

# HAYNES® 25 合金

## 主な特徴

### 優れた高温強度および良好な耐酸化性

HAYNES® 25 合金(UNS R30605)は、長時間の曝露に対して、1800°F(982°C)以下の酸化環境に対する良好な耐性を伴った優れた高温強度と、優れた耐硫化性を併せ持つコバルト - ニッケル - クロム - タングステン合金です。この合金は、従来の技術によって加工および成形することができ、鋳造部品にも使用されています。他の魅力的な特徴としては、耐かじり性に優れていることがあります。

### 用途

HAYNES® 25 合金は、実用化された軍用および商業用のガスタービンエンジンの部品などの航空宇宙産業における多くの部品用途に適した特性を兼ね備えています。現代のエンジンでは、この合金に替わって HAYNES®188 合金、そして、ごく最近では改良された特性を有する 230®合金のような、より新しい材料が使用されています。25 合金の重要な用途の他の領域は軸受材料で、ボールおよびレースの両方に使用されています。

## 標準組成

### 重量 %

コバルト:Co	51 Balance
ニッケル:Ni	10
鉄:Fe	3 max.
クロム:Cr	20
モリブデン:Mo	1 max.
タングステン:W	15
マンガン:Mn	1.5
ケイ素:Si	0.4 max.
炭素:C	0.1

## クリープおよびストレスラプチャー強度

HAYNES® 25 合金は、優れた高温強度を持つ固溶強化型材料です。この合金は、1200～1800°F(649～982°C)の温度で長期間使用する場合に特に有効です。この合金は、ニッケル基固溶強化型合金よりも強度があり、優れた加工特性を有するコバルト基材料の中でも最も強度があります。

### 溶体化処理した薄板\*

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	
°F	°C	%	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1200	649	0.5	62	427	47.5	328	33.5**	231**
		1	71	490	54	372	39.0**	269**
		R	82	565	69	476	57	393
1300	704	0.5	43	296	30.0**	207**	21.0**	145**
		1	49.5	341	35	241	23.2**	160**
		R	64	441	50	345	38	262
1400	760	0.5	28	193	19.5	134	14.8**	102**
		1	32	221	21.5	148	16.2**	112**
		R	47.0**	324**	36	248	26	179
1500	816	0.5	18.5	128	14	97	10.2**	70**
		1	20.2	139	15.5	107	12.3**	85**
		R	34.0**	234**	24.7	170	18.1	125
1600	871	0.5	13.7	94	9.9	68	6.9**	48**
		1	15.2	105	12	83	8.9**	61**
		R	24.0**	165**	17.5	121	12	83
1700	927	0.5	9.7	67	6.8	47	4.5**	31**
		1	12	83	8.8	61	5.6	39
		R	17.3**	119**	11.8	81	7.2	50

\*限られたデータに基づいた値

\*\*著しく外挿した値

R= ラプチャー(破断)

## クリープおよびストレスラプチャー強度(続き)

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	
°F	°C	%	ksi	Mpa	ksi	Mpa	ksi	Mpa
1800	982	0.5	6.8	47	4.5	31	2.6	18
		1	8.8	61	5.6	39	3	21
		R	11.8**	81**	7.2	50	4	28
2000	1093	0.5	2.8	19	1.3	9	-	-
		1	3.3	23	1.4	9.7	-	-
		R	4.5	31	2	14	-	-

\*限られたデータに基づいた値

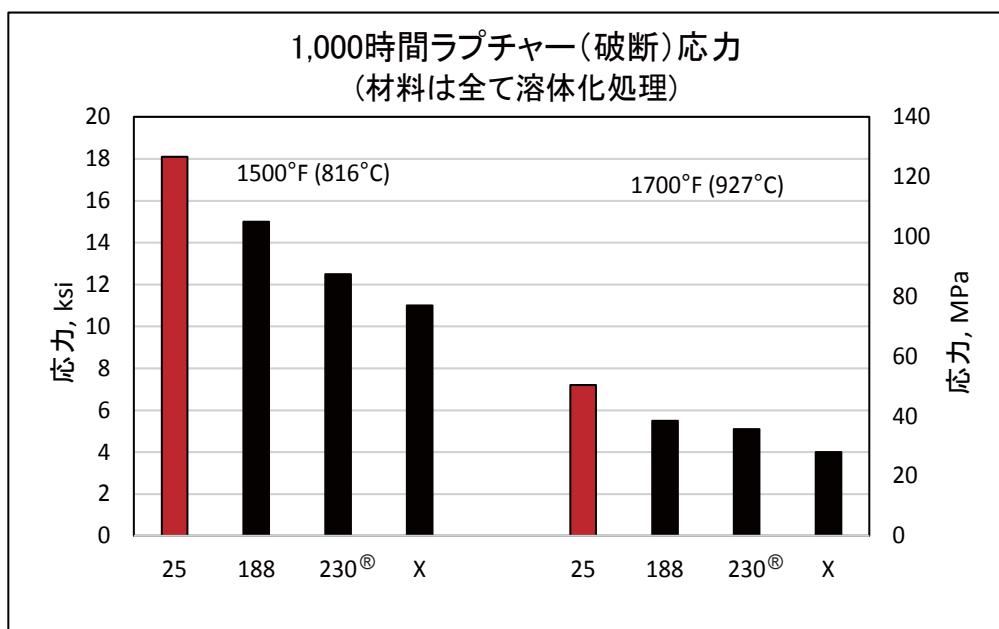
\*\*著しく外挿した値

R= ラプチャー(破断)

### 溶体化処理した棒\*

温度		下記時間でラプチャー(破断)を生じるおおよその初期応力:					
		10 h		100 h		1,000 h	
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1350	732	42.5	293	36.5	252	30.3	209
1400	760	39.2	270	31.5	217	24.1	166
1500	816	30.0	207	22.0	152	17.0	117
1600	871	23.0	159	16.5	114	12.0	83
1700	927	17.0	117	12.0	83	8.4	58
1800	982	11.5	79	7.5	52	5.0	34

### ラプチャー強度の比較、薄板



## 引張特性

### 溶体化処理した薄板\*

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	69	476	144.5	996	54.7
1000	538	38.8	268	119	820	63.4
1200	649	37.2	256	119.3	823	54.2
1400	760	35.5	245	82.5	569	33.9
1600	871	33.5	231	46.3	319	97.8
1800	982	18.6	128	25.8	178	94.1
2000	1093	9.0	62	13.3	92	63.0

\* 限られたデータ

### 溶体化処理した厚板

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	68.7	474	145.1	1000	58.8
1000	538	38.4	265	122.1	842	71
1200	649	33.4	230	123.5	852	64.3
1400	760	34.4	237	86	593	45.7
1600	871	32	221	48.3	333	104.7
1800	982	18.7	129	27.3	188	113.7
2000	1093	9.3	64	14.5	100	97.5

### 熱間圧延および 2250°F (1232°C) で溶体化処理した棒\*

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	73	505	147	1015	60
1000	538	43	295	113	780	63
1200	649	43	295	105	725	49
1400	760	41	285	90	620	29
1600	871	34	235	54	370	29
1800	982	19	130	28	195	41

\* 限られたデータ

RT = 室温

\* 棒に対する高温引張試験を、以前の標準であったひずみ速度で実施しました。これらの結果は降伏するまでのひずみ速度が 0.005 in/in/min で、降伏から破断に至るまでは試験片平行部に対するクロスヘッド速度を 0.5 in/min となるように試験して得られたものです。現在の標準では、降伏するまでは 0.005 in/in/min のひずみ速度を用い、降伏から破断に至るまでは、試験片平行部に対するクロスヘッド速度が 0.05 in/min となるようにします。

## 硬度および結晶粒サイズ

形態	硬度, HRBW	典型的な ASTM 結晶粒度
薄板	97	3.5 - 5.5
厚板	99	3.5 - 5
棒	98	3.5 - 5

試験した全ての試料は溶体化処理済み。

HRBW = ロックウェル硬さ"B"、タンゲステン球圧子

## 冷間加工特性

HAYNES® 25 合金は、冷間加工された状態で優れた強度と硬度の特性を有しています。これらの高い特性レベルは高温でも明らかであり、25 合金をボールベアリングやベアリングレースなどの用途に非常に適したものにしています。冷間加工された材料を時効処理することにより、硬度および強度を適度に上乗せして増加させることができます。

### 冷間加工した薄板の典型的な引張特性\*

圧下率	試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
	%	°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa
10	70	21	105	724	155	1069	41
	1000	538	78	538	114	786	48
	1200	649	80	552	115	793	37
	1400	760	67	462	87	600	8
	1600	871	47	324	62	427	13
	1800	982	27	186	39	269	15
15	70	21	124	855	166	1145	30
	1000	538	107	738	134	924	29
	1200	649	111	765	129	889	15
	1400	760	86	593	104	717	5
	1600	871	52	359	70	483	9
	1800	982	30	207	40	276	5
20	70	21	141	972	183	1262	19
	1000	538	133	917	156	1076	18
	1200	649	120	827	137	945	2
	1400	760	96	662	107	738	3
	1800	982	30	207	41	283	4

\*冷間圧延した 0.050-inch (1.3 mm) 厚さの薄板に対する限られたデータ

## 冷間加工特性(続き)

冷間加工および時効処理した薄板の典型的な引張特性\*

条件	試験温度		0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
	°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	
圧化率15% + 時効 A	70	21	136	938	168	1158	31
	1200	649	104	717	128	883	23
圧化率20% + 時効 A	70	21	152	1048	181	1248	17
	1000	538	129	889	151	1041	19
	1200	649	128	883	144	993	8
	1400	760	97	669	108	745	2
	1600	871	59	407	74	510	6
	1800	982	33	228	43	296	5
圧化率20% + 時効 B	70	21	162	1117	191	1317	16
	600	316	132	910	165	1138	28
	1000	538	124	855	149	1027	23
	1200	649	119	820	140	965	13
	1400	760	92	634	116	800	7
	1600	871	50	345	71	490	9
	1800	982	31	214	42	290	12

\*冷間圧延した 0.050-inch (1.3 mm) 厚さの薄板に対する限られたデータ

時効 A = 700°F(371°C)/1 時間

時効 B = 1100°F (593°C)/2 時間

冷間加工および時効処理した薄板の 70°F (21°C) における典型的な硬度\*

圧下率	記載されたレベルの冷間加工、および引き続いて時効処理した後のロックウェル硬さ C		
	時効無し	900°F (482°C)	1100°F (593°C)
		5 h	5 h
0	24	25	25
5	31	33	31
10	37	39	39
15	40	44	43
20	44	44	47

\*冷間圧延した 0.070 inch (1.8 mm) 厚さの薄板に対する限られたデータ

# 衝撃強度

## 厚板の衝撃強度特性

試験温度		典型的なシャルピー Vノッチ衝撃強さ	
°F	°C	ft.-lbs.	J
-321	-196	109	148
-216	-138	134	182
-108	-78	156	212
-20	-29	179	243
RT	RT	193	262
500	260	219	297
1000	538	201	273
1200	649	170	230
1400	760	143	194
1600	871	120	163
1800	982	106	144

## 熱安定性

HAYNES® 25 合金は、中間温度で長時間曝露されると、HASTELLOY® X 合金や 625 合金のような他の固溶強化型超合金とほぼ同じように、室温延性が低下します。この挙動は、有害相が析出した結果として生じます。25 合金の場合、問題となる相は  $\text{Co}_2\text{W}$  ラーベス相です。HAYNES® 188 合金は、この点に関しては 25 合金よりも著しく優れています；しかしながら、熱安定性が重要な用途に対しては、230® 合金がもっと良い選択肢です。

## 熱曝露後の薄板の室温特性\*

曝露温度		曝露時間	0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C		h	ksi	MPa	ksi	
熱曝露無し		0	66.8	461	135	931	48.7
1200	649	500	70.3	485	123.6	852	39.2
		1000	92.3	636	140	965	24.8
		2500	95.1	656	130.7	901	12
		1400	100	68.9	475	115.3	795
1600	871	100	72.1	497	113.6	783	9.1
		500	77.3	533	126.1	869	3.5
		1000	81.7	563	142	979	5

\*複数の薄板ロットの試験結果を複合

## 物理的特性

物理的特性	英國單位		メートル單位	
密度	RT	0.327 lb/in <sup>3</sup>	RT	9.07 g/cm <sup>3</sup>
溶融溫度	2425-2570°F	-	1329-1410°C	-
電氣抵抗	RT	34.9 μohm-in	RT	88.6 μohm-cm
	200°F	35.9 μohm-in	100°C	91.8 μohm-cm
	400°F	37.6 μohm-in	200°C	95.6 μohm-cm
	600°F	38.5 μohm-in	300 °C	97.6 μohm-cm
	800°F	39.1 μohm-in	400 °C	98.5 μohm-cm
	1000°F	40.4 μohm-in	500 °C	100.8 μohm-cm
	1200°F	41.8 μohm-in	600 °C	104.3 μohm-cm
	1400°F	42.3 μohm-in	700 °C	106.6 μohm-cm
	1600°F	40.6 μohm-in	800 °C	107.8 μohm-cm
	1800°F	37.7 μohm-in	900 °C	101.1 μohm-cm
	-	-	1000 °C	95.0 μohm-cm
	70°F	4.4 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	RT	28.3 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
熱拡散率	125°F	4.6 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	100°C	30.1 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	200°F	4.8 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	200°C	32.7 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	400°F	5.5 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	300°C	35.6 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	600°F	6.0 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	400°C	41.2 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	800°F	6.5 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	500°C	43.5 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	1000°F	6.9 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	600°C	45.5 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	1200°F	7.3 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	700°C	47.6 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	1400°F	7.6 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	800°C	49.6 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	1600°F	7.7 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	900°C	48.7 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	1800°F	7.9 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	1000°C	51.6 x 10 <sup>-3</sup> cm <sup>2</sup> /sec
	2000°F	8.3 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> /sec	-	-
	70°F	72 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	25°C	10.5 W/m-°C
熱伝導率	125°F	77 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	100°C	12.0 W/m-°C
	200°F	83 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	200°C	14.0 W/m-°C
	400°F	99 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	300°C	15.9 W/m-°C
	600°F	114 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	400°C	17.7 W/m-°C
	800°F	127 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	500°C	19.5 W/m-°C
	1000°F	140 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	600°C	21.2 W/m-°C
	1200°F	152 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	700°C	22.9 W/m-°C
	1400°F	165 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	800°C	24.5 W/m-°C
	1600°F	178 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	900°C	26.0 W/m-°C
	1800°F	191 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	1000°C	27.5 W/m-°C
	2000°F	201 Btu-in/ft <sup>2</sup> -h-°F	-	-

RT= 室溫

## 物理的特性(続き)

物理的特性	英國単位		メートル単位	
比熱	70°F	0.096 Btu/lb.-°F	25°C	403 J/kg-°C
	125°F	0.098 Btu/lb.-°F	100°C	424 J/kg-°C
	200°F	0.101 Btu/lb.-°F	200°C	445 J/kg-°C
	400°F	0.106 Btu/lb.-°F	300°C	455 J/kg-°C
	600°F	0.111 Btu/lb.-°F	400°C	462 J/kg-°C
	800°F	0.116 Btu/lb.-°F	500°C	495 J/kg-°C
	1000°F	0.119 Btu/lb.-°F	600°C	508 J/kg-°C
	1200°F	0.123 Btu/lb.-°F	700°C	582 J/kg-°C
	1400°F	0.128 Btu/lb.-°F	800°C	592 J/kg-°C
	1600°F	0.137 Btu/lb.-°F	900°C	596 J/kg-°C
	1800°F	0.143 Btu/lb.-°F	1000°C	598 J/kg-°C
	2000°F	0.142 Btu/lb.-°F	-	-
平均熱膨張係数	70 - 200°F	7.1 $\mu$ in/in.-°F	25 - 100°C	12.8 $\mu$ m/m-°C
	70 - 400°F	7.3 $\mu$ in/in.-°F	25 - 200°C	13.1 $\mu$ m/m-°C
	70 - 600°F	7.5 $\mu$ in/in.-°F	25 - 300°C	13.3 $\mu$ m/m-°C
	70 - 800°F	7.7 $\mu$ in/in.-°F	25 - 400°C	13.7 $\mu$ m/m-°C
	70 - 1000°F	7.9 $\mu$ in/in.-°F	25 - 500°C	14.0 $\mu$ m/m-°C
	70 - 1200°F	8.2 $\mu$ in/in.-°F	25 - 600°C	14.6 $\mu$ m/m-°C
	70 - 1400°F	8.6 $\mu$ in/in.-°F	25 - 700°C	15.1 $\mu$ m/m-°C
	70 - 1600°F	8.9 $\mu$ in/in.-°F	25 - 800°C	15.8 $\mu$ m/m-°C
	70 - 1800°F	9.2 $\mu$ in/in.-°F	25 - 900°C	16.2 $\mu$ m/m-°C
	70 - 2000°F	9.5 $\mu$ in/in.-°F	25 - 1000°C	16.7 $\mu$ m/m-°C
動弾性係数	RT	$32.6 \times 10^6$ psi	RT	225 GPa
	200°F	$32.3 \times 10^6$ psi	100°C	222 GPa
	400°F	$31.0 \times 10^6$ psi	200°C	214 GPa
	600°F	$29.4 \times 10^6$ psi	300°C	204 GPa
	800°F	$28.3 \times 10^6$ psi	400°C	197 GPa
	1000°F	$26.9 \times 10^6$ psi	500°C	188 GPa
	1200°F	$25.8 \times 10^6$ psi	600°C	181 GPa
	1400°F	$24.3 \times 10^6$ psi	700°C	174 GPa
	1600°F	$22.8 \times 10^6$ psi	800°C	163 GPa
	1800°F	$21.4 \times 10^6$ psi	900°C	154 GPa
	-	-	1000°C	146 GPa

RT= 室温

## 耐摩耗性

HAYNES® 25 合金は、金属のかじりやキャビテーションに対して優れた耐性を示します。以下に示す金属と金属のかじり試験の結果は、標準的な同一組成材による室温ピン・オン・ディスク試験で得られたものです。摩耗の深さは、加えられた負荷の関数として与えられます。キャビテーション試験は、ASTM G 32 に従って、16°Cの水で、周波数20kHz、振幅0.05mmで行いました。摩耗試験の結果、25合金は、多くの材料に対して耐かじり性と耐キャビテーション性に優れており、この合金を上回るのは ULTIMET® 合金と HAYNES® 6B 合金のみです。これらの材料は両方とも、優れた耐摩耗性を有するように特別に設計されています。

合金	耐かじり性 - 様々な負荷に対する損傷の程度					
	3,000 lbs. (1,365 kg)		6,000 lbs. (2,725 kg)		9,000 lbs. (4,090 kg)	
	mils	μm	mils	μm	mils	μm
6B	0.02	0.6	0.03	0.7	0.02	0.5
ULTIMET®	0.11	2.9	0.11	2.7	0.08	2
25	0.23	5.9	0.17	4.2	0.17	4.2
188	1.54	39.2	3.83	97.3	3.65	92.6
HR-160®	1.73	43.9	4.33	109.9	3.81	96.8
214®	2.32	59	3.96	100.5	5.55	141
556®	3.72	94.4	5.02	127.6	5.48	139.3
230®	4.44	112.7	7.71	195.8	8.48	215.5
HR-120®	6.15	156.2	7.05	179	10.01	254.2

合金	キャビテーション - 平均浸食深さ							
	24 h		48 h		72 h		96 h	
	mils	μm	mils	μm	mils	μm	mils	μm
ULTIMET®	0.3	6.8	0.9	22.9	1.6	40.2	2.3	57.4
6B	0.3	7.7	0.9	22.3	1.4	34.8	1.9	48
25	1	24.4	2.1	53.6	3.4	85.6	4.5	115.1
625	3.1	80	7	176.6	10.2	259.2	試験せず	試験せず
556®	3.3	83.8	6.9	175.8	9.6	244.3	11.4	289.8
230®	3.8	97.6>	7.5	190.1	9.9	251.8	11.9	301.7

ASTM G32に従って、16°Cの水で、周波数20 kHz、振幅0.05 mm の条件で試験。

## 高温硬度

次に示すのは、真空炉での標準高温硬さ試験で得られた結果です。値は、最初に測定した DPH (ビッカース) 単位で示しており、ロックウェル C/BW スケールへの換算値はカッコ内に示しています。

条件	ダイヤモンド四角錐によるビッカース硬さ(ロックウェル C/BW 硬さ)				
	70°F (21°C)	800°F (427°C)	1000°F (538°C)	1200°F (649°C)	1400°F (760°C)
溶体化処理	251(22 HRC)	171(87 HRC)	160(82 HRBW)	150(80 HRBW)	134(74 HRBW)
圧下率 15%	348(35 HRC)	254(23 HRC)	234(97 HRBW)	218(95 HRBW)	-
圧下率 20%	401(41 HRC)	318(32 HRC)	284(27 HRC)	268(25 HRC)	-
圧下率 25%	482(48 HRC)	318(32 HRC)	200(30 HRC)	286(28 HRC)	-

HRC = ロックウェル硬さ “C”

HRBW = ロックウェル硬さ “B”、タングステン球圧子

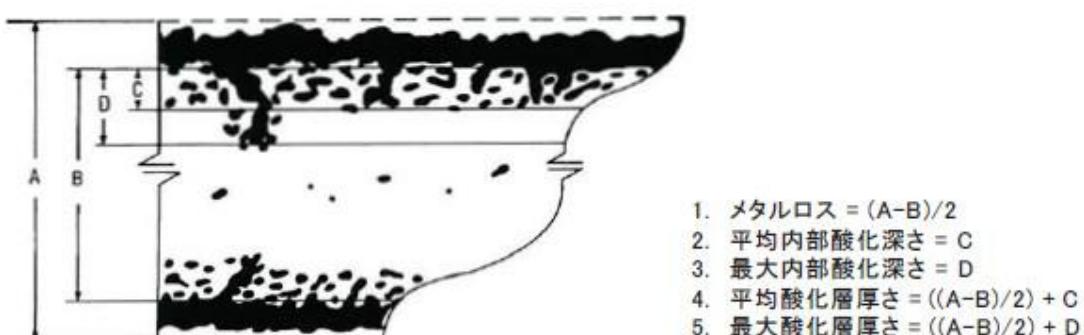
## 耐水溶液腐食性

合金	年当たりの平均腐食速度					
	1% HCl (沸騰)		10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (沸騰)		65% HNO <sub>3</sub> (沸騰)	
	mils	mm	mils	mm	mils	mm
ULTIMET®	<1	<0.03	99	2.51	6	0.15
C-22®	3	0.08	12	0.3	134	3.4
<b>25</b>	<b>226</b>	<b>5.74</b>	<b>131</b>	<b>3.33</b>	<b>31</b>	<b>0.79</b>
Type 316L	524	13.31	1868	47.45	9	0.23

HAYNES® 25 合金は、腐食性の水性媒体に対して耐性があるようには設計されていません。比較のために、代表的な平均腐食データを示します。水溶液環境で耐食性が要求される用途に対しては、ULTIMET® 合金と HASTELLOY® 耐食合金を考慮する必要があります。

## 耐酸化性

HAYNES® 25 合金は、空気および燃焼ガスの両方の酸化環境に対して良好な耐性があり、1800°F(982°C)以下の温度での長期連続曝露に対して使用できます。短時間の曝露に対しては、より高い温度で 25 合金を使用することができます。耐酸化性が重視される用途に対しては、通常、230® 合金あるいは HAYNES® 188 合金のような、より新しい、より能力の高い材料が必要になります。これは、1800°F(982°C)以上の温度で特に重要です。



### 1800°F(982°C)で1000時間曝露した時のバーナーリグ耐酸化性の比較

合金	メタルロス		平均酸化層厚さ		最大酸化層厚さ	
	mils	μm	mils	μm	mils	μm
188	1.1	28	3.2	81	3.9	99
230®	2.8	71	5.6	142	6.4	163
617	2.4	61	5.7	145	6.9	175
625	3.7	94	6	152	6.6	168
X	4.3	109	7.3	185	8	203
<b>25</b>	<b>7.8</b>	<b>198</b>	<b>9.8</b>	<b>249</b>	<b>10.3</b>	<b>262</b>
310SS	16	406	18.3	465	19.5	495
800H	22.9	582	内部酸化が板厚を貫通			

## 耐酸化性(続き)

### 酸化試験パラメータ

バーナーリグ酸化試験は、3/8" x 2.5" x 特定厚さ (9mm x 64 mm x 特定厚さ)の試料を回転式の保持具に取付け、No.2 燃料油を空気と燃料の比率が約50:1の条件で燃焼させたときにできる燃焼ガス中に曝露して実施しました。(燃焼ガスの流速は約0.3マツハ数でした。) 試料は30分毎に自動的にガス流から取り出し、ファンで外気温度近くまで冷却した後、燃焼ガス流中に戻しました。

### 空気流中での耐酸化性の比較\*

合金	1800°F (982°C)				2000°F (1093°C)				2100°F (1149°C)			
	平均酸化層厚さ**		平均メタルロス		平均酸化層厚さ**		平均メタルロス		平均酸化層厚さ**		平均メタルロス	
	mils	μm	mils	μm	mils	μm	mils	μm	mils	μm	mils	μm
188	1.1	28	0.1	3	3.7	94	0.5	13	10.7	272	8.6	218
230®	1.5	38	0.2	5	3.3	84	0.5	13	4.4	112	1.2	30
25	2	51	0.3	8	10.2	259	9.2	234	10.7	272	8.2	208
X	1.5	38	0.2	5	4.4	112	1.3	33	6.1	115	3.6	91
625	1.9	48	0.4	10	7.8	198	3.5	89	20.2	513	18.3	465
617	2	51	0.3	8	3.8	97	0.6	15	5.2	132	1	25
800HT	4.1	104	0.5	13	11.6	295	7.6	193	15	381	11	279

\*試料を通過する空気流の速度は、7.0 ft/min (213.4 cm/min)。1週間に1回のサイクルで試料を室温まで冷却。

\*\*メタルロス + 平均内部酸化層厚さ

### 2000°F (1093°C) で 500時間曝露した時のバーナーリグ耐酸化性の比較

合金	片面当たりの平均メタルロス		最大酸化層厚さ	
	mils	μm	mils	μm
214®	1.2	30.5	1.8	45.7
230®	7.1	180.3	11.8	299.7
188	10.9	276.9	14.1	358.1
X	11.6	294.6	15.1	383.5
25	> 25*	>635*	-	-

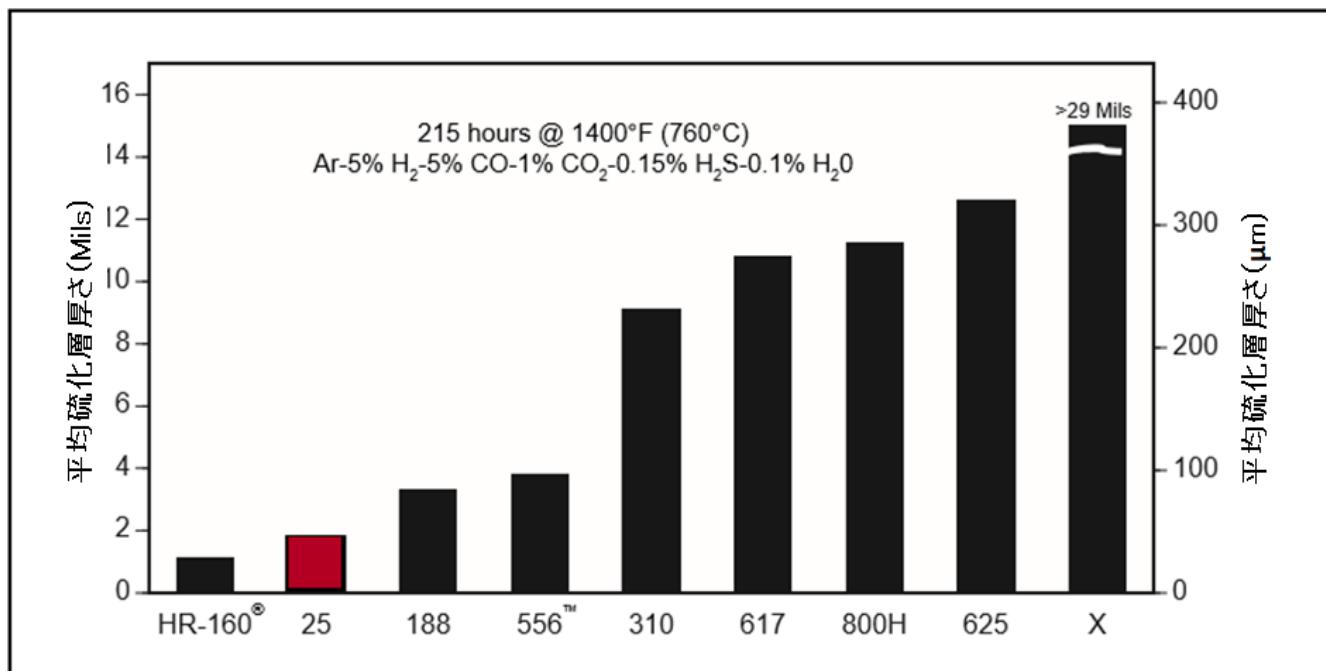
\* 165時間で 25 mils (635 μm よりも大きい

## 耐硫化性

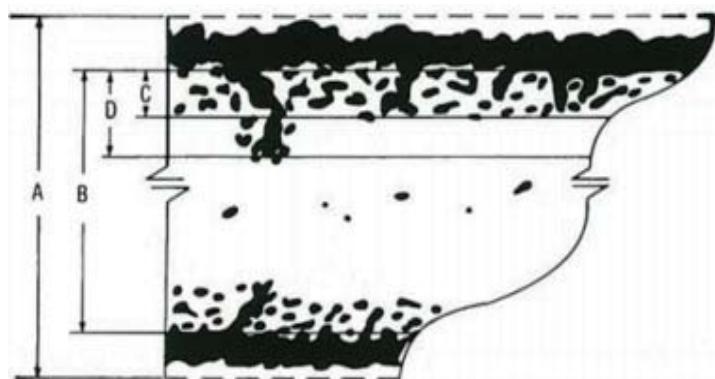
### 1400°F (760°C)での耐硫化性

HAYNES® 25 合金は、さまざまな産業用途で遭遇するガス状の硫化環境に対して非常に良好な耐性があります。試験は、アルゴン中に 5%H<sub>2</sub>、5%CO、1%CO<sub>2</sub>、および 0.15%H<sub>2</sub>S を含む混合ガス中で、1400°F(760°C)で行いました。試験片は、215時間曝露されました。この試験は、平衡硫黄分圧が10<sup>-6</sup>~10<sup>-7</sup>atmaで、酸素分圧が保護クロム酸化スケールを生成するのに必要な値よりも低い条件での厳しい試験です。

## 耐硫化性(続き)



環境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. 平均内部浸食深さ = C
3. 最大内部浸食深さ = D
4. 平均金属硫化層厚さ =  $((A - B)/2) + C$
5. 最大金属硫化層厚さ =  $((A - B)/2) + D$

## 加工

HAYNES® 25合金は、良好な成形性と溶接性を有しています。この合金は、部材全体が2200°F (1204°C)に達するのに十分な時間この温度で保持されるならば、鍛造、あるいは熱間加工することができます。この合金は良好な延性を有しており、冷間加工でも成形することができます。しかしながら、この合金は非常に急速に加工硬化するので、複雑な部品成形作業に対しては頻繁な中間アニールが必要となります。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部品は全てアニールし、急冷する必要があります。この合金は、ガスティ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、電子ビーム溶接および抵抗溶接など、手動および自動溶接の両方で溶接することができます。この合金は、良好な溶接拘束特性を有しています。

# 加工(続き)

## 熱処理

HAYNES® 25合金は、指定されなければ、溶体化処理した状態で提供されます。この合金は、特性を最適化するために、通常、2150~2250°F(1177~1232°C)で断面厚さに応じた時間保持し、急速空冷または水冷して最終溶体化処理します。加工中のアニーリングはもっと低い温度で行うことが出来ますが、溶体化処理温度よりも低い温度でのアニーリングは、25合金中に合金特性に影響する可能性がある炭化物を析出させるため、最適な特性と組織にするためには、最後に溶体化処理する必要があります。

## 機械加工

機械加工に関する情報は、"溶接及び加工"パンフレットの機械加工のセクションをご覧ください。

### 室温特性に対する冷間圧延の影響\*

圧下率 %	圧延後の アニール	0.2% 耐力		極限引張強さ		伸び %	HRC
		ksi	MPa	ksi	MPa		
0	無し	68.4	470	144	995	58.5	24
10		123.6	850	181.9	1255	37.1	36
15		148.5	1025	178.2	1230	27.7	40
20		150.9	1040	193.5	1335	18.2	42
25		183.9	1270	232.5	1605	14.6	44
10		97.9	675	163	1125	39.3	32
15	1950°F (1066°C)で 5分間	91.2	630	167.1	1150	43.8	30
20		96.5	665	170.7	1175	40.8	32
25		88.9	615	169.5	1170	44.3	32
10		74	510	156.6	1080	53.4	27
15	2050°F (1121°C)で 5分間	78.6	540	161.2	1110	51.9	28
20		82	565	164.8	1135	47.6	31
25		82.9	570	165.6	1140	48	30
10		66.9	460	148.1	1020	62.6	21
15	2150°F (1117°C)で 5分間	73.6	505	156.1	1075	55.4	26
20		72.1	495	154	1060	59.3	26
25		68.5	470	149.3	1030	61.7	25

\*厚さ 0.110 inch (2.8 mm) の薄板を冷間圧延した結果に基づく。

2回の繰り返し試験結果。

HRC = ロックウェル硬さ "C".

# 溶接

HAYNES® 25 合金は、ガスティングステンアーク(TIG)、ガスマタルアーク(MIG)、シールドメタルアーク(SMAW)、電子ビーム溶接および抵抗溶接によって容易に溶接できます。溶接特性は、HAYNES® 188 合金に似ています。サブマージアーク溶接は、このプロセスが母材への入熱量が高く、溶接部の冷却が遅いという特徴を有しているため、お薦めできません。これらの要因は、溶接による拘束を増加させ、割れを促進する可能性があります。

## 母材の準備

溶接の前に、接合面および隣接する領域を完全に清浄にする必要があります。グリース、オイル、クレヨンの痕、硫黄化合物、およびその他の異物はすべて除去しなければなりません。接合部が銅または銅含有材料と接触するのを避け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。

## 溶加材の選定

25 合金の接合には、同一組成の溶加材を推奨します。シールドメタルアーク溶接には、HAYNES® 25 合金溶接棒(AMS 5797)を推奨します。25 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接合に対しては、個々のケースに応じて、25 合金(AMS 5796)、230-W® 溶加ワイヤ(AMS 5839)、HAYNES® 556® 合金(AMS 5831)、HASTELLOY® S 合金(AMS 5838)、または、HASTELLOY® W 合金(AMS 5786)の溶接製品をご提案します。更なる情報が必要な場合は、"溶接および加工"のパンフレットをご覧になるか、ウェブサイトの"Haynes Welding SmartGuide"をご利用ください。

## 予熱、パス間温度、および溶接後の熱処理

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。25 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、"溶接および加工"のパンフレットをご覧ください。

## 溶接部の引張特性 - 室温

形態	0.2%耐力		極限引張強さ		伸び
	ksi	MPa	ksi	MPa	
薄板	69	476	144.5	996	54.7
厚板	68.7	474	145.1	1000	58.8
溶接部の横方向, GTAW	72.4	499	134.2	925	36.5
全溶接金属, SMAW	88.6	611	141	972	31.5

# 適合規格および基準

## 規格

HAYNES® 25 合金 (UNS R30605)	
薄板、厚板および帯板	AMS 5537
ビレット、ロッドおよび棒	AMS 5759 MIL-C-24252D
被覆アーク溶接棒	AMS 5797
裸溶接棒およびワイヤ	AMS 5796
継目なしパイプおよびチューブ	-
溶接パイプおよびチューブ	-
継手類	-
鍛造材	AMS 5759
DIN	-
その他	NACA MR0175/ISO 15156

## 基準

HAYNES® 25 合金 (R30605)	
MMPDS	6.4.1

## 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てはなりません。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。