

Types 316 (S31600), 316L (S31603), 317 (S31700), 317L (S31703)

一般性能

与基本的Cr-Ni成分不锈钢 304相比，这种不锈钢大大提高了抗化学腐蚀的性能。此外，316和317钢种比其它任何不锈钢具有更高的抗高温蠕变、应力—断裂和抗拉强度。这两种钢种中，317含有3—4 %的Mo，适用于希望金属杂质降到最低的地方。

316和317钢种可加工成板材、薄板、带材和管材。

它们的性能，希望进行使用试验。在含硫气体发生冷凝的地方，这些合金在冷凝点比其它类型更耐腐蚀。然而，这种应用情况下，酸的浓度对侵蚀速率有明显的影响，需谨慎决定。

用在碰到醋酸蒸气或氯化物溶液、溴化物或碘化物的地方，这种Mo基不锈钢对点蚀或针孔腐蚀的敏感性小。它们在高温下，极耐脂肪酸腐蚀。某些药品的制造厂家，为避免过多的金属物污染，通常要

耐蚀性

316和317钢种比普通无Mo的Cr-Ni不锈钢更耐大气和类似的轻度腐蚀。一般来说，那些对18—8钢种无腐蚀作用的介质，不会侵蚀或腐蚀Mo基钢种。然而，在某些高氧化酸，例如硝酸中，Mo基钢比其它Cr-Ni型的耐蚀性要低。

316和317钢种在硫酸溶液中的耐蚀性都比其它任何Cr-Ni型高得多。在温度为120°F (49°C)时，316和317钢种可耐浓度高达5 %的这种酸溶液。在温度为100°F (38°C)时，这两种钢都对浓度更高的溶液有极好的耐蚀性。但是由于工作条件可能影响

Element	Percentage by Weight (maximum unless range is specified)			
	Type 316	Type 316L	Type 317	Type 317L
Carbon	0.08	0.030	0.08	0.030
Manganese	2.00	2.00	2.00	2.00
Silicon	0.75	0.75	0.75	0.75
Chromium	<u>16.00</u> 18.00	<u>16.00</u> 18.00	<u>18.00</u> 20.00	<u>18.00</u> 20.00
Nickel	<u>10.00</u> 14.00	<u>10.00</u> 14.00	<u>11.00</u> 15.00	<u>11.00</u> 15.00
Molybdenum	<u>2.00</u> 3.00	<u>2.00</u> 3.00	<u>3.00</u> 4.00	<u>3.00</u> 4.00
Phosphorus	0.045	0.045	0.045	0.045
Sulfur	0.030	0.030	0.030	0.030
Nitrogen	0.10	0.10	0.10	0.10
Iron	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.

求采用含Mo不锈钢。

316和317钢种处于碳化物析出温度范围时都容易析出碳化物。如果处于这种情况的时间短，317钢种由于其较高的Cr和Mo含量，比316钢种更耐晶间侵蚀，因此需要焊接的金属薄材最好选用它。采用317钢种时，对于超过7/16”（11.1mm）的厚断面，通常需要退火。

已经开发了316L和317L钢种，应用于断面厚并且焊后不能退火，或者希望进行低温去除应力的地方，避免晶间侵蚀的危害。它们是316和317钢种的低C变型，C含量最高约为0.03%。这样，任何厚度的材料在焊后状态或短时间处于800—1500°F（427—816°C）的温度范围内，都能耐晶间侵蚀。如果容器需要

去除应力，可在这些限定范围内作短时间处理，而不会影响金属良好的耐蚀性。断面极厚的材料退火后不用从高温下加速冷却。

316L和317L钢种的耐蚀性和机械性能都与相应的C含量高的316和317钢种一样，并在耐晶间腐蚀危害方面，更具优越性。虽然在焊接或去除应力时受到短时间加热不会产生对晶间腐蚀的敏感性，但必须注意连续处于800—1500°F（427—816°C）的温度区或延长时间是有害的。还要指出，在1100—1500°F（593—816°F）温度区间内去除应力，可能会使这些钢种产生轻微的脆化。

General Corrosion in Boiling Solutions

Boiling Test Solution	Corrosion Rate, Mils/Yr (mm/a)							
	Type 316L				Type 317L			
	Base Metal		Welded		Base Metal		Welded	
20% Acetic Acid	0.12	(0.003)	0.12	(0.003)	0.48	(0.012)	0.36	(0.009)
45% Formic Acid	23.4	(0.594)	20.9	(0.531)	18.3	(0.465)	24.2	(0.615)
1% Hydrochloric Acid	0.96	(0.024)	63.6	(1.615)	54.2	(1.377)	51.4	(1.306)
10% Oxalic Acid	48.2	(1.224)	44.5	(1.130)	44.9	(1.140)	43.1	(1.094)
20% Phosphoric Acid	0.60	(0.015)	1.08	(0.027)	0.72	(0.018)	0.60	(0.015)
10% Sulfamic Acid	124.2	(3.155)	119.3	(3.030)	94.2	(2.393)	97.9	(2.487)
10% Sulfuric Acid	635.3	(16.137)	658.2	(16.718)	298.1	(7.571)	356.4	(9.053)
10% Sodium Bisulfate	71.5	(1.816)	56.2	(1.427)	55.9	(1.420)	66.4	(1.687)
50% Sodium Hydroxide	77.6	(1.971)	85.4	(2.169)	32.8	(0.833)	31.9	(0.810)

Pitting and Crevice Corrosion Indices

Alloy	Composition (Weight Percent)			PRE _N ¹	CCCT ² °F (°C)	CPT ³ °F (°C)
	Cr	Mo	N			
Type 304	18.0	--	0.06	19.0	<27.5 (<-2.5)	-- --
Type 316	16.5	2.1	0.05	24.2	27.5 (-2.5)	59 (15.0)
Type 317	18.5	3.1	0.06	29.7	35.0 (1.7)	66 (18.9)
AL 904L□	20.5	4.5	0.05	36.2	68.0 (20.0)	104 (40.0)
AL-6XN□	20.5	6.2	0.22	44.5	110 (43.0)	149 (65)

¹Pitting Resistance Equivalent, including Nitrogen, PRE_N=Cr+3.3Mo+16N
²Critical Crevice Corrosion Temperature, CCCT, based on ASTM G-48B (6%FeCl₃ for 72 hr, with crevices)
³Critical Pitting Temperature, CPT, based on ASTM G-48A (6%FeCl₃ for 72 hr)

ASTM A 262 Evaluation Test	Corrosion Rate, MILS/Yr (mm/a)		
	Type 316	Type 316L	Type 317L
Practice B Base Metal Welded	36 (0.9) 41 (1.0) <small>Intergranular Corrosion</small>	26 (0.7) 23 (0.6)	21 (0.5) 24 (0.6)
Practice E Base Metal Welded	No Fissures on Bend Some Fissures on Weld (unacceptable)	No Fissures No Fissures	No Fissures No Fissures
Practice A Base Metal Welded	Step Structure Ditched (unacceptable)	Step Structure Step Structure	Step Structure Step Structure

Test	U-Bend (Highly Stressed) Samples		
	Type 316	Type 316L	Type 317L
42% Magnesium Chloride, Boiling	Cracked, 4-24 hours	Cracked, 21-45 hours	Cracked, 72 hours
33% Lithium Chloride, Boiling	Cracked, 48-569 hours	Cracked, 21-333 hours	Cracked 22-72 hours
26% Sodium Chloride, Boiling	Cracked, 530-940 hours	No Cracks 1002 hours	Cracked 1000 hours
40% Calcium Chloride, Boiling	Cracked, 144-1000 hours	--	--
Seacoast Exposure, Ambient Temperature	No cracking	No Cracking	No Cracking

Melting Range: 2540-2630°F (1390-1440°C)

Density: 0.29 lb/in³ (8.027 g/cm³)

Modulus of Elasticity in Tension: 29 x 10⁶ psi (200 Gpa)

Modulus of Shear: 11.9 x 10⁶ psi (82 Gpa)

Temperature Range		Coefficients	
°F	°C	in/in/°F	cm/cm/°C
68 - 212	20 - 100	9.2x10 ⁻⁶	16.5x10 ⁻⁶
68 - 932	20 - 500	10.1x10 ⁻⁶	18.2x10 ⁻⁶
68 - 1832	20 - 1000	10.8x10 ⁻⁶	19.5x10 ⁻⁶

Temperature Range		Btu·in/hr·ft ² ·°F	W/m·K
°F	°C		
68-212	20-100	100.8	14.6

抗氧化性

Cr-Ni-Mo 钢在温度高达 1600—1650°F (871—899°C) 的普通大气环境中都具有极佳的抗氧化性和低的氧化起鳞速率。由于氧化速率受所处的大气环境和工作条件的影响很大，因此不可能提出适用于所有工作条件的数据。

°F	°C	Btu/lb·°F	J/kg·K
68	20	0.108	450
200	93	0.116	485

物理性能

可以认为下面是含Mo的Cr-Ni钢典型的物理性能数据，适用于316、317、316L和317L钢种的所有实用场合。

Type	Value at 68°F (20°C)	
	Microhm-in.	Microhm-cm.
316	29.1	74.0
317	31.1	79.0

导磁系数

这些钢种退火后在200H时的导磁系数通常低于1.02。冷加工材料的系数值随成分和冷加工量而变化，但通常高于经过退火的材料。

机械性能

316和317钢种的机械性能随C、Cr、Ni和Mo的含量而变。在化学成分范围内，这些钢种经过退火其性能将会改变。下面是性能的典型值。观察到的性能范围不仅受化学成分的影响，还与末道工序的类型有关。

室温拉伸性能

Property	Minimum Mechanical Properties Required by ASTM A 240, and ASME SA-240			
	Type 316 (S31600)	Type 316L (S31603)	Type 317 (S31700)	Type 317L (S31703)
Yield Strength 0.2% Offset psi (MPa)	30,000 (205)	25,000 (170)	30,000 (205)	30,000 (205)
Ultimate Tensile Strength psi (MPa)	75,000 (515)	70,000 (485)	75,000 (515)	75,000 (515)
Percent Elongation in 2 in. or 51 mm	40.0	40.0	35.0	40.0
Hardness, Max. Brinell (RB)	217 (95)	217 (95)	217 (95)	217 (95)

Type	C	Mn	Cr	Ni	Mo
316	0.051	1.65	17.33	13.79	2.02
316L	0.015	1.84	16.17	10.16	2.11
317	0.062	1.66	18.60	13.95	3.30
317L	0.025	1.72	18.48	12.75	3.15

Percent Cold Reduction	Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)
	psi	MPa	psi	MPa	
Annealed	38,500	265	84,600	583	61.0
10	71,300	492	94,500	652	40.0
20	98,600	680	111,600	769	21.0
31	119,500	824	133,000	917	11.0
49	135,800	936	148,000	1,020	6.0
60	150,300	1,036	169,600	1,170	3.5

Percent Cold Reduction	Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)
	psi	MPa	psi	MPa	
Annealed	43,300	299	88,750	612	54.0
10	77,550	535	101,800	702	38.3
20	101,000	696	121,750	839	22.8
31	119,300	822	144,200	994	15.3
49	145,000	1,000	174,500	1,203	7.8
60	166,000	1,144	194,450	1,341	5.8

Percent Cold Reduction	Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)
	psi	MPa	psi	MPa	
Annealed	38,300	264	85,500	588	55.0
15	70,000	483	112,000	772	29.0
30	116,000	800	130,700	901	13.0
45	138,500	955	154,900	1,068	7.0
60	151,400	1,044	171,500	1,182	4.0

Percent Cold Reduction	Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)
	psi	MPa	psi	MPa	
Annealed	48,700	336	89,050	614	48.0
15	99,250	684	112,350	775	23.3
30	119,250	822	142,050	979	15.3
45	140,450	967	168,100	1,159	9.3
60	148,850	1,026	184,050	1,269	7.5

高温拉伸性能

Type	C	Mn	Cr	Ni	Mo
316	0.080	1.50	17.78	12.50	2.46
316L	0.015	1.84	16.17	10.16	2.11
317	0.061	1.30	19.18	14.19	3.57
317L	0.025	1.72	18.48	12.75	3.15

Test Temperature		Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)	Reduction in Area, Percent
°F	°C	psi	MPa	psi	MPa		
68	20	42,400	292	82,400	568	68.0	81.0
200	93	□	□	75,600	521	54.0	80.0
400	204	□	□	71,400	492	51.0	78.0
600	316	□	□	71,150	491	48.0	71.0
800	427	26,500	183	71,450	493	47.0	71.0
1000	538	23,400	161	68,400	472	55.0	70.0
1200	649	22,600	156	50,650	349	24.0	32.0
1400	760	□	□	30,700	212	26.0	35.0
1600	871	□	□	18,000	124	47.0	40.0

Test Temperature		Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)
°F	°C	psi	MPa	psi	MPa	
68	20	43,850	302	88,200	608	56.8
200	93	36,650	252	78,250	539	49.0
400	204	32,400	223	69,000	476	37.5
600	316	28,050	193	67,450	465	33.8
800	427	26,750	184	66,000	455	33.8
1000	538	25,900	179	64,350	444	36.8
1200	649	25,300	174	54,200	374	28.3
1400	760	22,100	152	42,000	290	25.0
1600	871	16,800	116	26,900	185	50.3

Test Temperature		Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)	Reduction in Area, Percent
°F	°C	psi	MPa	psi	MPa		
68	20	36,700	292	81,800	564	68.0	80.0
200	93	□	□	74,100	492	54.0	79.0
400	204	□	□	68,900	475	48.0	76.0
600	316	□	□	68,950	475	49.0	72.0
800	427	21,900	151	70,200	484	49.0	69.0
1000	538	20,200	139	65,700	453	52.0	68.0
1200	649	19,600	135	49,800	343	□	□
1400	760	□	□	31,600	218	33.0	37.0
1600	871	□	□	18,400	127	51.0	50.0

Test Temperature		Yield Strength 0.2% Offset		Ultimate Tensile Strength		Elongation, Percent in 2 in. (51 mm)
°F	°C	psi	MPa	psi	MPa	
68	20	46,250	319	88,500	610	49.8
200	93	38,650	266	80,350	554	42.8
400	204	33,500	231	73,350	506	38.8
600	316	29,100	201	70,550	486	35.3
800	427	26,450	182	69,750	481	34.3
1000	538	25,100	173	68,400	472	36.5
1200	649	23,650	163	59,700	412	31.5
1400	760	22,750	157	45,000	310	32.8
1600	871	19,150	132	29,050	200	50.0

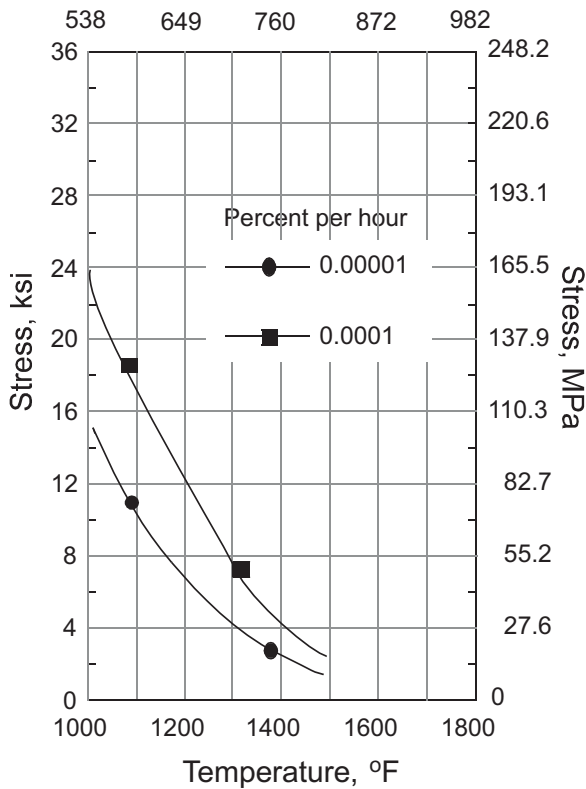
应力断裂和抗蠕变强度

各种研究报告的抗蠕变和应力断裂强度值有很大的差异，这里所示为典型值。

316和317钢种的应力断裂和抗蠕变强度在所有实用场合都是一样的，并且高于其它Cr-Ni不锈钢。

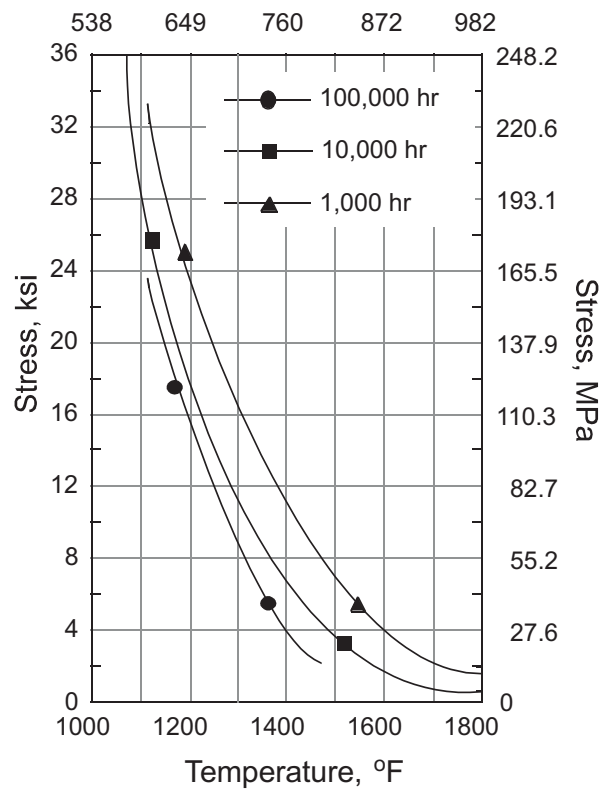
CREEP STRENGTH T316

Temperature, °C



RUPTURE STRENGTH T316

Temperature, °C



疲劳强度

几乎每种金属的疲劳强度都受腐蚀情况、表面光洁度、形状和平均应力的影响。所以不能用确定的值来代表所有工作条件下的疲劳强度。完全退火的**316**和**317**钢种的疲劳强度大约为其抗拉强度的**35 %**。

Temperature		Energy Absorbed	
°F	°C	Ft-lb	J
75	23	65 - 100	88 - 134

热处理

锻造

退火

316和**317**钢种可在**1975—2150°F** (**1080—1175°C**) 的温度范围内退火，并根据其厚度进行空冷或水淬。

热处理的主要目的是消除应变和固溶碳化物。在相对较低的温度中消除应变，会大大降低抗氧化性，为各种目的退火一般要在高温下进行。由于这些钢种中的碳化物很容易从固溶态中析出，必须用高温退火和快速冷却以达到最高的耐蚀性。最低的退火温度，**1975°F** (**1080°C**) 一般能满足薄板和带材，而板材则要用**2150°F** (**1175°C**)。在所有情况下，金属必须在**3**分钟以内从退火温度冷却至发黑。

硬化

这些钢种不能经热处理硬化

结构

经过适当的退火，**316**和**317**钢种主要为奥氏体。会有少量的铁素体，但或许不存在。在**800—1500°F** (**427—816°C**) 的温度段慢慢冷却或保温，会有碳化物析出，并且结构为奥氏体加碳化物。

Initial	2100 - 2200°F (1150 - 1205°C)
Finishing	1700 - 1750°F (927 - 955°C)

应力断裂和抗蠕变强度

各种研究报告的抗蠕变和应力断裂强度值有很大的差异，这里所示为典型值。**316**和**317**钢种的应力断裂和抗蠕变强度在所有实用场合都是一样的，并且高于其它**Cr-Ni**不锈钢。

(二个表)

疲劳强度

几乎每种金属的疲劳强度都受腐蚀情况、表面光洁度、形状和平均应力的影响。完全退火的**316**和**317**钢种的疲劳强度大约为其抗拉强度的**35 %**。

Product Form	Specification	
	ASTM	ASME
Plate, Sheet and Strip	A 240	SA-240
Seamless and/or Welded Tubing	A 249/A 249M (316, 316L, 317 only). A 554	SA-249/SA-249M (316, 316L, 317 only)
Seamless and/or Welded Pipe	A 312/A 312M, A 409/A 409M (316, 316L, 317 only)	SA-312/SA-312M, SA-409/SA-409M (316, 316L, 317 only)
Bar, Wire	A 276 (316, 316L, 317 only). A478, (316, 316L, 317 only). A479/A 479M, (316, 316L, 317 only).	SA-479/SA-479M (316, 316L, 317 only)
Billet, Forgings	A 314 (316, 316L, 317 only). A473 (316, 316L, 317 only).	
Flanges, Fittings	A 182/A 182M, A 403/A 403M	SA-182/SA-182M, SA-403/SA-403M