

HAYNES® 556® 合金

主な特徴

高強度および耐高温腐食性

HAYNES® 556® 合金 (UNS R30556) は、良好な耐酸化性、加工性、および優れた高温強度を備えた鉄 - ニッケル - クロム - コバルト合金で、高温での硫化、浸炭および塩素含有環境に対する効果的な耐性を兼ね備えています。この合金は、溶融塩化物塩および他の塩による腐食に耐性があり、溶融亜鉛からの腐食に対して耐性があることも判明しています。

容易な加工

HAYNES® 556® 合金は、優れた成形特性と溶接特性を備えています。この合金は、ピース全体が 2150°F (1177°C) に達するのに十分な時間この温度で保持されるのであれば、鍛造あるいは熱間加工することができます。この合金の良好な延性の結果として、556® 合金は冷間加工によって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、すべての熱間または冷間加工した部品は、アニールして急冷しなければなりません。

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 (被覆電極)、および抵抗溶接を含む様々な技法で溶接することができます。

熱処理

HAYNES® 556® 合金は、特に明記しない限り、溶体化熱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°F (1177°C) で溶体化熱処理され、急冷または水冷されます。溶体化熱処理温度よりも低い温度での熱処理は、第二相の析出を引き起こす可能性があります。

用途

HAYNES® 556® 合金は、中程度から重度の腐食環境において、高温でのサービスに非常に有用な特性を兼ね備えています。用途には、都市ごみや産業廃棄物焼却炉の配管および構造部材、鉚物処理用の回転式焼成炉およびキルン、ならびに低品位燃料を燃焼する産業用ガスタービンの非回転部品があります。

化学プロセス産業においては、556® 合金は回転式焼成装置、カーボン再生装置、および高硫黄石油原料を含むプロセスに使用されています。

冶金プロセス産業においては、556® 合金は溶融亜鉛めっき備品、スピナーおよびバスケット、および高速炉のファンに広く使用されています。556® 合金は、ディーゼルエンジンの空気予熱器、コイルアニーリング炉の内側カバー、航空宇宙産業の様々な高温用途にも採用されています。

標準組成

重量 %

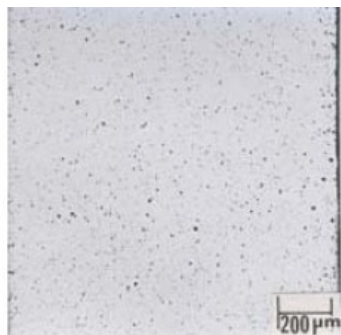
鉄:Fe	31 Balance
ニッケル:Ni	20
コバルト:Co	18
クロム:Cr	22
モリブデン:Mo	3
タングステン:W	2.5
タンタル:Ta	0.6
窒素:N	0.2
ケイ素:Si	0.4
ニオブ:Nb	0.3 max.
マンガン:Mn	1
アルミ:Al	0.2
炭素:C	0.1
ホウ素:B	0.02 max.
ランタン:La	0.02
ジルコニウム:Zr	0.02

耐硫化性

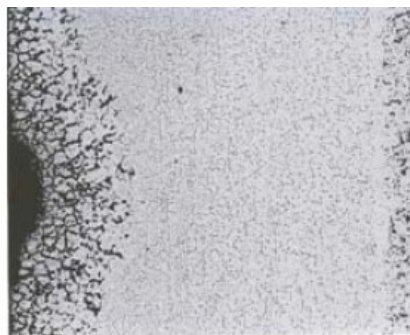
HAYNES® 556®合金は、多くの高温工業プロセスに存在する硫黄含有環境において、HAYNES® HR-160®合金に次ぐ耐性があります。これは、部分的には、比較的低いニッケ含有量に重要な添加物であるコバルト、高クロムレベル、および注意深くバランスのとれた少量の元素が加わったことが起因しています。比較のために、INCONEL®合金601、HASTELLOY® X合金、合金600 および 800H、および 310ステンレス鋼の相対的な耐硫化性を示したデータを顕微鏡写真と一緒に示します。556®合金は、1800°F(982°C)の Ar + 5%H₂ + 5%CO + 1%CO₂ + 0.15%H₂S + 0.1%H₂O の試験ガス中に215時間暴露した後でも僅かな硫化物の浸透あるいは損耗しかありません。対照的に、INCONEL®合金601のような合金は完全に破壊され、他の材料は著しい損耗および硫化物の浸透または孔食を生じました。

耐硫化性(続き)

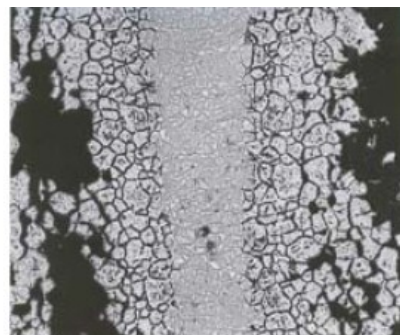
1800°F (982°C) で 215 時間暴露したときの耐硫化性の比較
(顕微鏡写真の幅は元の試料厚さを示しています。)



HAYNES® 556® 合金
平均腐食層厚さ＝
2.0 mils(50 μm)/片側



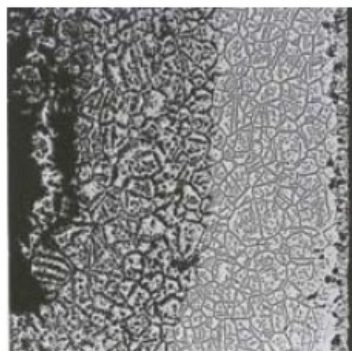
310ステンレス鋼
平均腐食層厚さ＝
7.4 mils(190 μm)/片側



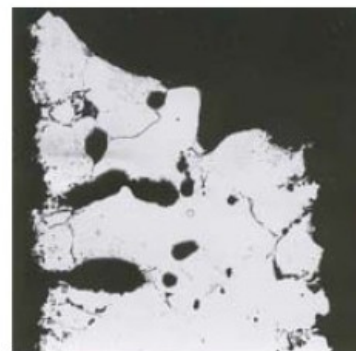
合金 800H
平均腐食層厚さ＝
23.2 mils(590 μm)/片側



HAYNES® X 合金
平均腐食層厚さ＝
>22 mils(560 μm)/片側



INCONEL® 合金 601
平均腐食層厚さ＝
>22 mils(560 μm)/片側



合金 600
平均腐食層厚さ＝
>22 mils(560 μm)/片側

他の温度での耐硫化性*

合金	1400°F (760°C)				1600°F (871°C)			
	メタルロス		平均腐食層厚さ**		メタルロス		平均腐食層厚さ**	
-	mils	μm	mils	μm	mils	μm	mils	μm
HR-160®	0.2	5	1.1	30	0.1	3	3.8	95
556®	2.5	65	3.8	95	5.2	130	11.7	295
310 SS	6.2	155	9.2	230	9.5	240	13.5	345
800H	7.1	180	11.2	285	11.7	295	19.2	490
X	>29.5	>750	貫通		>21.7	>550	消滅	
600	>21.7	>560	貫通		>21.7	>550	消滅	
601	>29.5	>750	貫通		>21.7	>550	貫通	

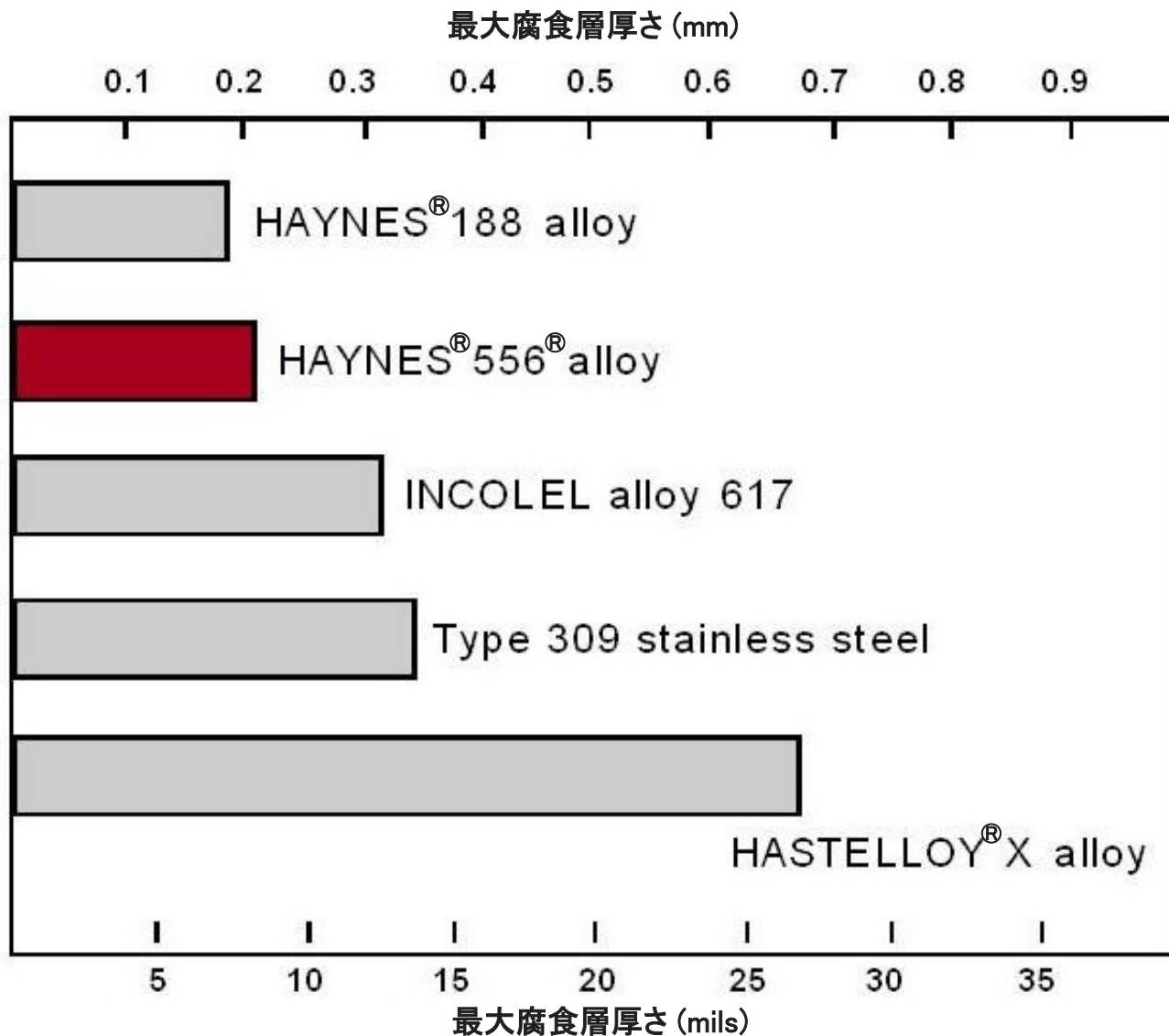
* Ar + 5%H₂ + 5%CO + 1%CO₂ + 0.15%H₂S + 0.10%H₂O 中に215時間暴露

** メタルロス + 平均内部腐食深さ

耐硫化性(続き)

実地経験- 都市ごみ焼却炉

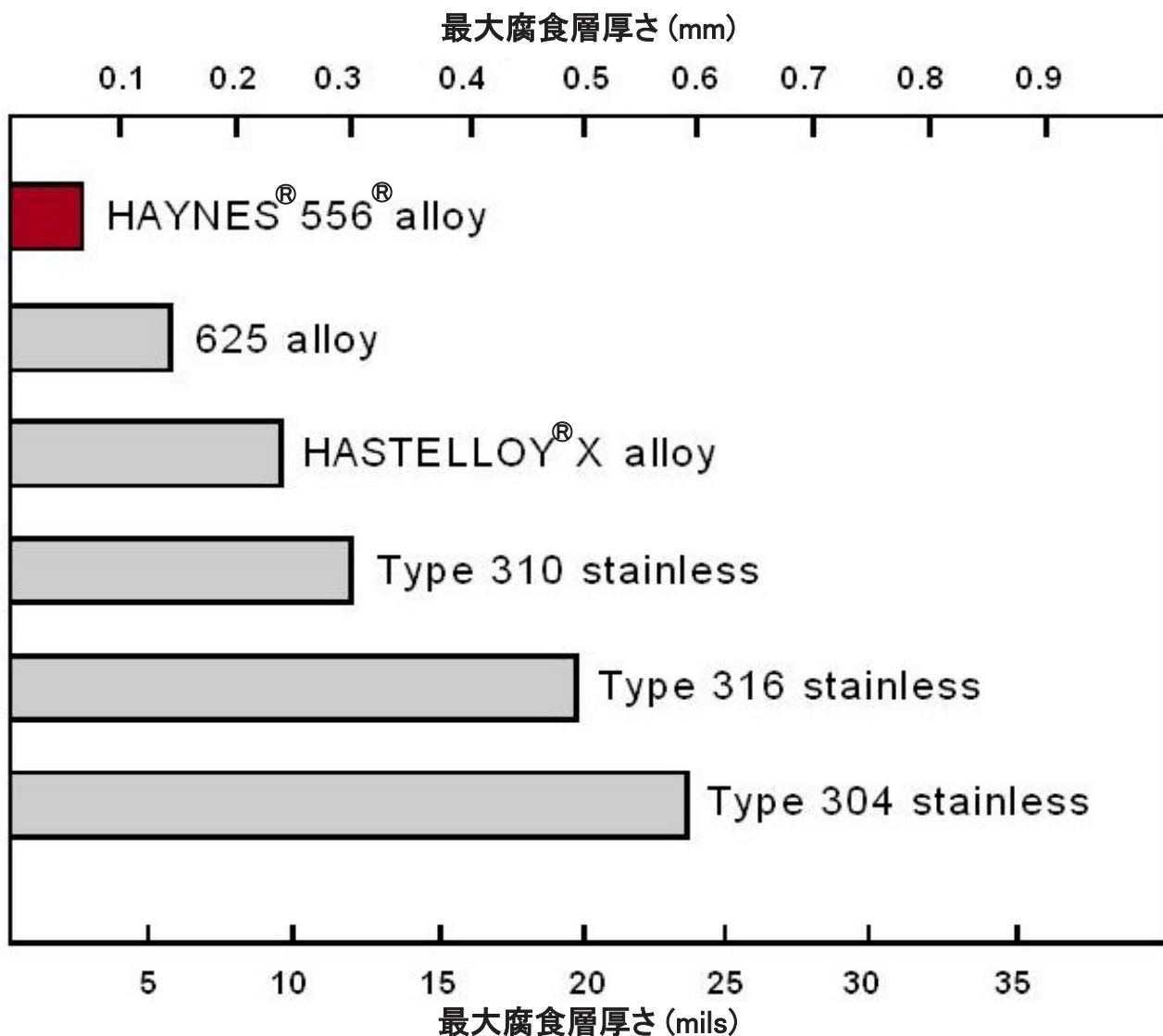
都市ごみ焼却炉の過熱器部分で試料を950時間暴露しました。燃焼ガス温度は約1475°F (802°C)で、1740°F(949°C)までの変動がありました。塩化アルカリ化合物が存在することが知られていましたが、観察された腐食の様式は酸化/硫化でした。HAYNES® 556®合金は、この腐食性の高い環境に耐えうる最高の合金の1つであることが判明しました。



耐硫化性(続き)

実地経験 - アルミ再溶解炉

チューブの試料を、1250°F(677°C)の煙道ガスを生成するアルミニウム再溶解炉の再生器中に1150時間、暴露しました。チューブの試料は、作動中の再生器チューブと同じように燃焼予熱空気によって内部冷却されました。観察された腐食の様式は、アルカリ硫酸塩と塩化物による腐食と、酸化との組み合わせによるものでした。HAYNES® 556®合金はこの環境での腐食に対して傑出した耐性を示しました。

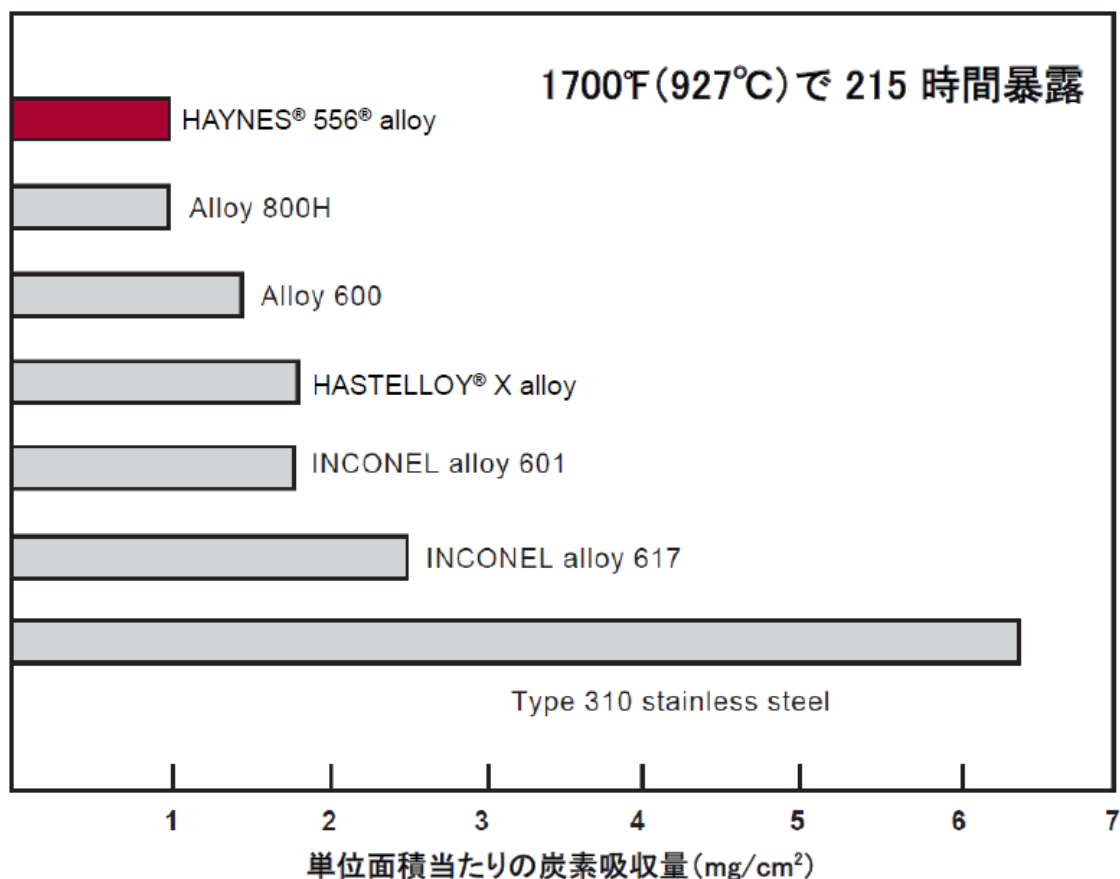


耐浸炭性

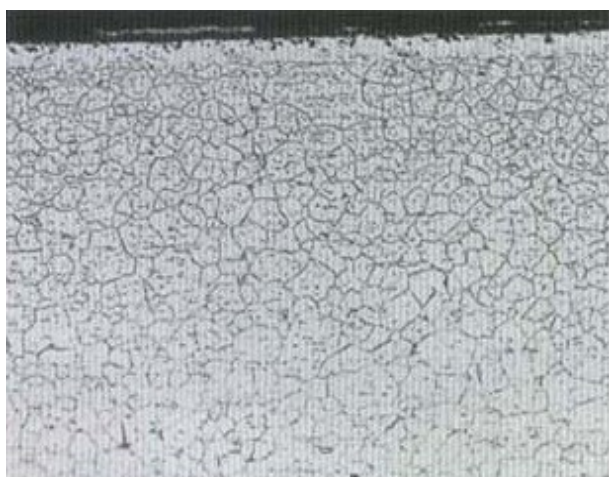
混合ガス浸炭試験

浸炭ガス混合気に対して1700°F(927°C)および1800°F(982°C)の両方で暴露した後の556®合金で観察された炭素吸収量は、試験した他のほとんどの材料よりも著しく低いものでした。これは、以下のページのグラフに示されています。これらの試験の場合、暴露は(体積%で)5.0% H₂、5.0% CO、5.0% CH₄および残りがアルゴンからなるガス環境で行いました。1800°F(982°C)および1気圧における計算による平衡組成(体積%)は、14.2% H₂、4.8% CO、0.003% CO₂、0.026% CH₄、0.011% H₂Oおよび残りがアルゴンでした。炭素の活性は1.0であり、酸素の分圧は1800°F(982°C)で 9×10^{-22} 気圧でした。

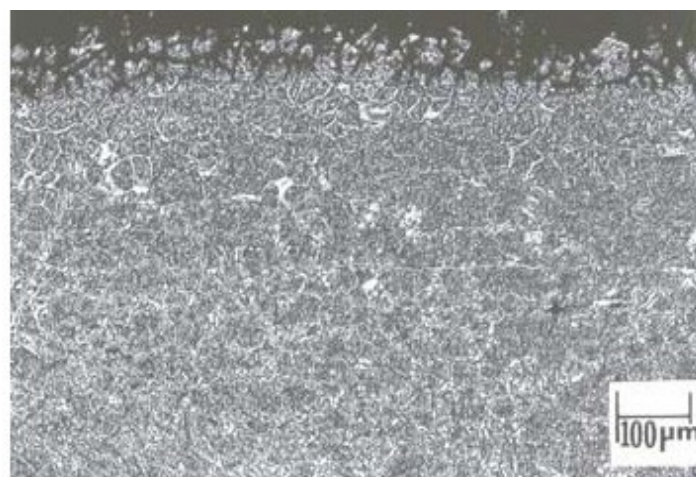
1700°F(927°C)での混合ガス浸炭試験結果の比較



1700°F(927°C)で 215 時間暴露した後の典型的な浸炭したマイクロ組織(エッチング無し)



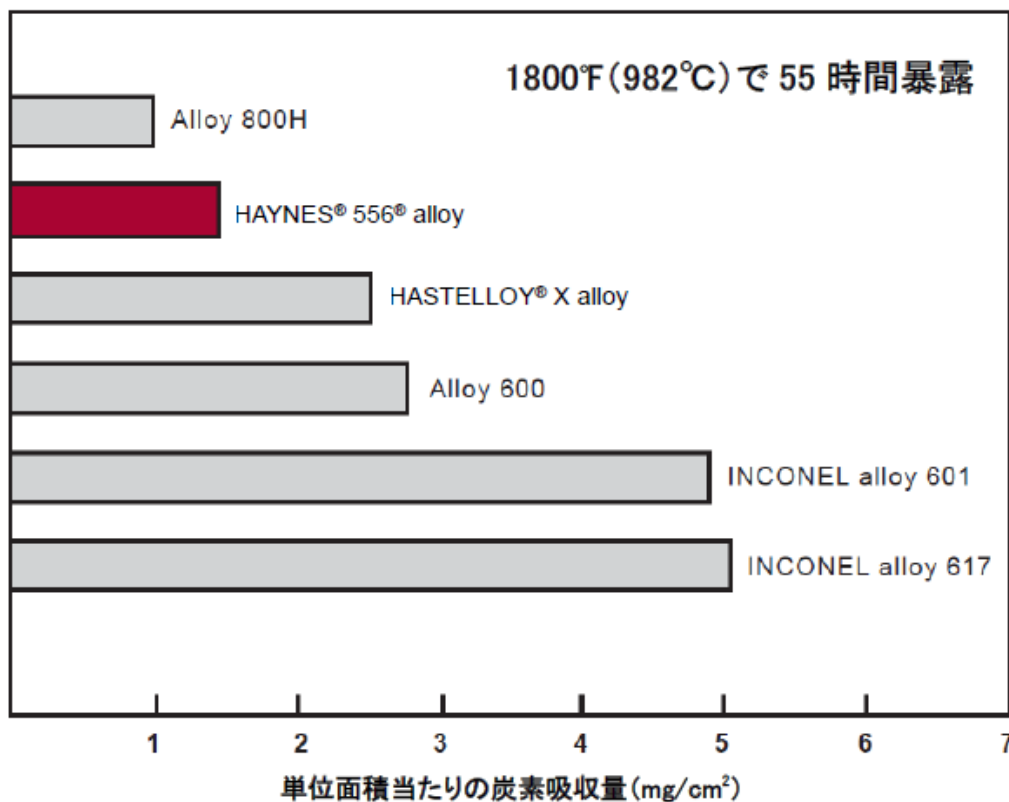
HAYNES® 556® alloy



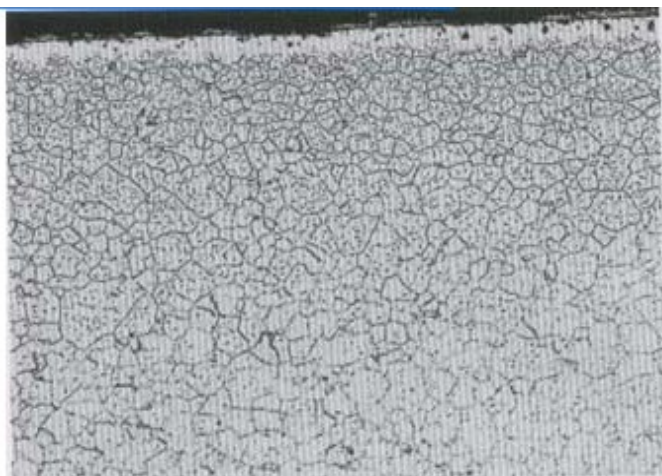
Type 310 Stainless Steel

耐浸炭性(続き)

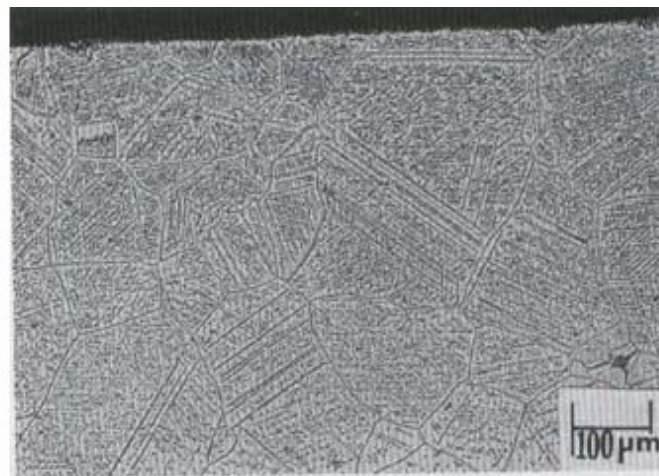
1800°F(982°C)における混合ガス浸炭試験結果の比較



1800°F(982°C)で 55 時間暴露した後の典型的な浸炭したマイクロ組織(エッチング無し)



HAYNES® 556® alloy



INCONEL alloy 617

注: alloy 617は、試料の中央部を浸炭

耐酸化性

HAYNES® 556® 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を示し、2000°F (1093°C) 以下の温度での長期間の暴露に対して使用することができます。短期間の暴露に対しては、556® 合金は、もっと高い温度で使用できます。

空気流中での耐酸化性の比較*

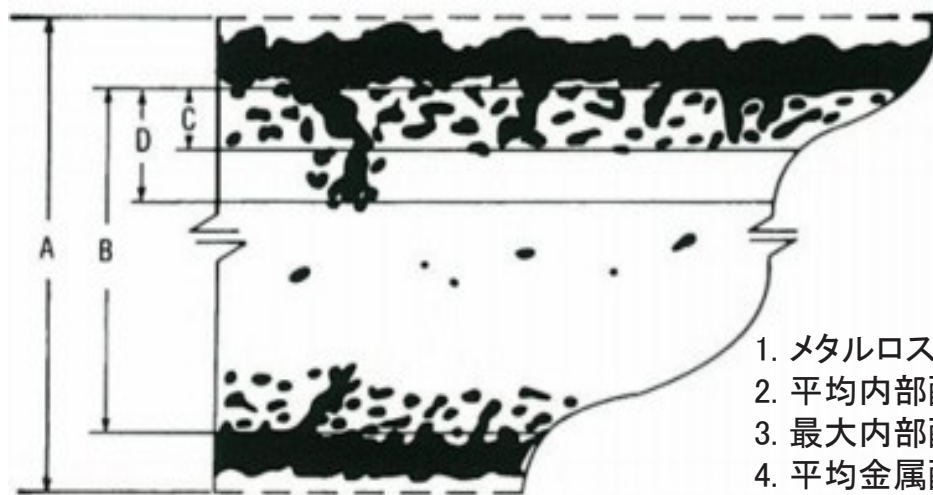
空気流中*の耐酸化性比較, 1008 時間								
合金	1800°F (982°C)				2000°F (1093°C)			
	平均酸化層厚さ**		メタルロス		平均酸化層厚さ**		メタルロス	
	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm
X	1.5	38	0.2	5	4.4	112	1.3	33
601	1.7	43	0.4	10	3.8	97	1.3	33
556®	2.3	58	0.4	10	6.9	175	1.5	38
446 SS	2.3	60	1.3	35	14.4	366	13	330
RA330®	3	76	0.3	8	6.7	170	0.8	20
800HT	4.1	104	0.5	13	11.6	295	7.6	193
304 SS	8.1	206	5.5	140	> 19.6	> 498	N/A	N/A
316 SS	14.2	361	12.3	312	> 17.5	> 445	N/A	N/A

試料は、1週間に1回のサイクルで室温まで冷却

* 試料を通過する空気の流速は、7.0 ft/min (212.0 cm/min)

** メタルロス + 平均内部酸化深さ

環境試験の評価に使用した金属組織学的技法の模式図

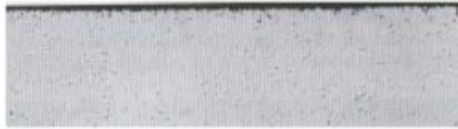


1. メタルロス = $(A - B)/2$
2. 平均内部酸化深さ = C
3. 最大内部酸化深さ = D
4. 平均金属酸化層厚さ = $((A - B)/2) + C$
5. 最大金属酸化層厚さ = $((A - B)/2) + D$

耐酸化性(続き)

1800°F(982°C) の空気流中に 1008 時間暴露した時の耐酸化性の比較

下に示すマイクロ組織は、試料を7.0 ft/min (212.0 cm/min)の速度で通過する1800°F(982°C)の空気流中に1008時間暴露した試験片のものです。試験片を熔融塩溶液中に浸している間、試験片を陰極チャージして試料を脱スケールしました。各写真の上部に示された黒い領域は、酸化による実際のメタルロスを表しています。データは、HAYNES® 556®合金が前ページの表に示した他の鉄基合金だけでなく、RA330®合金および304ステンレス鋼の両方よりも優れていることを明確に示しています。



HAYNES® 556® alloy

平均酸化層厚さ
= 2.3 mils (58 μm)



RA330 alloy

平均酸化層厚さ
= 3.0 mils (76 μm)



Type 304 Stainless Steel

平均酸化層厚さ
= 8.1 mils (206 μm)

酸化試験のパラメータ

バーナーリグ試験では、0.375 in x 2.5 in x 特定厚さ (9.5mm x 64mm x 特定厚さ) の複数の試料を回転する保持装置に取付け、燃料油 (No. 1燃料油:2、No. 2燃料油:1の混合油)を約50:1の空燃比で燃焼させてできる燃焼ガス中に曝します。(燃焼ガスの流速は、マッハ数が約0.3です。) 試料は30分毎に自動的に燃焼ガス流から取り出され、ファンで 500 °F (260 °C) 以下に冷却された後、燃焼ガス流中に戻されます。

耐酸化性(続き)

動的酸化の比較

合金	1600°F (871°C), 2000 h, 30分サイクル				1800°F (982°C), 1000 h, 30分サイクル				2000°F (1093°C), 500 h, 30分サイクル				2100°F (1149°C), 200 h, 30分サイクル			
	メタルロス		平均酸化層厚さ		メタルロス		平均酸化層厚さ		メタルロス		平均酸化層厚さ		メタルロス		平均酸化層厚さ	
	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm
188	1.1	28	2.9	74	1.1	28	3.2	81	10.9	277	13.1	333	8	203	9.7	246
230	0.9	23	3.9	99	2.8	71	5.6	142	7.1	180	9.9	251	6.4	163	13.1	333
617	2	51	7.8	198	2.4	61	5.7	145	13.3	338	20.9	531	13.8	351	15.3	389
625	1.2	30	2.2	56	3.7	94	6	152	-	-	消滅		-	-	-	-
556®	1.5	38	3.9	99	4.1	104	6.7	170	9.9	251	12.1	307	11.5	292	14	356
X	1.7	43	5.3	135	4.3	109	7.3	185	11.6	295	14	356	13.9	353	15.9	404
HR-120®	-	-	-	-	6.3	160	8.3	211	-	-	-	-	-	-	-	-
RA330®	2.5	64	5	127	8.7	221	10.5	267	15.4	391	17.9	455	11.5	292	13	330
HR-160®	-	-	-	-	5.4	137	11.9	302	12.5	-	18.1	460	8.7	221	15.5	394
310SS	6	152	7.9	201	16	406	18.3	465	-	-	-	-	-	-	消滅	
800H	3.9	99	9.4	239	22.9	582	板厚を貫通		-	-	300時間後に消滅		-	-	消滅	

360 日間 (8,640h) 空気流中に暴露した耐熱合金薄板(0.060-0.125") の酸化量*

合金	1600°F (871°C)				1800°F (982°C)				2000°F (1093°C)			
	メタルロス**		平均酸化層厚さ***		メタルロス**		平均酸化層厚さ***		メタルロス**		平均酸化層厚さ***	
	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm	mils	µm
230®	0.2	5	1.4	36	0.1	3	2.5	64	3.4	86	11	279
HR-120®	0.3	8	1.6	41	0.5	13	3.3	84	18.1	460	23.2	589
188	0.2	5	1.8	46	-	-	-	-	-	-	-	-
556®	0.3	8	1.9	48	0.5	13	6.2	157	15	381	24.1	612
X	0.3	8	2.2	56	0.2	5	2.8	71	17.1	434	26.2	665
800HT	0.4	10	2.9	74	-	-	-	-	-	-	-	-

* 試料を通過する空気流の速度は、7.0 ft/min (213.4 cm/min)

試料は1か月に1回のサイクルで室温まで冷却

** メタルロスは、最後と最初の金属の厚さから計算; すなわち、ML = (OMT - FMT) / 2

*** 平均酸化層厚さは、メタルロスと平均内部酸化深さの合計

塩素含有環境に対する耐性

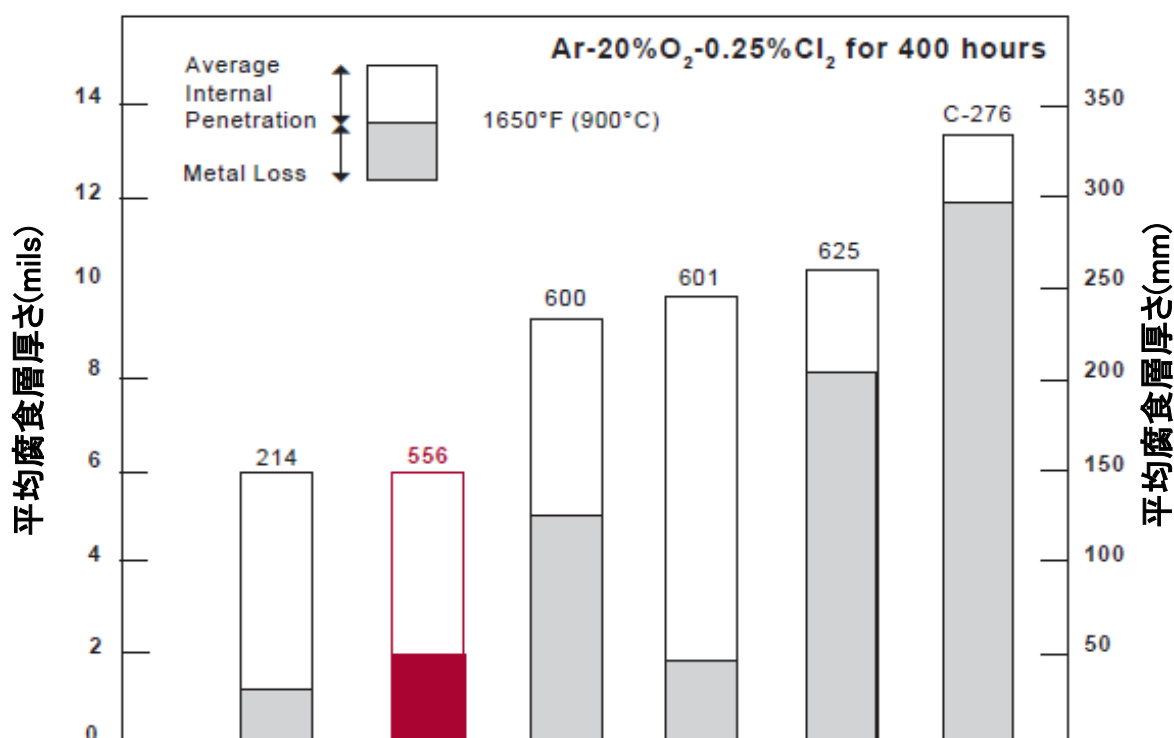
HAYNES® 556®合金は、塩素を含む高温酸化環境に対して耐性があると考えられます。556®合金は、1650°F(899°C)より上の温度では HAYNES® 214®合金ほど耐性はありませんが、1650°F(899°C)以下の温度では214®合金に匹敵する耐性を持っています。このことは、Ar + 20% O₂ + 0.25% Cl₂のガス混合気流中において、1650°F(899°C)で400時間暴露した試験結果によって示されています。556®合金は、合金 600、625、INCONEL 合金601および HASTELLOY® C-276合金を含む、試験した合金の大部分と比較してメタルロスが非常に少ないことに留意してください。



Alloy 600



HAYNES® 556® alloy



その他の環境に対する耐性

溶融塩化物塩

HAYNES® 556® 合金は、溶融塩浴熱処理設備での実際のフィールド試験に基づけば、1550°F (843°C) 以下の温度で中性の NaCl-KCl-BaCl₂ タイプの熱処理塩に対して適度な耐性を示します。試験片は、30日間暴露されました。

合金	平均腐食層厚さ	
	mils	mm
-		
188	28	0.7
X	38	1
556®	42	1.1
304 SS	74	1.9
310 SS	79	2
600	94	2.4
INCONEL® 601	115	2.9

リンを含む燃焼環境

トリポリリン酸ナトリウム化合物の乾燥に用いられる流動床乾燥機の燃焼器中で行われたフィールド試験の結果に基づけば、HAYNES® 556® 合金は、リン酸を含んだ低融点の共晶の形成によって生じる腐食に対して非常に良好な耐性を示します。試料は、約1475°F (802°C) の温度で30日間暴露されました。

合金	最大腐食層厚さ	
	mils	µm
-		
X	3	75
556®	6	150
214®	8	205
S	9	230
188	9	230
800H	11	280
304 SS	15	380

溶融亜鉛

溶融亜鉛に対する耐性は、亜鉛メッキ作業に使用する構造部品に対する重要な考慮事項です。そのような作業に対する適性を判断するために、溶融亜鉛中において、850°F (454°C) で50時間の実験室試験を実施しました。結果を以下に示します:

合金	メタルロス*	
	mils	µm
-		
556®	1.6	41
25	2.3	58
188	2.5	64
1010 炭素鋼	9.2	234
446 SS	9.3	236

合金	メタルロス*	
	mils	µm
-		
800H	11	280
304 SS	14.1	358
625	>24.0**	>610**
X	>24.0**	>610**

**溶解

*試験したどの合金も内部腐食は認められず

物理的特性

物理的特性	英国単位		メートル単位	
密度	RT	0.297 lb/in ³	RT	8.23 g/cm ³
溶融範囲	2425-2580°F	-	1329-1416°C	-
電気抵抗	RT	35.7 μ ohm-in	RT	95.2 μ ohm-cm
	200°F	38.7 μ ohm-in	100°C	98.6 μ ohm-cm
	400°F	40.5 μ ohm-in	200°C	102.6 μ ohm-cm
	600°F	42.1 μ ohm-in	300°C	106.5 μ ohm-cm
	800°F	43.5 μ ohm-in	400°C	109.5 μ ohm-cm
	1000°F	44.7 μ ohm-in	500°C	112.5 μ ohm-cm
	1200°F	45.7 μ ohm-in	600°C	115.1 μ ohm-cm
	1400°F	46.6 μ ohm-in	700°C	117.2 μ ohm-cm
	1600°F	47.3 μ ohm-in	800°C	119.0 μ ohm-cm
	1800°F	48.0 μ ohm-in	900°C	120.7 μ ohm-cm
	2000°F	48.6 μ ohm-in	1000°C	122.3 μ ohm-cm
	-	-	1100°C	123.7 μ ohm-cm
熱拡散率	RT	4.5 x 10 ⁻³ in ² /s	RT	28.7 x 10 ⁻³ cm ² /s
	200°F	4.8 x 10 ⁻³ in ² /s	100°C	31.2 x 10 ⁻³ cm ² /s
	400°F	5.3 x 10 ⁻³ in ² /s	200°C	34.2 x 10 ⁻³ cm ² /s
	600°F	5.8 x 10 ⁻³ in ² /s	300°C	37.0 x 10 ⁻³ cm ² /s
	800°F	6.3 x 10 ⁻³ in ² /s	400°C	39.7 x 10 ⁻³ cm ² /s
	1000°F	6.7 x 10 ⁻³ in ² /s	500°C	42.3 x 10 ⁻³ cm ² /s
	1200°F	7.1 x 10 ⁻³ in ² /s	600°C	44.8 x 10 ⁻³ cm ² /s
	1400°F	7.5 x 10 ⁻³ in ² /s	700°C	47.0 x 10 ⁻³ cm ² /s
	1600°F	7.7 x 10 ⁻³ in ² /s	800°C	48.8 x 10 ⁻³ cm ² /s
	1800°F	8.0 x 10 ⁻³ in ² /s	900°C	50.3 x 10 ⁻³ cm ² /s
	2000°F	8.2 x 10 ⁻³ in ² /s	1000°C	51.6 x 10 ⁻³ cm ² /s
	-	-	1100°C	52.8 x 10 ⁻³ cm ² /s
	RT	77 Btu-in/ft ² -hr-°F	RT	11.1 W/m-°C
	200°F	90 Btu-in/ft ² -hr-°F	100°C	13.1 W/m-°C
熱伝導率	400°F	107 Btu-in/ft ² -hr-°F	200°C	15.4 W/m-°C
	600°F	122 Btu-in/ft ² -hr-°F	300°C	17.3 W/m-°C
	800°F	135 Btu-in/ft ² -hr-°F	400°C	19.0 W/m-°C
	1000°F	148 Btu-in/ft ² -hr-°F	500°C	20.8 W/m-°C
	1200°F	160 Btu-in/ft ² -hr-°F	600°C	22.4 W/m-°C
	1400°F	173 Btu-in/ft ² -hr-°F	700°C	24.0 W/m-°C
	1600°F	185 Btu-in/ft ² -hr-°F	800°C	25.5 W/m-°C
	1800°F	197 Btu-in/ft ² -hr-°F	900°C	27.2 W/m-°C
	2000°F	210 Btu-in/ft ² -hr-°F	1000°C	28.9 W/m-°C
	-	-	1100°C	30.4 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	0.111 Btu/lb-°F	RT	464 J/kg·°C
	200°F	0.113 Btu/lb-°F	100°C	475 J/kg·°C
	400°F	0.118 Btu/lb-°F	200°C	493 J/kg·°C
	600°F	0.122 Btu/lb-°F	300°C	508 J/kg·°C
	800°F	0.126 Btu/lb-°F	400°C	523 J/kg·°C
	1000°F	0.130 Btu/lb-°F	500°C	538 J/kg·°C
	1200°F	0.133 Btu/lb-°F	600°C	552 J/kg·°C
	1400°F	0.135 Btu/lb-°F	700°C	561 J/kg·°C
	1600°F	0.140 Btu/lb-°F	800°C	570 J/kg·°C
	1800°F	0.147 Btu/lb-°F	900°C	595 J/kg·°C
	2000°F	0.152 Btu/lb-°F	1000°C	618 J/kg·°C
	-	-	1100°C	638 J/kg·°C
平均熱膨張係数	70-200°F	8.1 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-100°C	$14.7 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-400°F	8.2 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-200°C	$14.9 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-600°F	8.4 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-300°C	$15.1 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-800°F	8.6 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-400°C	$15.4 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-1000°F	8.8 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-500°C	$15.7 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-1200°F	9.0 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-600°C	$16.1 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-1400°F	9.2 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-700°C	$16.4 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-1600°F	9.4 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-800°C	$16.7 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-1800°F	9.5 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-900°C	$17.0 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	70-2000°F	9.6 $\mu\text{in/in} \cdot ^\circ\text{F}$	25-1000°C	$17.1 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	-	-	25-1100°C	$17.1 \times 10^{-6} \text{m/m} \cdot ^\circ\text{C}$
	-	-	-	-
動弾性率	RT	$29.7 \times 10^6 \text{psi}$	RT	205 GPa
	200°F	$29.1 \times 10^6 \text{psi}$	100°C	200 GPa
	400°F	$28.2 \times 10^6 \text{psi}$	200°C	195 GPa
	600°F	$26.9 \times 10^6 \text{psi}$	300°C	187 GPa
	800°F	$25.6 \times 10^6 \text{psi}$	400°C	179 GPa
	1000°F	$24.4 \times 10^6 \text{psi}$	500°C	172 GPa
	1200°F	$23.1 \times 10^6 \text{psi}$	600°C	164 GPa
	1400°F	$21.8 \times 10^6 \text{psi}$	700°C	155 GPa
	1600°F	$20.9 \times 10^6 \text{psi}$	800°C	148 GPa
	1800°F	$20.1 \times 10^6 \text{psi}$	900°C	143 GPa
	-	-	1000°C	138 GPa
	-	-	-	-

RT= 室温

用途



HAYNES® 556® 合金は、1650°F (899°C) で運転されるゴミ焼却灰取り扱いシステムの部品に適用されました。その結果、寿命はそれまで使用されていたステンレス鋼の2倍以上に伸びました。



1700~1800°F (927~982°C) の数多くの雰囲気耐えるために、この HAYNES® 556® 合金製の熱処理炉用高温ファンが選定されました。



HAYNES® 556® 合金製の耐火材アンカーは、製油所の廃水から高硫濃度の硫黄ガスを除去するこのテールガスバーナ中で他の合金より優れています。



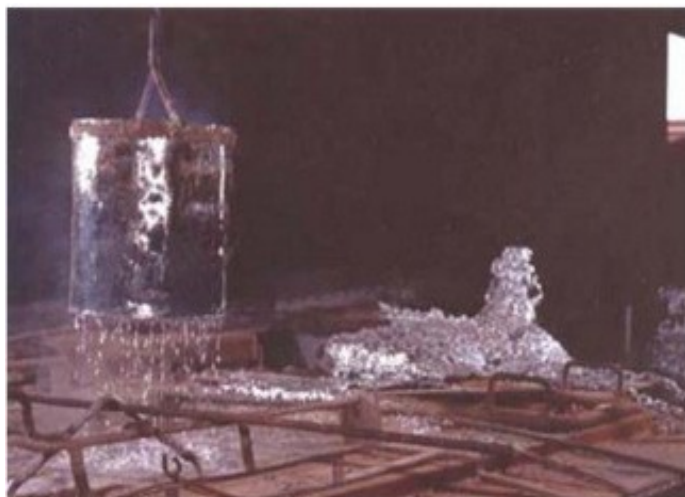
HAYNES® 556® 合金被膜が、二酸化チタンプラントの配管系のエルボウを保護しています。556® 合金で被覆したエルボウは、コバルト基合金で耐摩耗加工したエルボウと同じ程度の期間耐えています。エルボウの内面は、研磨性の TiO_2 および腐食性の Cl_2 により 1600°F (871°C) 以下の温度で洗われます。

用途(続き)



556®合金製の真空浸炭炉レトルト。

溶融塩中で航空機部品を部品を1600°F～ 600°F(871°C～316°C)で熱処理するための556®合金製のこの塩浴熱処理バスケットは、1600°F(871°C)における556®合金の優れた延性、耐熱疲労性および改良された強度レベルにより、ステンレス鋼よりも3倍性能が優れています。



HAYNES® 556®合金製のスピナーバスケットは、溶融亜鉛メッキするために850°F(454°C)の溶融亜鉛中を断続的に繰り返して通ります。16か月間の作業後、556®合金製バスケットは、溶融亜鉛に暴露したことによる計測可能なメタルロスがありませんでした。



556®合金によるMULTIMET®合金製産業用タービン静翼のアップグレード。

引張特性

板厚が 0.033~0.109 in. (0.8~2.8 mm) の冷間圧延および溶体化処理した薄板*

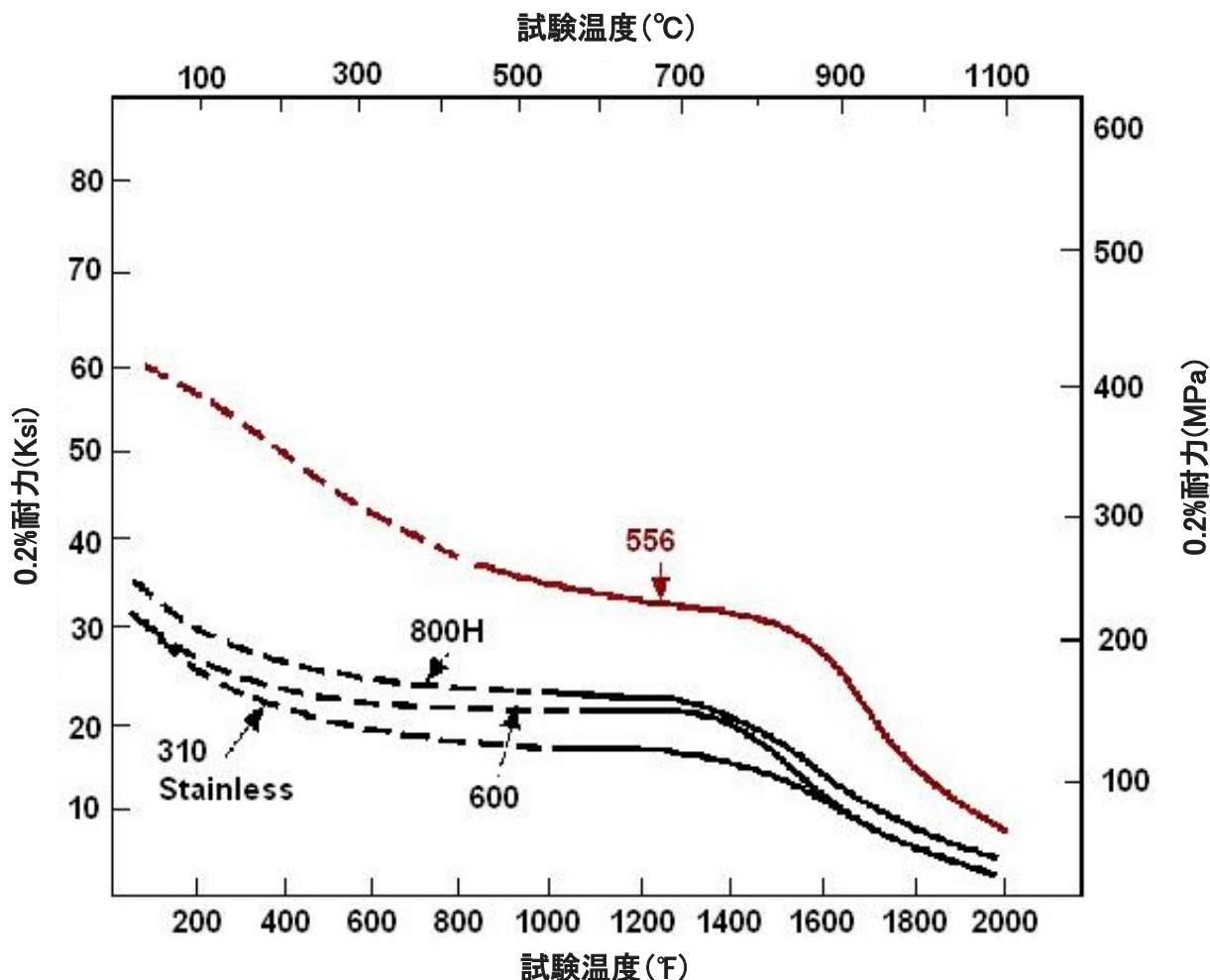
試験温度		0.2% 耐力		極限引張強度		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	59.5	410	118.1	814	47.7
1000	538	34.9	241	93.4	644	54.4
1200	649	32.8	226	85.4	589	52.4
1400	760	32	221	68.5	472	49.1
1600	871	28.6	197	47.6	328	52.6
1800	982	15.5	107	28	193	63.3
2000	1093	8	55	14.8	102	55.4

* 1条件当たり10回またはそれ以上の試験結果に基づく

RT= 室温

薄板の高温引張試験を、今では標準ではない歪み速度で実施しました。これらの結果は、降伏するまではひずみ速度を 0.005 in/in/min、降伏から破断に至るまでは、幅を狭くしたテストセクション各部に対してクロスヘッド速度が 0.5 in/min になるようにした試験から得られたものです。現在の基準は、降伏するまでは 0.005 in/in/minのひずみ速度が、降伏から破断に至るまでは、幅を狭くしたテストセクションの各部に対して 0.05 in/min のクロスヘッド速度が用いられます。

0.2%耐力の比較(薄板)



引張特性(続き)

熱間圧延および溶体化処理した厚板

試験温度		極限引張強度		0.2% 耐力		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	114.6	790	54.1	373	51.3
1000	538	95.6	659	33.7	232	58.2
1200	649	87.2	601	33.2	229	55.1
1400	760	63.1	435	34	234	57.4
1600	871	37.4	258	26.9	185	87.9
1800	982	20.3	140	13.2	91	96.2
2000	1093	11.2	77	6.7	46	90.3

RT= 室温

クリープおよびラプチャー特性

溶体化処理した薄板、厚板および棒

試験温度		クリープ	下記時間内に所定のクリープを生じる近似初期応力:							
°F	°C	%	10 h		100 h		1000 h		10,000 h	
			ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1200	649	0.5	44	303	32	221	24	165	-	-
		1	49	338	35	241	25.5	176	18.5	128
		Rupture	-	-	53	365	38	262	27.5	190
1300	704	0.5	29	200	21	145	15	103	-	-
		1	33	228	24	165	17.5	121	12.5	86
		Rupture	52	359	37	255	26	179	17	117
1400	760	0.5	19	131	13.5	93	9.4	65	-	-
		1	22	152	16	110	11.5	79	8.5	59
		Rupture	35	241	25	172	17.5	121	11.9	82
1500	816	0.5	13	90	9	62	6.5	45	-	-
		1	15	103	11	76	8.2	57	6	41
		Rupture	25	172	17	117	11.8	81	7.6	52
1600	871	0.5	8.9	61	6.4	44	4.6	32	-	-
		1	10	69	7.5	52	5.5	38	4.1	28
		Rupture	17	117	11.5	79	7.5	52	4.9	34
1700	927	0.5	6.2	43	4.5	31	3.2	22	-	-
		1	7.2	50	5	34	3.5	24	2.5	17
		Rupture	12	83	7.6	52	4.8	33	3	21
1800	982	0.5	4.4	30	3	21	2	14	-	-
		1	5	34	3.4	23	2.3	16	1.6	11
		Rupture	7.5	52	4.8	33	3	21	1.9	13

衝撃特性

合金	室温 V-ノッチ衝撃強度 ¹	
-	ft.-lbs.	J
800H	239 ²	324 ²
600	180	244
556 [®]	177 ²	240 ²
188	143	194
S	140	190
625	81	110
X	54	73

¹ 4回またはそれ以上の試験の平均

² 試料は破壊せず

熱安定性

HAYNES® 556® 合金は、中間温度で長期間熱暴露された後でも適度な延性を保持します。この合金は、1000～1600°F (538～871°C) で16,000時間暴露された後でさえ、顕著なシグマ相の形成を示しません。固溶体から析出する主相は、炭化物および炭窒化物です。

熱暴露した後の棒材の室温引張特性*

試験温度		暴露時間	0.2% 耐力		極限引張強度		伸び
°F	°C	h	ksi	MPa	ksi	MPa	%
1200	649	0	62.5	431	113.4	782	46.5
		1000	59.7	412	120.5	831	36
		4000	57.4	396	121.2	836	33
		8000	59.8	412	127.3	878	29.4
1400	760	0	62.5	431	113.4	782	46.5
		1000	60.8	419	128.7	887	24.8
		4000	57.4	396	127.1	876	25.8
		8000	54.6	376	125.1	863	24.7
1600	871	0	62.5	431	113.4	782	46.5
		1000	52.3	361	112.9	778	32.8
		4000	42.8	295	111.5	769	29
		8000	43.9	303	108.1	745	29.5

* 各条件で3回試験した平均

16,000時間熱暴露した後の棒材の高温引張特性*

試験温度		0.2% 耐力		極限引張強度		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
1000	537	37.4	258	95.7	660	48
1200	648	37.8	261	88.8	612	23.4
1400	760	35.1	242	72.3	498	25.3
1600	871	21.9	151	42.1	290	29.5

*2回あるいはそれ以上の試験の平均

1000時間熱暴露した後の薄板の室温引張特性*

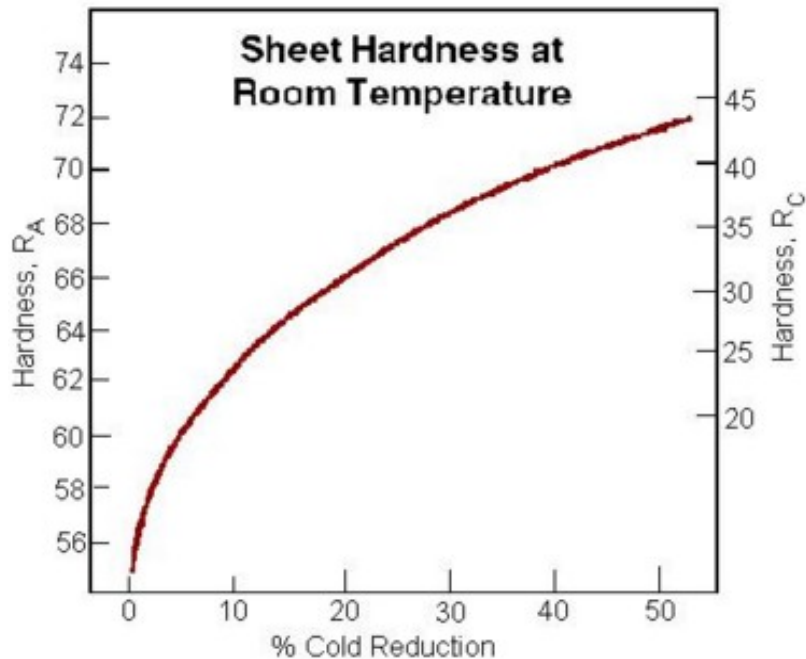
暴露温度		極限引張強度		0.2% 耐力		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
熱暴露無し	熱暴露無し	118.1	814	59.5	410	47.7
1200	648	118.4	816	53.4	368	37.9
1400	760	118.8	819	53.8	371	17
1600	871	111	765	46.6	321	20.4

*2回あるいはそれ以上の試験の平均

加工特性

HAYNES® 556®合金は、通常、断面厚さに見合った時間、2150°F(1177°C)で溶体化熱処理仕上げされます。溶体化熱処理は、約2125°F(1163°C)の低い温度で行うことができますが、結果として得られる材料特性は、それに応じて変化します。加工中のアニーリングはさらに低い温度で行うことができますが、最適な特性および組織を生成するためには、その後に仕上げの溶体化熱処理が必要です。さらなる情報が必要な場合は、“溶接および加工”のパンフレットを参照してください。

典型的な硬度特性



形態	硬度, HRB	典型的なASTM 結晶粒サイズ
薄板	91	4 - 6.5
厚板	92	3.5 - 6.5
棒	89	3 - 5.5

試験したすべての試料は溶体化処理したものです。
HRB= ロックウェル硬さ “B”

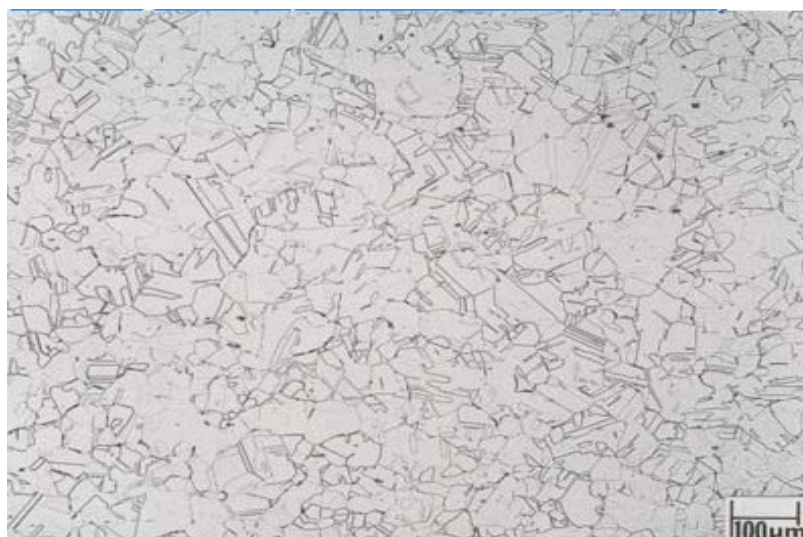
加工特性(続き)

室温引張特性に対する冷間圧延の影響*

冷間圧延率	圧延後の アニーリング温度	0.2% 耐力		極限引張強度		伸び
%		ksi	MPa	ksi	MPa	%
0	アニーリング無し	52.9	365	115	793	50.7
10		93.3	643	127.8	881	34.8
20		113.3	781	142.1	980	23.5
30		144.1	994	172.6	1190	12
40		155.8	1074	189.3	1305	10.1
50		169.7	1170	204.2	1408	8
0	1850°F (1010°C) で 5分間	52.6	363	114.7	791	44.8
10		76.9	530	121.6	838	34.3
20		88.8	612	127	876	30.3
30		92.7	639	135.2	932	26.6
40		80	551	133.3	919	30.6
50		83	572	135	931	31.7
0	1950°F (1066°C) で 5分間	52.9	365	115.8	798	45.2
10		76.8	530	122.2	845	36.9
20		76.8	530	124.7	860	34.8
30		66	455	125.1	863	38.3
40		71.4	492	128.1	883	36.7
50		77.9	537	131	903	33.4
0	2050°F (1121°C) で 5分間	54.3	374	117	807	47
10		55.3	381	117.4	809	48
20		58.4	403	120.1	828	45.4
30		63.5	438	123.6	852	43
40		66.9	461	124.7	860	42.4
50		70.8	488	126.6	873	35

*0.120 in (3.0 mm) 厚さの薄板を冷間圧延した結果に基づく。試験は繰り返し2回実施。

典型的なミクロ組織 (結晶粒サイズ: ASTM 5)、2150°F (1177°C)でアニール。



エッチング液: 95ml
HCL + シュウ酸; 5gm、4V

溶接

HAYNES® 556®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)、および抵抗溶接によって容易に溶接できます。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、クレヨンマーク、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

556®合金の接合には、組成が一致する溶加材を推奨します。シールドメタルアーク溶接に対しては、MULTIMET®溶接棒 (AMS 5795) を推奨します。556®合金とニッケル基あるいはコバルト基材料との異種金属接合に対しては、一般的には、556®溶加金属が良い選択ですが、HASTELLOY® S合金 (AMS 5838) またはHASTELLOY® W合金 (AMS 5786、5787) の溶接製品を使用することもできます。鉄基材料との異種金属溶接には、556®溶加金属を推奨します。さらなる情報が必要な場合は、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熱処理

予熱する必要はありません。予熱は、通常、室温 (典型的な作業環境条件) として規定されています。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。556®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(続き)

典型的な引張特性

条件	試験温度		極限引張強度		0.2% 耐力		伸び
	°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	
横方向引張	RT	RT	120.6	832	63.6	439	42.8
	1000	537	95.6	659	41.1	283	50.3
	1200	649	84.8	585	38.3	264	47.6
	1400	760	63.1	435	34.1	235	44.8
全溶接金属	RT	RT	107.3	739	67.3	464	43.1
	1200	649	71.4	492	44.6	308	39.4
	1400	760	55.2	381	42.4	292	55.2



適合する溶加材で溶接した厚さ 0.5 in (13 mm) の HAYNES® 556® 合金厚板の、典型的な割れの無いフェイス曲げおよびルート曲げ。
曲げ半径は、0.75 in (19 mm)。

適合規格および基準

規格

HAYNES® 556® 合金 (R30556)	
薄板、厚板および帯板	AMS 5874 SB 435/B 435 P= 45
ビレット、ロッド、および棒	AMS 5877 SB 572/B 572 B 472 P= 45
被覆アーク溶接棒	-
裸溶接棒およびワイヤ	SFA 5.9/ A 5.9 (ER3556) AMS 5831 F= 6
継ぎ目なしパイプおよびチューブ	SB 622/B 622 P= 45
溶接パイプおよびチューブ	SB 619/B 619 SB 626/B 626 P= 45
継ぎ手類	SB 366/B 366 P= 45
鍛造材	AMS 5877
DIN	No. 1.4883 X10CrNiCoMoN 22 20 18
その他	-

基準

HAYNES® 556® 合金 (R30556)			
ASME	Section I	-	
	Section III	Class 1	-
		Class 2	-
		Class 3	-
	Section IV	HF-300.2	-
	Section VIII	Div. 1	1650°F (899°C) ¹
		Div. 2	800°F (427°C) ²
	Section XII	650°F (343°C) ³	
	B16.5	1500°F (816°C) ⁴	
	B16.34	1500°F (816°C) ⁴	
	B31.1	1200°F (649°C) ⁵	
	B31.3	-	

¹承認された材料形態: 厚板、薄板、棒、溶接パイプ／チューブ、継ぎ目無しパイプ／チューブ、ボルト類

²承認された材料形態: ボルト類

³承認された材料形態: 厚板、薄板、棒、溶接パイプ／チューブ、継ぎ目無しパイプ／チューブ

⁴承認された材料形態: 厚板、棒

⁵承認された材料形態: あついた、薄板、棒、継ぎ手類、溶接パイプ／チューブ、継ぎ目無しパイプ／チューブ

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適切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。