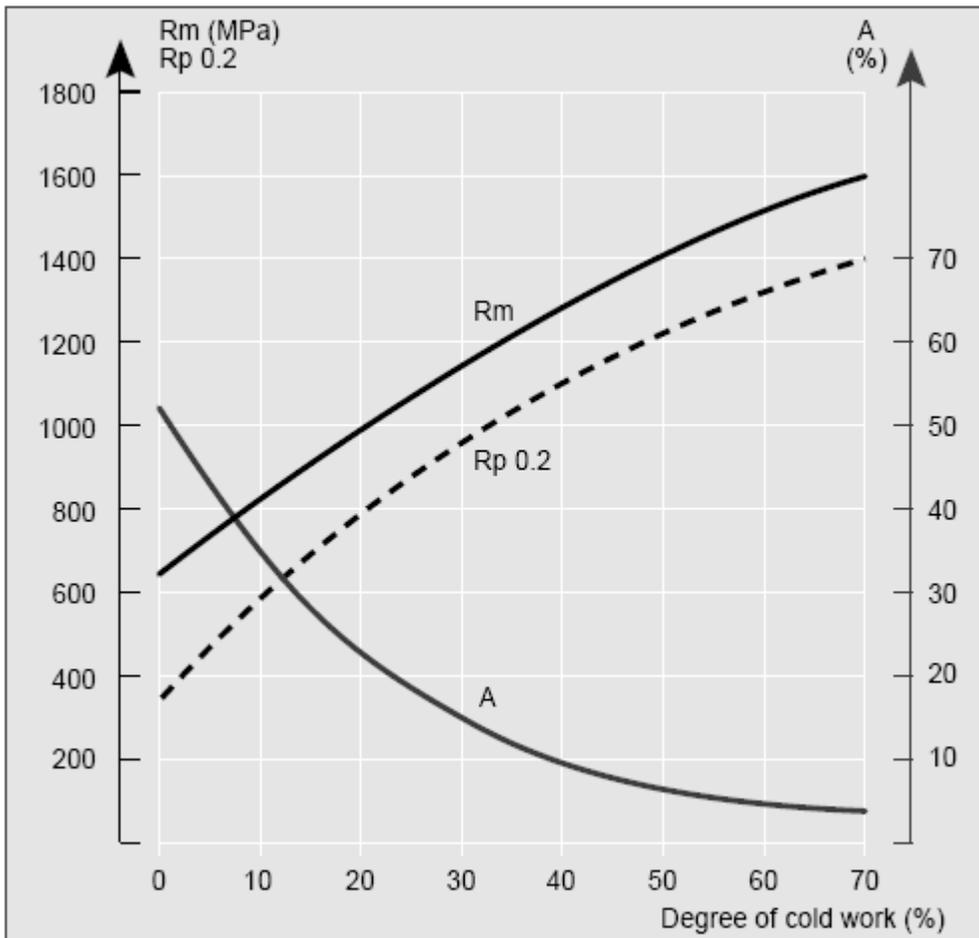
Температура (°C)	100 часов	10 000 часов	100 000 часов
550	240	185	135
600	185	130	90
650	125	85	55

## Максимум, рекомендованных Температур Обслуживания

(Температура образования окалины)

непрерывное воздействие      925°C  
 прерывистые воздействия      850°C

## Эффект холодной обработки



## Свойства в низких Температурах (304 / 304L)

Температура	°C	-78	-161	-196
<b>Rm</b> Предел прочности (при растяжении)	N/mm <sup>2</sup>	1100/950	1450/1200	1600/1350
<b>Rp 0.2</b> Предел текучести (0.2% пластичная деформация)	N/mm <sup>2</sup>	300/180	380/220	400/220
Ударная вязкость	J	180/175	160/160	155/150

## Коррозиестойчивость

304 стали имеют хорошее сопротивление к общим коррозионным средам, но – не рекомендованы, где есть риск межкристаллитной коррозии. Они хорошо приспособлены для эксплуатации в пресной воде и городской и сельской атмосфере. Во всех случаях, регулярная очистка внешних поверхностей необходима для сохранения их первоначального состояния.

304 сорта имеют хорошее сопротивление различным кислотам:

- фосфорной кислоте во всех концентрациях при температуре окружающей среды,
- азотной кислоте до 65 %, между 20 и 50°C,
- муравьиной и молочной кислоте при комнатной температуре,
- уксусной кислоте между 20 и 50°C.

Их рекомендуют для использования при контакте с холодными или горячими пищевыми продуктами, такими как вино, пиво, молоко (кисломолочные продукты), спирт, натуральные фруктовые соки, сиропы, патока, и т.д.

## Кислотные среды

Температура, °C	20						80					
	10	20	40	60	80	100	10	20	40	60	80	100
Серная Кислота	2	2	2	2	1	0	2	2	2	2	2	2
Азотная Кислота	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	
Фосфорная Кислота	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2
Муравьиная Кислота	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0

Код: 0 = высокая степень защиты  
 1 = частичная защита  
 2 = нет защиты

- Скорость коррозии менее чем 100 мкм/год  
 - Скорость коррозии от 100μ до 1000 мкм/год  
 - Скорость коррозии более чем 1000 мкм/год

## Атмосферные воздействия

Сравнение 304-й марки с другими металлами в различных окружающих средах (Скорость коррозии рассчитана при 10-летнем воздействии).

Окружающая среда	Скорость коррозии (мкм/год)		
	304	Алюминий-3S	углеродистая сталь
Сельская	0.0025	0.025	5.8
Морская	0.0076	0.432	34.0
Индустриальная Морская	0.0076	0.686	46.2

## Сварка

Свариваемость – очень хорошая, легко свариваемая.

Сварочный процесс	Толщина материала	Сварочный материал			Защитная среда
		Толщина	Вид		
			Электрод	Проволока	
TIG	<1,5mm	>0.5mm	ER 308 L(Si) ER 347 L(Si)	ER 308 L (Si) ER 347 (Si)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аргон</li> <li>• Аргон + 30% Гелия</li> <li>• Аргон + 2-5% Водорода</li> </ul>
PLASMA	<1.5mm	>0.5mm	ER 310	ER 308 L (Si) ER 347 (Si)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аргон</li> <li>• Аргон + 5% Водород</li> <li>• Аргон + Гелий</li> </ul>
MIG		>0.8mm		ER 308 l(Si) ER 347 (Si)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аргон + 2% CO2</li> <li>• Аргон + 2 % O2</li> <li>• Аргон + 3% CO2 + 1% H2</li> <li>• Аргон + Гелий</li> </ul>
S.A.W.		>2mm		ER 308 L ER 347	
Электроды		Ремонт	E 308 E 308L E 347		
Лазер	<5mm				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Гелий. Иногда Аргон, Азот</li> </ul>

Нет необходимости в термической обработке после сварки.

Однако где есть риск МКК, отжиг должен быть выполнен при 1050-1100°C.

18-9 L - низкоуглеродистый сорт или 18-10 T - стабилизированный сорт предпочтительнее в этом случае.

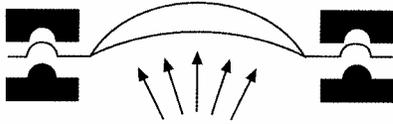
Сварные швы должны быть механически или химически очищены от окислов, затем пассивируемы.

## Формовка

304 / 304L являясь чрезвычайно прочной, упругой и пластичной, с легкостью находит множество применений. Типичные действия включают изгиб, формирование контура, волочение, ротационная вытяжка и т.д. В процессе формовки можно использовать те же машины и чаще всего те же инструменты, что и для углеродистой стали, но здесь требуется на 50-100% больше силы. Это связано с высокой степенью упрочнения при формовке аустенитной стали, что в некоторых случаях является отрицательным фактором.

Дополнительно производится сорта 304 **DDQ** и 304 **DDS** для глубокой и особо глубокой вытяжки.

### О формовке с растяжением



В процессе формовки с растяжением заготовку подвергают «торможению» во время вытяжки. Стенки становятся более тонкими и во избежание разрывов стали желательно предусмотреть свойства повышенного упрочнения при формовке.

Степень растяжения определяется эриксоновским испытанием на вытяжку (деформация производится до начала утончения стенок).

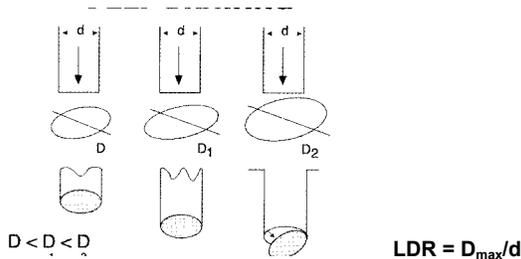
число Эриксона (характеристика обрабатываемости листового металла давлением)	
AISI 430	8.7 mm
AISI 304	11.8 mm

### Тесты на Глубокую вытяжку

При чистой глубокой вытяжке на прессе заготовку не подвергают «торможению», а материалу дают свободно течь в инструментах. На практике такое имеет место очень редко. Например, при вытяжке хозяйственной посуды всегда присутствует также элемент формовки с растяжением.

Характеристики листового материала при глубокой вытяжке описываются предельным коэффициентом вытяжки -LDR (отношение наибольшего возможного диаметра образца до момента разрыва к диаметру пресса) и пределом фестонообразования (при формовочном тесте – относительный размер образующихся язычков).

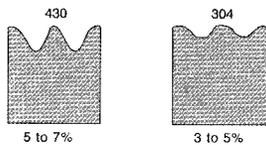
### Испытание на выдавливание по Эриксену



LDR* (При толщине образца 0.8 мм и диаметре пресса равном 20мм)	
AISI 430	2.05
AISI 304	2.0

\* Limiting drawing ratio – предельный коэффициент вытяжки

### Оценка фестонообразования



фестонообразование (относительный размер образующихся язычков)	
AISI 430	5-7%
AISI 304	3-5%

## Гибка

Приближенные пределы изгиба:

- $s < 3\text{мм}$  → мин  $r = 0$
- $3\text{мм} < s < 6\text{мм}$  → мин  $r = \frac{1}{2} s$ , угол  $180^\circ$
- $6\text{мм} < s < 12\text{мм}$  → мин  $r = \frac{1}{2} s$ , угол  $90^\circ$

Обратное распрямление больше, чем у углеродистой стали, ввиду чего «перегибать следует соответственно больше». При загибе обычного прямого угла на  $90^\circ$  получаем следующие показатели по выправлению:

$r = s$  обратное распрямление ок.  $2^\circ$

$r = 6s$  обратное распрямление ок.  $4^\circ$

$r = 20s$  обратное распрямление ок.  $15^\circ$

Для аустенитной нержавеющей стали (в т.ч. 304) минимальный рекомендуемый радиус гибки составляет  $r = 2s$ .

где  $s$  - толщина листа  
 $r$  - радиус изгиба

## Термообработка

### Отжиг

Диапазон температуры отжига  $1050^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$  сопровождается последующим быстрым охлаждением на воздухе или в воде. Лучшее сопротивление коррозии получено, когда отжиг при  $1070^\circ\text{C}$ , и быстром охлаждении. После отжига необходимо травление и пассивирование.

### Отпуск

Для 304L -  $450-600^\circ\text{C}$ . в течение одного часа с небольшим риском сенситизации. Для 304 -должна использоваться более низкая температура отпуска -  $400^\circ\text{C}$  максимум.

### Интервалковки

Начальная температура:  $1150 - 1260^\circ\text{C}$ .

Конечная температура:  $900 - 925^\circ\text{C}$ .

Любая горячая обработка должна сопровождаться отжигом.

Обратите внимание: Для нержавеющей стали для однородного прогрева требуется время в 2 раза превышающее время для той же самой толщины углеродистой стали.

### Травление

Смесь Азотной кислоты и фтористоводородной/плавиковой кислоты ( $10\% \text{HNO}_3 + 2\% \text{HF}$ ) при комнатной температуре или  $60^\circ\text{C}$ .

Серно-азотная кислотная смесь ( $10\% \text{H}_2\text{SO}_4 + 0.5\% \text{HNO}_3$ ) при  $60^\circ\text{C}$ .

Паста для очистки от окалины в зоне сварки.

### Пассивация

$20-25\%$  раствор  $\text{HNO}_3$  при  $20^\circ\text{C}$ .

Пассивирующие пасты для зоны сварки.

## Возможные альтернативные замены марки 304

Grade	Why it might be chosen instead of 304
301L	A higher work hardening rate grade is required for certain roll formed or stretch formed components.
302HQ	Lower work hardening rate is needed for cold forging of screws, bolts and rivets.
303	Higher machinability needed, and the lower corrosion resistance, formability and weldability are acceptable.
316	Higher resistance to pitting and crevice corrosion is required, in chloride environments
321	Better resistance to temperatures of around $600-900^\circ\text{C}$ is needed...321 has higher hot strength.
3CR12	A lower cost is required, and the reduced corrosion resistance and resulting discolouration are acceptable.
430	A lower cost is required, and the reduced corrosion resistance and fabrication characteristics are acceptable.