

# HASTELLOY® X 合金

## 主な特徴

### 頑強で耐酸化性

HASTELLOY® X 合金 (UNS N06002 (W86002)) は、耐酸化性、加工性および高温強度の類を見ない組み合わせを有するニッケル - クロム - モリブデン合金です。この合金は、また、石油化学用途における応力腐食割れに対して並外れた耐性があることが判明しています。X 合金は、1200、1400、1600°F (649、760、871°C) の温度に16,000時間の長時間曝した後も良好な延性を示します。

### 容易な加工

HASTELLOY® X 合金は優れた成形および溶接特性を備えています。この合金は、部材全体が2150°F (1177°C) に達するのに十分な時間この温度で保持するのであれば、鍛造または熱間加工することができます。延性が良好であることから、HASTELLOY® X 合金は冷間加工でも容易に成形できます。最良の特性バランスを回復させるためには、熱間または冷間加工したすべての部品はアニールし、急冷する必要があります。

この合金は、ガスタングステンアーク溶接(GTAW)、ガスマタルアーク溶接(GMAW)、シールドメタルアーク溶接(SMAW)、および抵抗溶接などの様々な技法で溶接することができます。

加工に関する追加の情報は、「溶接および加工」のパンフレットに記載されています。

### 熱処理

鍛造形態のHASTELLOY® X 合金は、特に指定がなければ、溶体化処理した状態で提供されます。X 合金は、典型的には 2150°F (1177°C) で溶体化処理されて急冷されます。ブライタアニール製品は水素で冷却されます。溶体化処理温度よりも低い温度でのアニーリングは、合金の強度と延性に悪影響するかもしれない第二相を析出する可能性があります。

### 航空機、炉および化学プロセス部品に有用

X 合金は、アフターバーナ、テールパイプ、キャビンヒータに使用されるだけでなく、ガスタービンエンジンにおいて、尾筒、燃焼器内筒、スプレーバー、フレームホルダーなどの燃焼ゾーン部品に幅広く使用されています。この合金は、酸化、還元および中性雰囲気に対して並外れた耐性を有しているため、工業炉用途に使用することが推奨されます。この合金製の炉ロールは、2150°F (1177°C) で8,700時間運転した後も良好な状態でした。HASTELLOY® X 合金は、化学プロセス産業において、レトルト、マッフル、触媒支持格子、炉のバツフル、熱分解作業のための配管、およびフラッシュドライヤ部品にも使用されています。

### 適合規格

HASTELLOY® X は ASME Section VIII, Division 1 で網羅されています。厚板(プレート)、薄板(シート)、帯板、棒(バー)、鍛造材、チューブ、パイプおよび継手類は、ASME 規格の SB 366、SB 435、SB 572、SB 619、SB 622、および SB 626 並びに ASTM 規格の B 366、B 435、B 572、B 619、B 622、および B626 で網羅されています。この合金の UNS 番号は、N06002 です。DIN の呼称は No. 2.4665 および NiCr22Fe18Mo です。薄板、帯板、および厚板は、AMS 5536 で網羅されており、ビレットおよび棒は AMS 5754 で網羅されています。

## 標準組成

### 重量 %

ニッケル: Ni	47 Balance
クロム: Cr	22
鉄: Fe	18
モリブデン: Mo	9
コバルト: Co	1.5
タングステン: W	0.6
炭素: C	0.1
マンガン: Mn	1 max.
ケイ素: Si	1 max.
ホウ素: B	0.008 max.
ニオブ: Nb	0.5 max.
アルミニウム: Al	0.5 max.
チタン: Ti	0.15 max.

## クリープおよびストレスラプチャー強度

### 薄板の最小クリープ速度\*

試験温度		% / h で示した最小クリープ速度に対する平均応力							
		0.0001 h		0.001 h		0.01 h		0.1 h	
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1200	649	14.7	101	21	145	31	214	44	303
1400	760	7.2	50	10	69	14	97	19.5	134
1600	871	2.7	19	4.1	28	6.2	43	9.2	63
1800	982	0.7	5	1.3	9	2.2	15	3.7	26
2000	1093	-	-	-	-	-	-	0.9	6

\*溶体化処理済。薄板に対しては100回以上、厚板及び棒材に対しては150回以上の試験に基づいたデータ。

## クリープおよびストレスラプチャー強度(続き)

### 溶体化処理した HASTELLOY® X 厚板

温度		クリープ	下記時間で所定のクリープを生じるおおよその初期応力:							
			10 h		100 h		1,000 h		10,000 h	
°F	°C	%	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1200	649	0.5	-	-	27.2	188	19	128	12.8	88
		1	-	-	30	207	21	145	15.5	107
		R	65*	448*	50	345	36	248	26	179
1300	704	0.5	25	172	16.2	112	11.1	77	8.2	57
		1	27	186	19	131	14	97	10.5	72
		R	46	317	32	221	23	159	17	117
1400	760	0.5	15	103	10.3	71	7.5	52	5.6	39
		1	18	124	13	90	9.5	66	7.1	49
		R	30	207	21	146	15.5	107	11.5	79
1500	816	0.5	9.9	68	7.2	50	5.3	37	3.85	27
		1	12.5	86	9.1	63	6.7	46	4.7	32
		R	21	141	15	103	10.5	72	7.2	50
1600	871	0.5	7	48	5.1	35	3.7	26	2.4	17
		1	8.9	61	6.4	44	4.5	31	2.9	20
		R	15	100	10	69	6.8	47	4.5	31
1700	927	0.5	5.1	35	3.6	25	2.3	16	1.3	9
		1	6.4	44	4.4	30	2.7	19	1.5	10
		R	10	69	6.6	46	4.3	30	2.6	18
1800	982	0.5	3.6	25	2.3	16	1.25	8.6	0.55	3.8
		1	4.4	30	2.7	19	1.45	10	0.65	4.5
		R	6.7	46	4.3	30	2.6	18	1.4	10
1900	1038	0.5	2.4	16	1.3	9	0.55	3.8	-	-
		1	2.8	19	1.5	10	0.65	4.5	-	-
		R	4.3	30	2.6	18	1.4	10	-	-
2000	1093	0.5	1.4	10	0.6	4.1	0.15*	1.0*	-	-
		1	1.6	11	0.7	4.8	0.20*	1.4*	-	-
		R	2.7	19	1.4	10	0.60*	4.1*	-	-

\*著しく外挿した値

## クリープおよびストレスラプチャー強度(続き)

### 溶体化処理した HASTELLOY® X 薄板

温度		クリープ	下記時間で所定のクリープを生じるおおよその初期応力:							
			10 h		100 h		1,000 h		10,000 h	
°F	°C	%	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1200	649	0.5	-	-	26	178	18	124	-	-
		1	-	-	28	193	21	145	-	-
		R	66*	455*	48	331	35	241	26	179
1300	704	0.5	23.5	162	16	112	12	83	-	-
		1	26	179	19	131	14	97	-	-
		R	44	303	32	221	23	159	17	117
1400	760	0.5	15	103	11	76	8.1	56	-	-
		1	18	124	13	90	9.5	66	7.1	49
		R	30	207	21	146	16	107	11.5	79
1500	816	0.5	10.5	72	7.7	53	5.4	37	-	-
		1	12.5	86	9.1	63	6.5	45	4.3	30
		R	21	141	15	103	11	72	7.2	50
1600	871	0.5	7.5	52	5.1	35	3.2	22	-	-
		1	8.9	61	6.2	43	3.9	27	2.3	16
		R	15	100	10	69	6.8	47	4.2	29
1700	927	0.5	5.1	35	3.1	21	1.5	11	-	-
		1	6.2	43	3.8	26	2.2	15	1.1*	7.2*
		R	10	69	6.6	46	4	28	2.4	17
1800	982	0.5	3.1	21	1.5	11	0.48	3.3	-	-
		1	3.8	26	2.2	15	1	6.9	0.33*	2.3*
		R	6.7	46	4	28	2.3	16	1.2	8.3
1900	1038	0.5	1.6	11	-	-	-	-	-	-
		1	2.2	15	1	6.9	0.33*	2.3*	-	-
		R	4.1	28	2.4	17	1.2	8.3	-	-
2000	1093	0.5	0.62	4.3	-	-	-	-	-	-
		1	1.1	7.6	0.35	2.4	0.10*	0.69*	-	-
		R	2.5	17	1.3	8.6	0.4	2.8	-	-

\*著しく外挿した値

# 引張特性

## 引張データ, 厚板

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
70	21	49.3	340	110.2	760	48.9
1000	538	32.5	224	87.6	604	60.2
1200	649	30.7	212	80.9	558	63.5
1400	760	31.6	218	61	421	74.5
1600	871	27.4	189	37	255	98.1
1800	982	13.6	94	20	138	98.1
2000	1093	6.5	45	10.4	72	95.3

## 引張データ, 薄板

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
70	21	54.5	376	113.5	783	46.5
1000	538	36.7	253	91	628	53.6
1200	649	34.9	241	84.2	580	65.5
1400	760	33.8	233	61.6	424	95.6
1600	871	28	193	36.5	251	117.9
1800	982	12.8	88	18.9	130	81.5
2000	1093	6.2	43	9.5	65	50.6

## 極低温での引張特性に対する平均的な影響

形態	条件	試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
		°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
厚板	2150°F(1177°C) で熱処理して急冷	-196	-321	-	-	150.2	1036	46
		-78	-108	-	-	118.8	819	51
		22	72	47	324	104.5	721	46

## 引張特性(続き)

時効後の平均引張データ, 室温\*

形態	時効温度		時効時間	0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
	°F	°C		ksi	MPa	ksi	MPa	
薄板	SHT	SHT	-	55.2	381	114.3	788	57
薄板 板厚: 0.125 in. (3.2mm)	1200	649	1000	61	421	125	862	35
			4000	76.2	525	143.8	991	19
			8000	78.6	542	147.9	1020	19
			16000	78.1	538	148	1020	15
	1400	760	1000	65.3	450	137	945	23
			4000	64.3	443	134.6	928	18
			8000	61.3	423	131	903	19
			16000	59.3	409	126.1	869	17
	1600	871	1000	53.2	369	123	848	26
			4000	49.3	340	117.9	813	29
			8000	48.2	332	115	793	30
			16000	46.1	318	111.1	766	29
厚板 板厚: 1/2 in. (12.7mm)	SHT	SHT	-	49.5	341	109.9	758	47
	1200	649	1000	56.5	390	121.4	837	33
			4000	73.4	506	142.5	983	18
			8000	73	503	143.6	990	18
	1400	760	1000	56.9	392	129.4	892	23
			4000	56.9	392	129.9	896	21
			8000	56.3	388	129.2	891	20
	1600	871	1000	47.6	328	119	820	31
			4000	44.9	310	116.7	805	28
			8000	43.9	303	113.7	784	26
			16000	42.7	394	109	752	26

\*各形態に対する試験データは単一のヒートから得た。

SHT=溶体化処理済(時効なし)。

## 物理的特性

物理的特性	英国单位		メートル单位	
密度	72°F	0.297 lb/in <sup>3</sup>	22°C	8.22 g/cm <sup>3</sup>
溶融温度	2300 - 2470 °F		1260 - 1355°C	
電気抵抗	75°F	45.21 μohm-in	24°C	114.83 μohm-cm
	100°F	45.38 μohm-in	38°C	115.27 μohm-cm
	200°F	45.89 μohm-in	94°C	116.56 μohm-cm
	300°F	46.31 μohm-in	149°C	117.63 μohm-cm
	400°F	46.78 μohm-in	205°C	118.82 μohm-cm
	500°F	47.20 μohm-in	260°C	119.88 μohm-cm
	600°F	47.53 μohm-in	316°C	120.73 μohm-cm
	700°F	47.93 μohm-in	371°C	121.73 μohm-cm
	800°F	48.23 μohm-in	427°C	122.51 μohm-cm
	900°F	48.61 μohm-in	483°C	123.46 μohm-cm
	1000°F	49.00 μohm-in	538°C	124.46 μohm-cm
	1100°F	49.38 μohm-in	594°C	125.44 μohm-cm
	1200°F	49.53 μohm-in	649°C	125.81 μohm-cm
	1300°F	49.61 μohm-in	705°C	126.02 μohm-cm
	1400°F	49.68 μohm-in	760°C	126.20 μohm-cm
	1500°F	49.73 μohm-in	816°C	126.32 μohm-cm
	1600°F	49.80 μohm-in	871°C	126.50 μohm-cm
	1700°F	49.81 μohm-in	927°C	126.52 μohm-cm
	1800°F	49.67 μohm-in	983°C	126.17 μohm-cm
1900°F	49.59 μohm-in	1038°C	125.96 μohm-cm	
2000°F	49.57 μohm-in	1094°C	125.90 μohm-cm	
熱伝導率	70°F	63 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	25°C	9.2 W/m-°C
	200°F	76 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	100°C	11.2 W/m-°C
	500°F	98 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	200°C	14.1 W/m-°C
	1100°F	144 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	600°C	20.9 W/m-°C
	1200°F	151 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	650°C	21.9 W/m-°C
	1300°F	159 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	700°C	22.8 W/m-°C
	1400°F	166 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	750°C	23.8 W/m-°C
	1500°F	174 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	800°C	24.7 W/m-°C
	1600°F	182 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	850°C	25.7 W/m-°C
1700°F	189 Btu-in/ft. <sup>2</sup> h-°F	900°C	26.7 W/m-°C	

RT= 室温



## 物理的特性(続き)

物理的特性	英国単位		メートル単位	
比熱	RT	0.116 Btu/lb.-°F	RT	486 J/kg-°C
	200°F	0.117 Btu/lb.-°F	100°C	487 J/kg-°C
	400 °F	0.118 Btu/lb.-°F	200°C	484 J/kg-°C
	600°F	0.119 Btu/lb.-°F	300°C	491 J/kg-°C
	800°F	0.123 Btu/lb.-°F	400°C	507 J/kg-°C
	1000°F	0.130 Btu/lb.-°F	500°C	531 J/kg-°C
	1200°F	0.139 Btu/lb.-°F	600°C	564 J/kg-°C
	1400°F	0.151 Btu/lb.-°F	700°C	606 J/kg-°C
	1600°F	0.167 Btu/lb.-°F	800°C	657 J/kg-°C
	1800°F	0.186 Btu/lb.-°F	900°C	716 J/kg-°C
	2000°F	0.205 Btu/lb.-°F	1000°C	784 J/kg-°C
平均熱膨張係数	79 - 200°F	7.7 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 100°C	13.9 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1000°F	8.4 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 500°C	15.0 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1200°F	8.6 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 600°C	15.3 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1350°F	8.8 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 700°C	15.7 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1400°F	8.9 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 750°C	15.9 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1500°F	8.9 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 800°C	16.0 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1600°F	9.1 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 850°C	16.2 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1650°F	9.1 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 900°C	16.4 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
	79 - 1800°F	9.2 $\mu\text{in/in.}^\circ\text{F}$	26 - 975°C	16.6 $10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
動弾性係数	RT	29.8 x $10^6$ psi	RT	205 GPa
	200°F	29.4 x $10^6$ psi	100°C	202 GPa
	400°F	28.6 x $10^6$ psi	200°C	198 GPa
	600°F	27.8 x $10^6$ psi	300°C	192 GPa
	800°F	26.7 x $10^6$ psi	400°C	187 GPa
	1000°F	25.8 x $10^6$ psi	500°C	180 GPa
	1200°F	24.7 x $10^6$ psi	600°C	173 GPa
	1400°F	23.3 x $10^6$ psi	700°C	165 GPa
	1600°F	22.2 x $10^6$ psi	800°C	157 GPa
	1800°F	20.4 x $10^6$ psi	900°C	148 GPa
ポアソン比	-108°F	0.328	-78 °C	0.328
	72°F	0.32	22 °C	0.32
透磁率	RT	200 エルステッドで 1.002 (15,900 A/m)		

## 硬さおよび結晶粒サイズ

2150°F(1177°C)で溶体化処理した材料の室温硬さ

形態	硬さ, HRBW	典型的な ASTM 結晶粒度
薄板	86	3 - 5
厚板	87	3.5 - 6
棒	88	2 - 5

HRBW = ロックウェル硬さ“B”、タングステン球圧子。



## 時効後の硬度

### 室温での時効後硬度\*

形態	時効温度		時効時間	硬さ	
	°F	°C	h	HRBW	
薄板	SHT	SHT	-	54	
	1200	649	1000	56	
			4000	62	
			8000	63	
	1400	760	1000	62	
			4000	61	
			8000	60	
	1600	871	0	61	
			4000	58	
			8000	55	
	厚板	SHT	SHT	-	54
		1200	649	1000	57
4000				62	
8000				63	
1400		760	1000	60	
			4000	59	
			8000	58	
1600		871	1000	56	
			4000	56	
			8000	54	
全溶接金属**		1200	649	1000	64
				4000	65
	8000			63	
	1400	760	1000	62	
			4000	60	
			8000	60	
	1600	871	1000	56	
			4000	55	
			8000	54	

SHT= 溶体化処理済(時効なし)。

\*各形態に対して単一ヒートから採取したサンプルの試験。

\*\*ガスタングステンアークで溶接。

HRBW = ロックウェル硬さ“B”、タングステン 圧子。

## 成形性

### 薄板

条件	典型的なオルセンカップ深さ	
	in.	mm
2150°F(1177°C)で熱処理して急冷	0.48	12.3

## 衝撃強度

### 平均衝撃強度、厚板\*

条件	試験温度	平均シャルピー V-ノッチ 衝撃強さ	
		ft. - lb.	J
2100°F (1149°C)で熱処理して水冷	RT	103	140

\*板厚が 0.413" - 1.25" (10.5 - 31.8 mm) の複数のヒートから採取した28のサンプルの平均値で、2007 - 2014の間に試験を実施。

### 時効処理した厚板\*

時効温度		時効時間	平均シャルピー V-ノッチ衝撃強さ	
°F	°C	h	ft.-lb.	J
SHT	SHT	-	95	129
1200	649	1000	24	33
		4000	12	16
		8000	15	20
1400	760	1000	10	14
		4000	10	14
		8000	8	11
1600	871	0	15	20
		4000	12	16
		8000	15	20
		16000	12	16

SHT=溶体化処理済(時効なし)。

\*単一のヒートから採取した厚さ 1/2 in. (12.7 mm) の厚板に対する4回の試験の平均値。

# 耐酸化性

空気流中で1008時間\*曝露した時の静的酸化データの比較

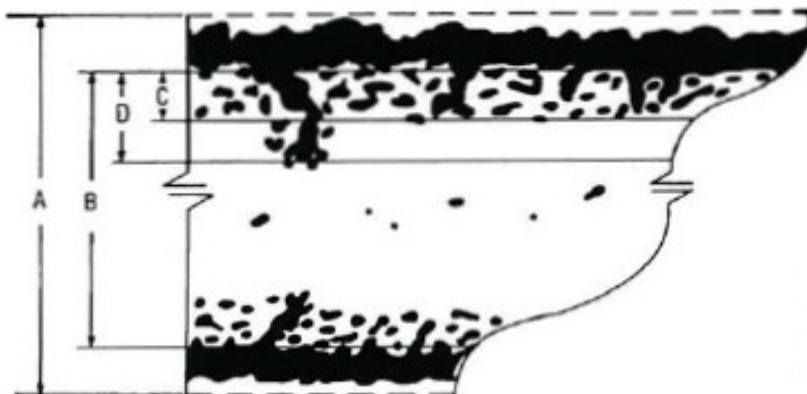
合金	1800°F (982°C)				2000°F (1093°C)			
	メタルロス/片側		メタルロス + CIP**/片側		メタルロス/片側		メタルロス + CIP**/片側	
	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm
<b>X</b>	<b>0.29</b>	<b>0.007</b>	<b>0.74</b>	<b>0.019</b>	<b>1.5</b>	<b>0.038</b>	<b>2.7</b>	<b>0.069</b>
INCONEL® 600	0.32	0.008	0.9	0.023	1.1	0.028	1.6	0.041
INCONEL® 601	0.53	0.013	1.3	0.033	1.2	0.031	2.6	0.06
625	0.32	0.008	0.72	0.018	3.3	0.083	4.8	0.12
800H®	0.024	0.024	1.8	0.046	5.4	0.137	7.4	0.19

\*1週間に1回、室温まで冷却するサイクルの繰り返し。

\*\*CIP=連続的な内部酸化。

INCONEL は Special Metals Corporationの登録商標です。

酸化試験の評価に使用した金属組織学的手法の模式図



1. メタルロス = (A-B)/2
2. 平均内部酸化深さ = C
3. 最大内部酸化深さ = D
4. 平均酸化層厚さ = ((A-B)/2) + C
5. 最大酸化層厚さ = ((A-B)/2) + D

平均耐高温腐食性の比較\*

試験温度		試験時間	総腐食層厚さ/片側					
			X		S		188	
°F	°C	h	mils	mm	mils	mm	mils	mm
1650	900	200	<b>3</b>	<b>0.08</b>	2.7	0.07	2.1	0.05
1650	900	1000	<b>6.8</b>	<b>0.17</b>	7.5	0.19	3.7	0.09

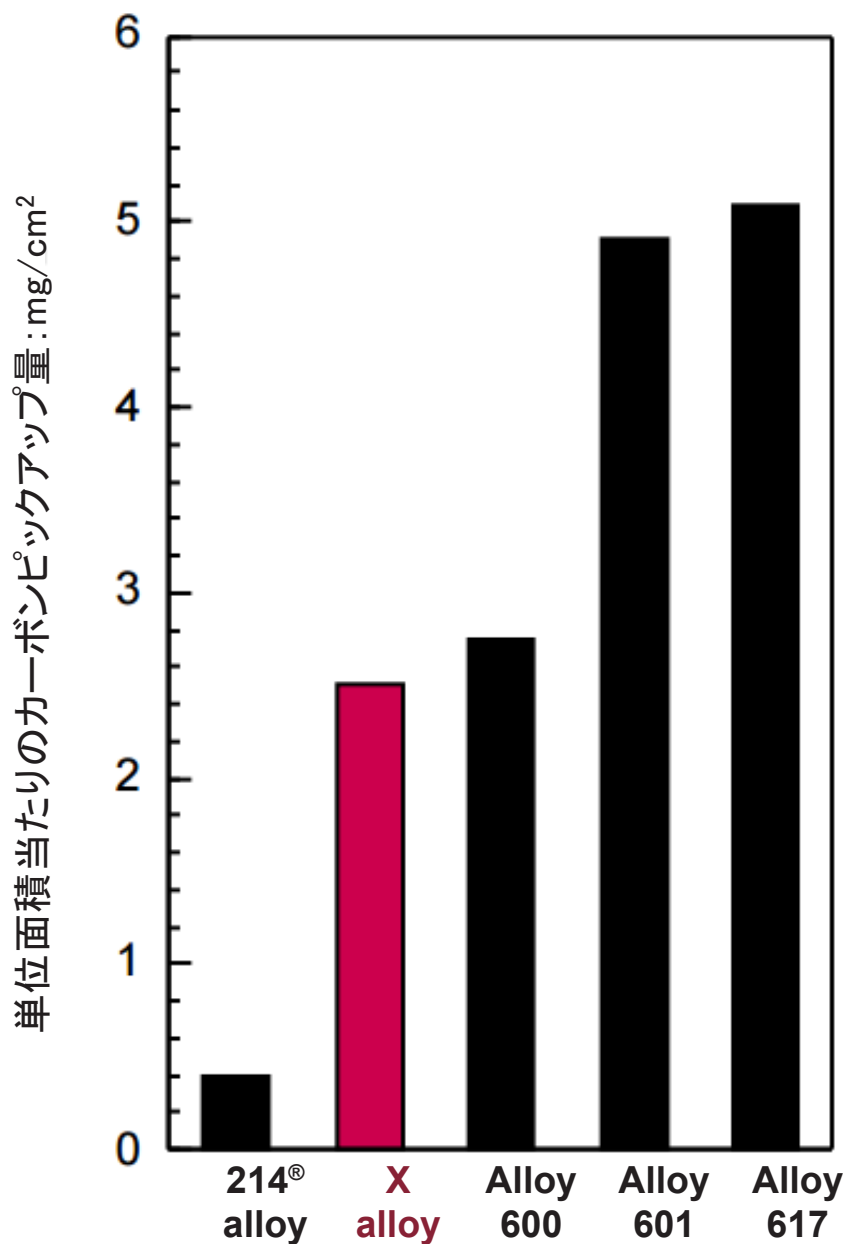
\*全ての試験は、No.2燃料油(0.4%硫黄を含む)と5ppmの海塩の燃焼生成物に曝露することにより行いました。試料を通過するガスの速度は13ft/secでした。1時間に1回の周期で熱衝撃を加えました。

## 耐浸炭性

試験は、(容積%)で5.0% H<sub>2</sub>、5.0% CO、5.0% CH<sub>4</sub> 及び残りはアルゴンの入口ガス混合物を伴った浸炭環境において行いました。1800°F(982°C)での計算による酸素ポテンシャルおよび炭素活性は、それぞれ  $9 \times 10^{-22}$  atm および 1.0 でした。

結果は、式  $M = C(W/A)$  から得られる単位面積当たりのカーボンピックアップ質量で示されます。ここで、 $M$  = 単位面積当たりのカーボンピックアップ質量 (mg/cm<sup>2</sup>)、 $C$  = 曝露前後の炭素量(重量分率)の差、 $W$  = 曝露されていない試験片の重量 (mg) および  $A$  = 試験環境に曝露された試験片の表面積 (cm<sup>2</sup>) です。

1800°F (982°C) で 55 時間曝露したときの耐浸炭性の比較



# 溶接

HASTELLOY® X 合金は、ガスタングステンアーク溶接 (GTAW)、ガスマタルアーク溶接 (GMAW)、シールドメタルアーク溶接 (SMAW)、および抵抗溶接で容易に溶接することができます。サブマージアーク溶接 (SAW) は、この溶接プロセスが母材金属への入熱が高く、溶接部の冷却が遅いという特徴を有しているため、お勧めできません。これらの要因は、溶接による拘束を高め、割れを促進する可能性があります。

## 母材金属の準備

溶接作業の前に、溶接面および隣接する領域を適切な溶剤を用いて完全に清浄にする必要があります。グリース、オイル、切削油、クレヨン、機械加工溶液、腐食生成物、塗料、スケール、染色浸透探傷溶液、およびその他の異物はすべて完全に除去しなければなりません。溶接時に合金が溶体化処理されていることが好ましいですが、必ずしも必要ではありません。

## 溶加金属の選定

X 合金をガスタングステンアークまたはガスマタルアーク溶接で接合する場合は、HASTELLOY® X 溶加ワイヤ (AWS A5.14, ERNiCrMo-2) を推奨します。非ASME規格構造物のシールドメタルアーク溶接には、X 合金の被覆アーク溶接棒もあります。X 合金とニッケル基、コバルト基、あるいは鉄基材料との異種金属の接合には、個々のケースに応じて、X 合金溶加ワイヤ、HAYNES® 556® 合金 (AWS A5.9 ER3556, AMS 5831)、HASTELLOY® S 合金 (AMS 5838) あるいは HASTELLOY® W 合金 (AMS 5786, 5787) などの溶接製品全てが考慮対象となります。さらなる情報が必要な場合は、ウェブサイト (haynesintl.com) にある“溶接および加工”のパンフレットをご覧になるか、Haynes Welding SmartGuide をご利用ください。

## 予熱、パス間温度および溶接後熱処理

予熱は必要ありません。予熱は、通常、室温 (典型的な作業環境条件) として指定されています。パス間温度は、200°F (93°C) 以下に維持しなければなりません。汚染物を取り込むことがないのであれば、必要に応じて、溶接パス間に補助冷却手段を使用することができます。X 合金に対しては、溶接後の熱処理は、通常、必要ありません。更なる情報が必要な場合は、ウェブサイト (haynesintl.com) にある“溶接および加工”のパンフレットを参照してください。

## 標準溶接パラメータ

GTAW、GMAW および SMAW 溶接に対する詳細は、“溶接および加工”のパンフレットに記載されています。標準溶接パラメータは、典型的な溶接作業を実行するためのガイドとして提供しており、当社の実験室で使用されている溶接条件に基づいています。

### 溶接した薄板の室温硬度

溶接方法	試験領域	HRB
シールドメタルアーク (被覆アーク溶接棒)	溶接領域	92
	熱影響領域	93
	母材金属	91
ガスタングステンアーク (TIG)	溶接領域	89
	熱影響領域	93
	母材金属	91
ガスマタルアーク (MIG)	溶接領域	90
	熱影響領域	93
	母材金属	91

注記: 薄板は溶接前に溶体化処理。硬度は、室温で溶接したままの状態測定。

HRB = ロックウェル硬さ “B”。

## 溶接(続き)

平均短時間引張データ, 冷間圧延して溶接した 0.109 in. (2.8 mm) の薄板

条件	形態	0.2% 耐力		極限引張強さ	
		ksi	MPa	ksi	MPa
冷間圧延したまま	圧下率 5%	82	565	123	848
	圧下率 15%	106	731	137	945
	圧下率 30%	137	945	161	1110
冷間圧延および溶接、 溶接したまま	圧下率 5%	68	469	114.9	792
	圧下率 15%	72.1	497	113.1	780
	圧下率 30%	69.9	482	112.9	778

注記:全ての冷間圧延した薄板および種々の溶接サンプルは、冷間圧延または溶接の前に溶体化処理された材料から作成しました。すべてのデータは室温で得られ、限られた回数 of 試験の結果です。

平均引張データ, 溶接部

条件	溶接方法	材料	0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
			ksi	MPa	ksi	MPa	
溶接したまま	シールドメタルアーク (被覆アーク溶接棒)	薄板, 0.125 in. (3.2mm)	55.2	381	110.2	760	26
		厚板, 0.250 in. (6.4mm)	56.7	391	109.8	757	26
		厚板, 0.375 in. (9.5mm)	55.4	382	110.2	760	26
溶接したまま	ガスタングステン アーク (TIG)	薄板, 0.125 in. (3.2mm)	59.1	407	110.2	759	26
		厚板, 0.250 in. (6.4mm)	53.1	365	107.1	738	25
		厚板, 0.375 in. (9.5mm)	54.9	379	107.6	742	22
溶接したまま	ガスマタルアーク (MIG)	薄板, 0.125 in. (3.2mm)	53.1	366	103.7	715	22
		厚板, 0.250 in. (6.4mm)	55	379	110.8	764	33
		厚板, 0.375 in. (9.5mm)	57	393	106.4	734	24

## 溶接(続き)

### 溶接金属の平均値

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び	
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%	
RT	RT	66.4	458	98.6	680	28	in 1 inch
600	316	52.1	359	80.4	554	27	in 1.125 inches
1000	538	49.2	339	76.3	526	28	in 1.125 inches
1500	816	38.2	263	56.7	391	45	in 1.125 inches

RT= 室温

### 溶接後および時効後の平均引張データ, 室温\*

形態	時効温度		時効時間	0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
	°F	°C		h	ksi	MPa	ksi	
厚板 板厚: 1/2 in (12.7mm)	1600	871	8000	47.9	330	109	752	22
ガスタングステンアーク 溶接した厚板, 板厚: 1/2 in. (12.7mm)	1200	649	1000	66	455	126.9	875	33
			4000	86.5	596	150.1	1035	19
			8000	82.9	572	145.5	1003	18
	1400	760	1000	58.2	401	128.2	884	19
			4000	62.3	430	127.4	878	18
			8000	62.3	430	125.2	863	15
1600	871	4000	49.7	343	105.3	726	15	
		8000	46.9	323	98	676	16	
全溶接金属**	1200	649	1000	87.5	603	123	848	8
			4000	86	593	139.3	960	8
			8000	86.8	598	131.8	909	9
	1400	760	1000	62.7	432	113.5	783	12
			4000	60.6	418	110.5	762	6
			8000	59.8	412	97.7	674	7
	1600	871	1000	48.3	330	92.8	640	9
			8000	46.3	319	92.7	639	1

\* 各形態に対する試験データは単一のヒートから採取したサンプルのものです。

\*\*1回の試験データ。ガスタングステンアークで溶接。



## 適合規格および基準

### 規格

HASTELLOY® X 合金 (N06002, W86002)	
薄板、厚板および帯板	AMS 5536 SB 435/B 435 P= 43
ビレット、ロッドおよび棒	AMS 5754 SB 572/B 572 B 472 P= 43
被覆アーク溶接棒	SFA 5.11/ A 5.11 (ENiCrMo-2) F= 43
裸溶接棒およびワイヤ	SFA 5.14/ A 5.14 (ERNiCrMo-2) AMS 5798 F= 43
継目なしパイプおよび チューブ	SB 622/B 622 P= 43
溶接パイプおよび チューブ	AMS 5588 SB 619/B 619 SB 626/B 626 P= 43
継手類	SB 366/B 366 P= 43
鍛造材	AMS 5754
DIN	17742 No. 2.4665 NiCr22Fe18Mo
その他	NACE MR0175 ISO 15156

## 基準

<b>HASTELLOY® X 合金</b> (N06002, W86002)				
<b>ASME</b>	<b>Section I</b>	-		
	<b>Section III</b>	<b>Class 1</b>	800°F (427°C) <sup>1</sup>	
		<b>Class 2</b>	800°F (427°C) <sup>5</sup>	
		<b>Class 3</b>	800°F (427°C) <sup>5</sup>	
		<b>Classes TC and SC</b>	800°F (427°C) <sup>1</sup>	
	<b>Section IV</b>	<b>HF-300.2</b>	-	
	<b>Section VIII</b>	<b>Div. 1</b>	1650°F (899°C) <sup>2</sup>	
		<b>Div. 2</b>	900°F (482°C) <sup>18</sup> 1650°F (899°C) <sup>5</sup> 800°F (427°C)	
	<b>Section XII</b>	650°F (343°C) <sup>2</sup>		
	<b>B16.5</b>	1500°F (816°C) <sup>3</sup>		
	<b>B16.34</b>	1500°F (816°C) <sup>4</sup>		
	<b>B31.1</b>	-		
	<b>B31.3</b>	1500°F (816°C)		
<b>MMPDS</b>		6.3.1		

<sup>1</sup>承認された材料形態: 厚板、薄板、棒、溶接パイプ／チューブ、継ぎ目なしパイプ／チューブ

<sup>2</sup>承認された材料形態: 厚板、薄板、棒、継手類、溶接パイプ／チューブ、継ぎ目なしパイプ／チューブ、ボルト類

<sup>3</sup>承認された材料形態: 厚板、棒

<sup>4</sup>承認された材料形態: 厚板、棒、継ぎ目なしパイプ／チューブ

<sup>5</sup>承認された材料形態: 溶接パイプ／チューブ、継ぎ目なしパイプ／チューブ

<sup>6</sup>承認された材料形態: 厚板、薄板、ロッド

### 免責事項:

Haynes International, Inc. は、本パンフレットに記載されているデータの精度・正確性を保証するために妥当な努力を払っておりますが、データの精度、正確性、あるいは信頼性について、いかなる表明も保証もいたしません。すべてのデータは、一般的な情報のみであり、設計上のアドバイスを提供するものではありません。ここに開示されている合金特性は、主に Haynes International, Inc. によって行われた作業に基づいており、場合によっては公開文献の情報によって補足されているため、そのような試験の結果のみを示すものであり、保証最大値または最小値と考えるはなりません。実際の使用条件で特定の合金を試験して特定の目的に対する適合性を判断するのはユーザーの責任です。

特定の製品に含まれる特定の元素濃度とその潜在的な健康への影響については、Haynes International, Inc. が提供する安全データシートを参照してください。特記のない限り、すべての商標は Haynes International, Inc. が所有しています。