HAYNES® HR-120® 合 金

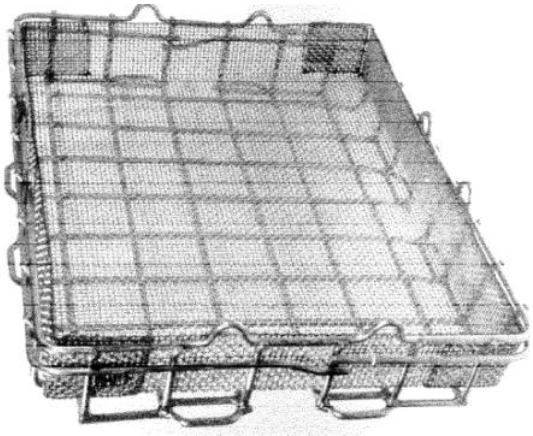
主な特徴

HAYNES® HR-120® (UNS N08120) 合金は、固溶強化型の耐熱合金で、浸炭や硫化環境に対して非常に良好な耐性を示すとともに、高温で優れた強度を発揮します。その耐酸化性は、330合金および800H合金など、他の広く使用されているFe-Ni-Cr 材料と同等ですが、2000 °F (1093 °C)までの温度における強度は、Ni-Cr 合金と比較しても著しく高いです。この合金は熱間または冷間で容易に形成することができ、HAYNES® 556® 溶加材を使用して普通に溶接できます。

用途

浸炭および硫化環境に対する良好な耐性とともに高強度を要求される、次のような用途に用いられます:

- バーフレーム型熱処理用バスケット
- ワイヤーメッシュ型ファーネスベルトおよびバスケットライナ
- マッフル、レトルト
- 熱処理器具
- 廃棄物焼却炉
- ラジアントチューブ
- キャストリンクベルト用ピン
- 熱交換器
- 流動床部品



HR-120®合金製の熱処理炉のバスケットとメッシュライナ。この3/8インチ直径のロッドフレームバスケットは、330および 600 合金製の同様デザインの1/2インチ直径のロッドフレームバスケットに置き換わりました。ロッド直径の減少は、43%の重量減と等価です。

熱処理

HAYNES® HR-120® 合金は、指定がない限り、溶体化処理した状態で提供されます。製品形態にも依りますが、この合金は 2150 ～ 2250 °F (1177 ～ 1232 °C) の温度範囲で溶体化処理されて急冷されます。熱処理に関する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。

適合規格

HAYNES® HR-120® は、ASME Section VIII, Division 1 に適合しています。厚板、薄板、帯板、棒、鍛造材、チューブ、パイプ、および継手類は、ASME 規格 SB 409, SB 408, SB 407, SB 514, SB 366, および SB 564 ならびにASTM 規格 B 409, B 408, B 407, B 514, B 366, および B 564 に適合しています。合金の UNS 番号は N08120 です。DIN 規格では、No. 2.4854 ならびに NiFe33Cr25Co です。薄板、帯板、および厚板は、AMS 5916 にも適合しています。

© 2019 Haynes International

標準組成

	重量 %
鉄:Fe	33 (Balance)
ニッケル:Ni	37
コバルト:Co	3 max.
クロム:Cr	25
モリブデン:Mo	2.5 max.
タングステン:W	2.5 max.
ニオブ:Nb	0.7
マンガン:Mn	0.7
ケイ素:Si	0.6
窒素:N	0.2
アルミニウム:Al	0.1
炭素:C	0.05
ホウ素:B	0.004

クリープラプチャーデータ

HR-120®（溶体化処理した厚板）

温度		クリープ	下記時間で所定のクリープが生じるおおよその初期応力値：							
			10 h		100 h		1,000 h		10,000 h	
°F	°C	%	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
1200	649	0.5	-	-	-	-	23	159	-	-
		1	-	-	-	-	26.5	183	-	-
		R	68	469	54	372	35	241	23	159
1300	704	0.5	-	-	20.3	140	14	97	-	-
		1	-	-	23.5	162	15.9	110	-	-
		R	45	310	32	221	21.7	150	15	103
1400	760	0.5	19.3	133	14.5	100	10.8	74	8	55
		1	22.2	153	15.8	109	12.3	85	9.5	66
		R	30	207	21.5	148	15.3	105	11	76
1500	816	0.5	13.8	95	10.5	72	8	55	5.7	39
		1	15.3	105	11.4	79	8.4	58	6.2	43
		R	21.8	150	15.3	105	11	76	7.8	54
1600	871	0.5	10.5	72	8.4	58	6.1	42	4.1	28
		1	11.4	79	9.1	63	6.5	45	4.4	30
		R	14	97	10.8	74	7.7	53	5	34
1700	927	0.5	8	55	6	41	3.9	27	2.4	17
		1	8.5	59	6.7	46	4.4	30	2.7	19
		R	11.2	77	7.8	54	5.1	35	3.1	21
1800	982	0.5	5.8	40	3.7	26	2.1	14	1.1	7.6
		1	6.2	43	4.4	30	2.5	17	1.3	9
		R	7.9	54	5.1	35	3.1	21	1.8	12
1900	1038	0.5	4	28	2.3	16	1.1	7.6	-	-
		1	4.7	32	2.5	17	1.2	8.3	0.6	4.1
		R	5.5	38	3.3	23	1.8	12	0.97	6.7
2000	1093	0.5	1.8	12	0.9	6.2	-	-	-	-
		1	-	-	1.1	7.6	-	-	-	-
		R	-	-	2	14	1.1	7.6	0.6	4.1
2100	1149	0.5	0.6	4.1	0.3	2.1	-	-	-	-
		1	-	-	0.42	2.9	-	-	-	-
		R	-	-	1.2	8.3	0.6	4.1	0.3	2.1

クリープラプチャーデータ（続き）

HR-120® （溶体化処理した薄板、限られたデータ）

温度		クリープ	下記時間で所定のクリープが生じる おおよその初期応力値:			
			100 h		1,000 h	
°F	°C	%	ksi	MPa	ksi	MPa
1400	760	1	14.6	101	10.4	72
		R	21.6	149	14.4	99
1500	816	1	11.5	79	8.8	61
		R	14.9	103	10.4	72
1600	871	1	8.2	57	6.6	46
		R	10.3	71	7.2	50
1700	927	1	6	41	4.2	29
		R	7	48	4.3	30
1800	982	1	3.3	23	2.4	17
		R	4.4	30	2.7	19

引張データ

平均引張データ、溶体化処理した薄板

試験温度		極限引張強さ		0.2% 耐力		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	104.2	718	47.5	328	46.3
1000	538	80	552	28.3	195	53.6
1200	649	73.5	507	27	186	55
1400	760	57.4	396	26.4	182	48
1600	871	32.6	225	24.7	170	67.2
1800	982	17.1	118	13.2	91	74.7
2000	1093	8.8	61	6.4	44	56.1

RT= 室温

平均引張データ、溶体化処理した厚板

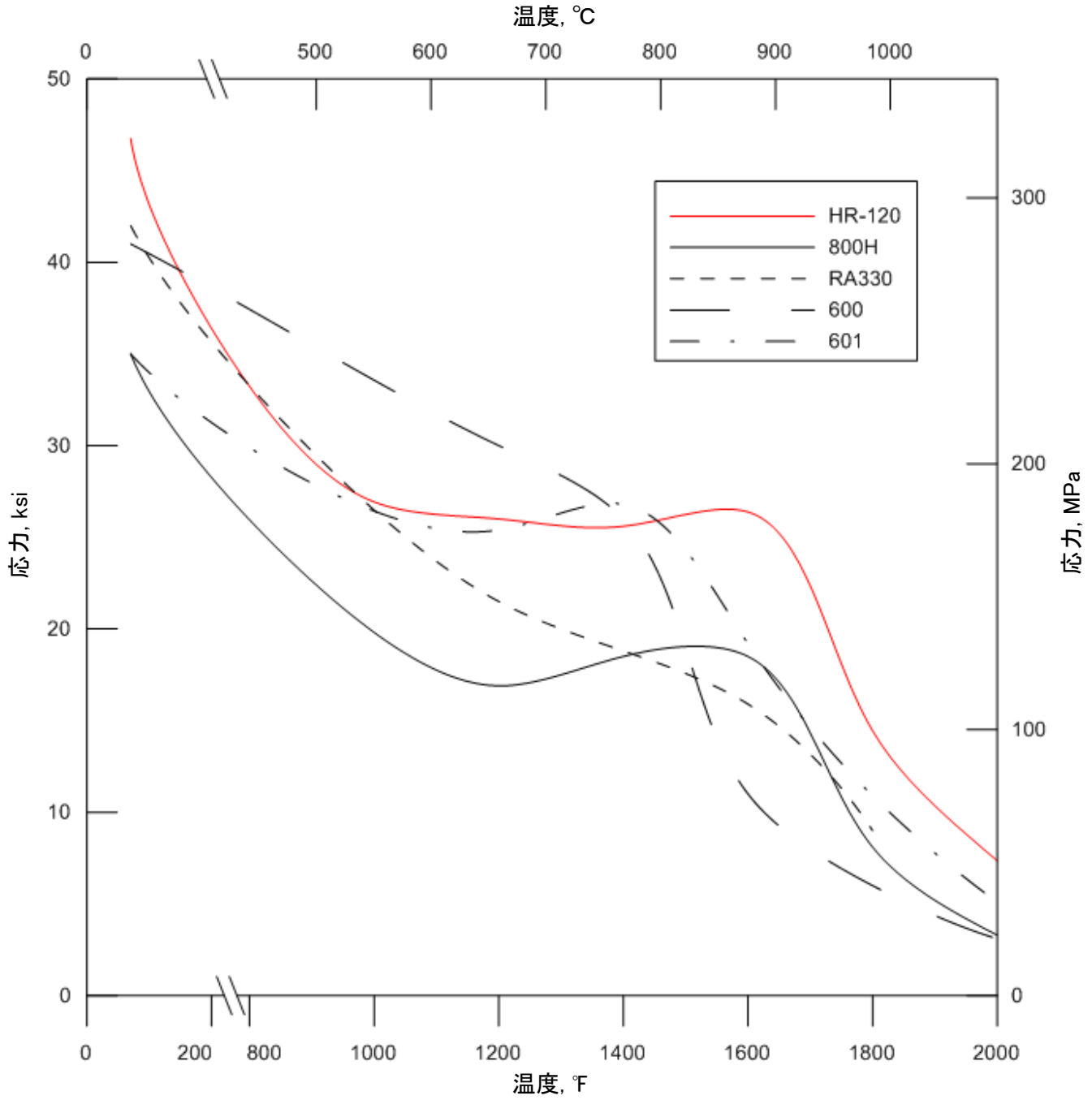
試験温度		極限引張強さ		0.2% 耐力		伸び	絞り
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%	%
RT	RT	104.3	719	46.8	322	49.8	63.3
1000	538	80.4	554	26.9	186	58.7	57.7
1200	649	72.9	503	26	179	55.4	59.6
1400	760	59.8	412	25.6	177	51.6	65.6
1600	871	35.8	247	26.4	182	71.1	72.3
1800	892	18.6	128	14.5	100	83.6	77.4
2000	1093	9.6	66	7.4	51	84.1	69.4

RT= 室温

引張データ（続き）

0.2%耐力の比較

温度	0.2% 耐力, ksi				
°F	HR-120®	800H	RA330®	600	601
70	46.8	35	42	41	35
1000	26.9	-	-	-	-
1200	26	16.9	21.5	30	25.4
1400	25.6	18.5	18.8	26	26.8
1600	26.4	18.5	15.9	11	19.2
1800	14.5	8.1	9	6	10.9
2000	7.4	3.3	-	3.1 est	5.1



硬度データ

溶体化処理した時の室温硬度

形態	硬度, HRB	代表的な ASTM 結晶粒度
薄板	88	3.5 - 5
厚板	87	0 - 5
棒	84	0 - 4.5

HRB= ロックウェル硬さ "B"

熱安定性

条件	極限引張強さ		0.2% 耐力		伸び	絞り
	ksi	MPa	ksi	MPa	%	%
溶体化処理	108	745	49	338	48.5	69
+ 1200°F/8,000 h	109.2	753	52.5	362	26.2	32.8
+ 1200°F/20,000 h	112.4	775	53.5	369	24.2	34
+ 1200°F/30,000 h	112.7	777	52.3	361	24.6	32.7
+ 1200°F/50,000 h	113	779	53.1	366	23.2	32.5
+1400°F/8,000 h	101.8	702	47.9	330	18.2	17.6
+1400°F/20,000 h	101.2	698	43.3	299	18	17.2
+1400°F/30,000 h	101.5	700	44.8	309	19.7	18.4
+1400°F/50,000 h	99.8	688	44.9	310	14.8*	10.8
+ 1600°F/8,000 h	101	696	44.7	308	22.6	22.6
+ 1600°F/20,000 h	96.9	668	40.9	282	19.4	17.9
+ 1600°F/30,000 h	96.7	667	40.3	278	22	19.5
+ 1600°F/50,000 h	94.3	650	39.8	274	20.1	18.2

*AGL（一様伸び）、小さくなる傾向がある; 他のデータは、4Dタイプ試験片の伸び

耐酸化性

静的酸化

HAYNES® HR-120® 合金は、酸化環境に対して良好な耐性を示し、2100 ℉ (1149 ℃)以下の温度で使用することができます。以下に示すのは、1600 ℉ (871 ℃)、1800 ℉ (982 ℃)、2000 ℉ (1093 ℃) および 2100 ℉ (1149 ℃) に 1008 時間曝した静的酸化試験の結果を比較したものです。

合金	1600°F (871°C)				1800°F (982°C)				2000°F (1093°C)				2100°F (1149°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		メタルロス		平均酸化層厚さ	
	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm
HR-120®	**0.1**	**0**	**0.9**	**0.02**	**0.4**	**0.01**	**2.1**	**0.05**	**1**	**0.03**	**4.4**	**0.11**	**7.9**	**0.2**	**10.1**	**0.26**
253MA	0.2	0.01	0.9	0.02	1.3	0.03	3	0.08	0.7	0.02	8.2	0.21	8.7	0.22	16.5	0.42
800HT	0.1	0	1	0.03	0.5	0.01	4.1	0.1	7.6	0.19	11.6	0.29	11	0.28	15	0.38
601	-	-	-	-	0.4	0.01	1.7	0.04	1.3	0.03	3.8	0.1	2.8	0.07	6.5	0.17
600	-	-	-	-	0.3	0.01	2.4	0.06	0.9	0.02	3.3	0.08	2.8	0.07		0.12
RA330®	-	-	-	-	0.3	0.01	3	0.08	0.8	0.02	6.7	0.17	-	-	-	-
304SS	-	-	-	-	5.5	0.14	8.1	0.21	NA	NA	>19.6	>0.498	NA	NA	>19.5	>0.498
RA85H	-	-	-	-	0.5	0.01	8.3	0.21	3	0.08	26	0.66	-	-	-	-

動的酸化

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、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、ファンで外気温近くまで冷却された後、燃焼ガス流中に戻されます。

1800°F(982℃)/ 1000h/2000サイクル				
合金	メタルロス		平均酸化層厚さ	
	mils	µm	mils	µm
556®	3.9	99	6.8	173
HR-120®	**6.3**	**160**	**8.4**	**213**
RA 330®	6.5	165	9.5	241
800H/800HT	8.9	226	13.7	348
310 SS	16.0	406	18.3	465
253MA	16.6	422	17.8	452

耐酸化性（続き）

長期間の酸化

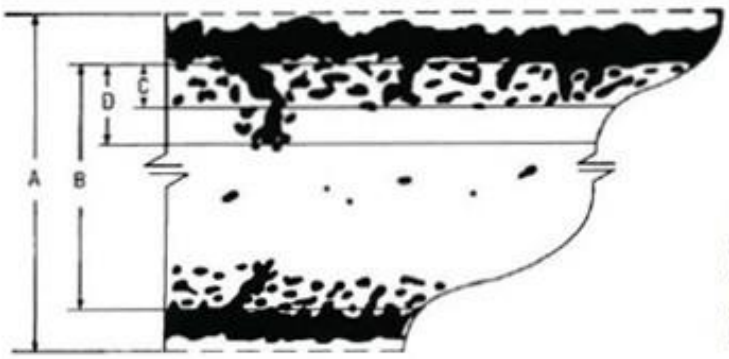
耐熱合金の厚板(0.25”) を360日間 (8,640 時間) 高温空気流中に曝露したときの酸化量。
1か月に1回のサイクル。

合金	曝露期間		1600°F（871℃）				1800°F（982℃）				2000°F（1093℃）				2100°F（1149℃）			
			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	
	h	サイクル数	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm
214®	8640	12	0.1	0	0.2	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230®	8640	12	0.2	0.01	1.4	0.04	0.1	0	2.5	0.06	3.4	0.09	11	0.28	28.5	0.72	34.4	0.87
HR-120®	8640	12	0.3	0.01	1.6	0.04	0.5	0.01	3.3	0.08	18.1	0.46	23.2	0.59	33.6	0.85	44	1.12
556®	8640	12	0.3	0.01	1.9	0.05	0.5	0.01	6.2	0.16	15	0.38	24.1	0.61	-	-	-	-
617	8640	12	0.3	0.01	1.6	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
800HT	8640	12	0.4	0.01	2.9	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

水蒸気試験

合金	1600°F（871℃）で 1008時間 空気+10% H_2O の中で1サイクル/週				1600°F（871℃）で 1008時間 空気+20% H_2O の中で1サイクル/週				1400°F（760℃）で 6か月間 空気+10% H_2O の中で1サイクル/週			
	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	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm	mils	mm
HR-120®	0.09	0.002	0.68	0.017	0.04	0.001	0.29	0.007	0.1	0.003	0.5	0.013
253MA	0.66	0.017	1.59	0.04	0.08	0.002	0.68	0.017	-	-	-	-
347SS	0.86	0.022	1.48	0.038	0.18	0.005	0.88	0.022	0.46	0.012	1.26	0.032
800HT	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	0.003	0.82	0.021

酸化試験の評価に使用した金属組織学的手法の模式図

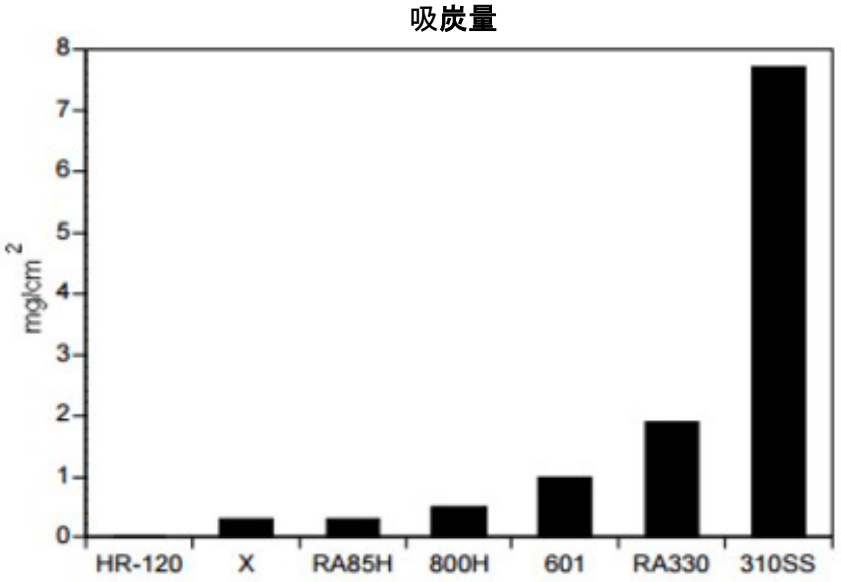


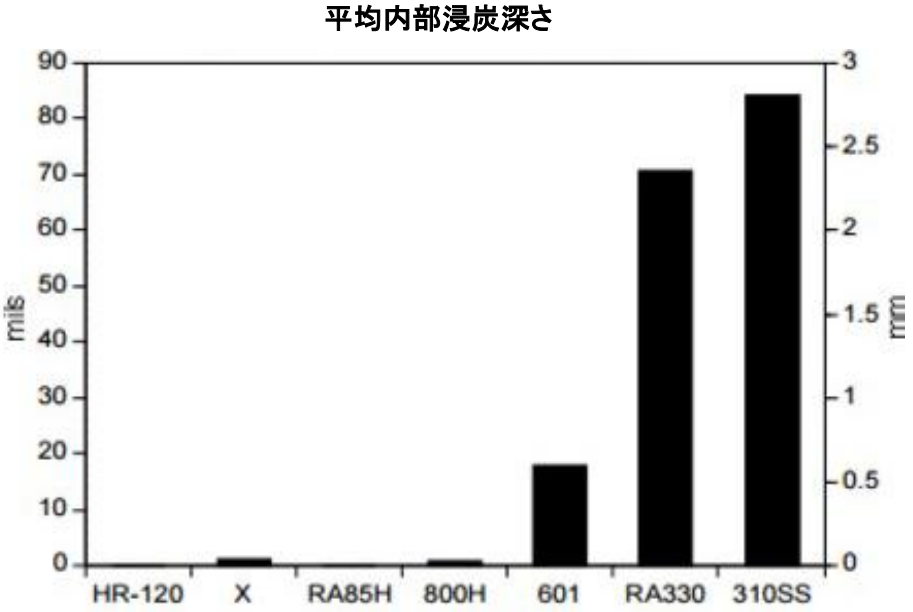
1. メタルロス = (A−B)/2
2. 平均内部酸化深さ = C
3. 最大内部酸化深さ = D
4. 平均酸化層厚さ = ((A−B)/2) + C
5. 最大酸化層厚さ = ((A−B)/2) + D

耐浸炭性

HAYNES® HR-120® 合金は、浸炭に対して良好な 耐性を有しています。800℉（982℃）での浸炭試験の結果は、HR-120® 合金がステンレス鋼よりも優れていることを示しています。以下に、固体浸炭試験およびガス浸炭試験の両方の結果を示します。

グラファイト中に1800℉（982℃）で500時間置いた場合の
様々な合金の耐浸炭性

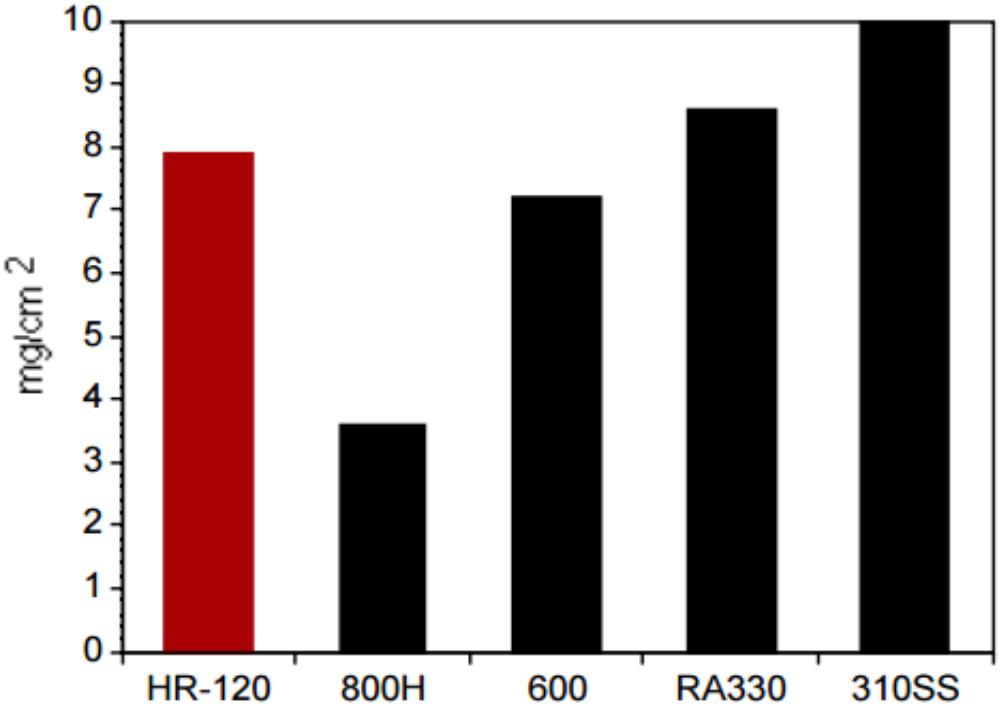




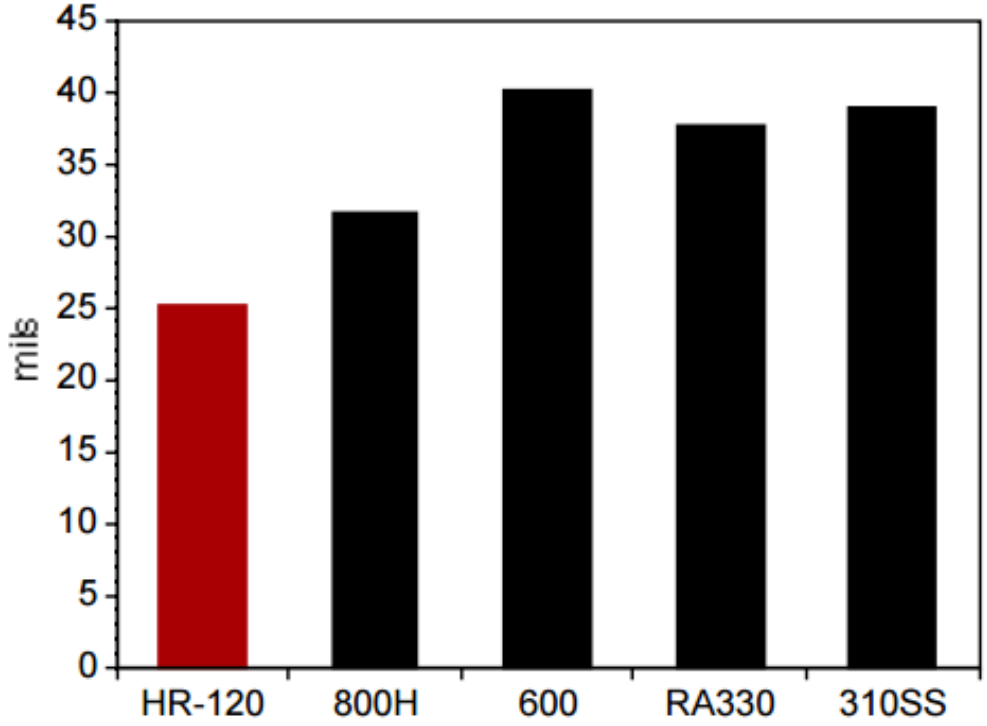
耐浸炭性（続き）

Ar–5%H_2–1%CH_4中に1800℉（982℃）で55時間置いた場合の様々な合金の耐浸炭性

吸炭量

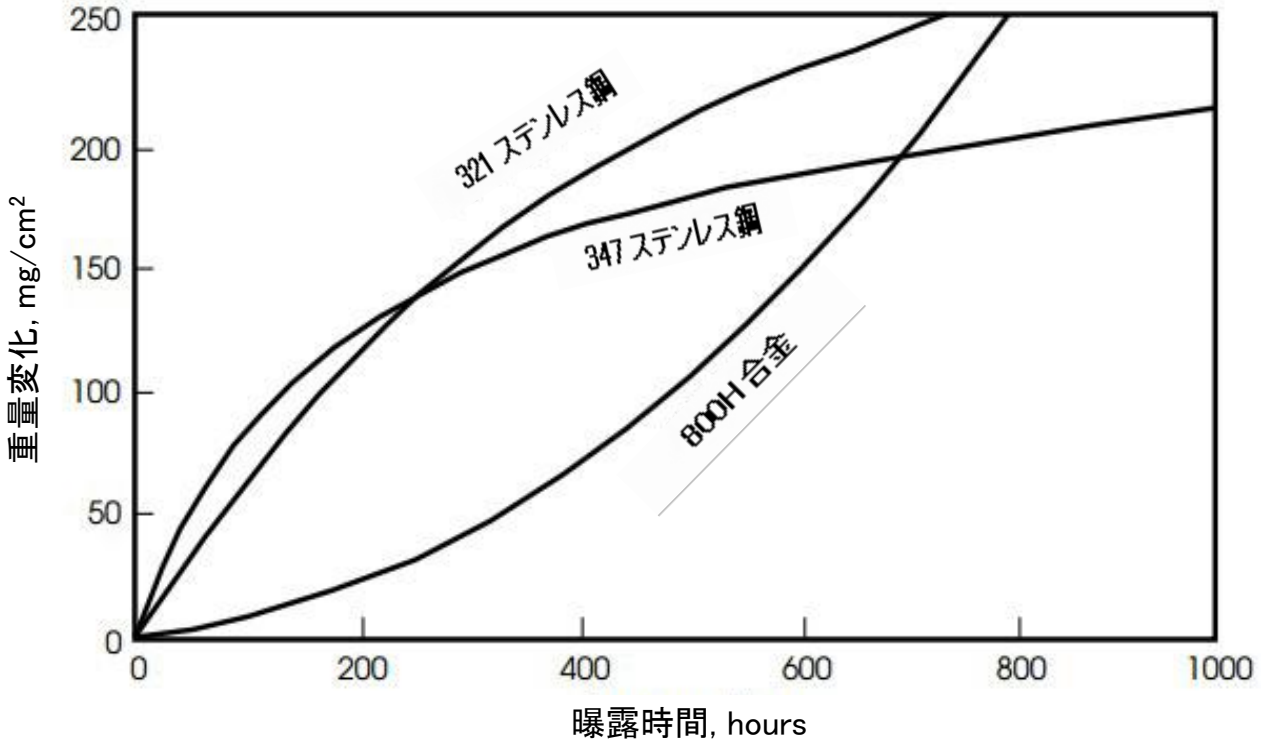


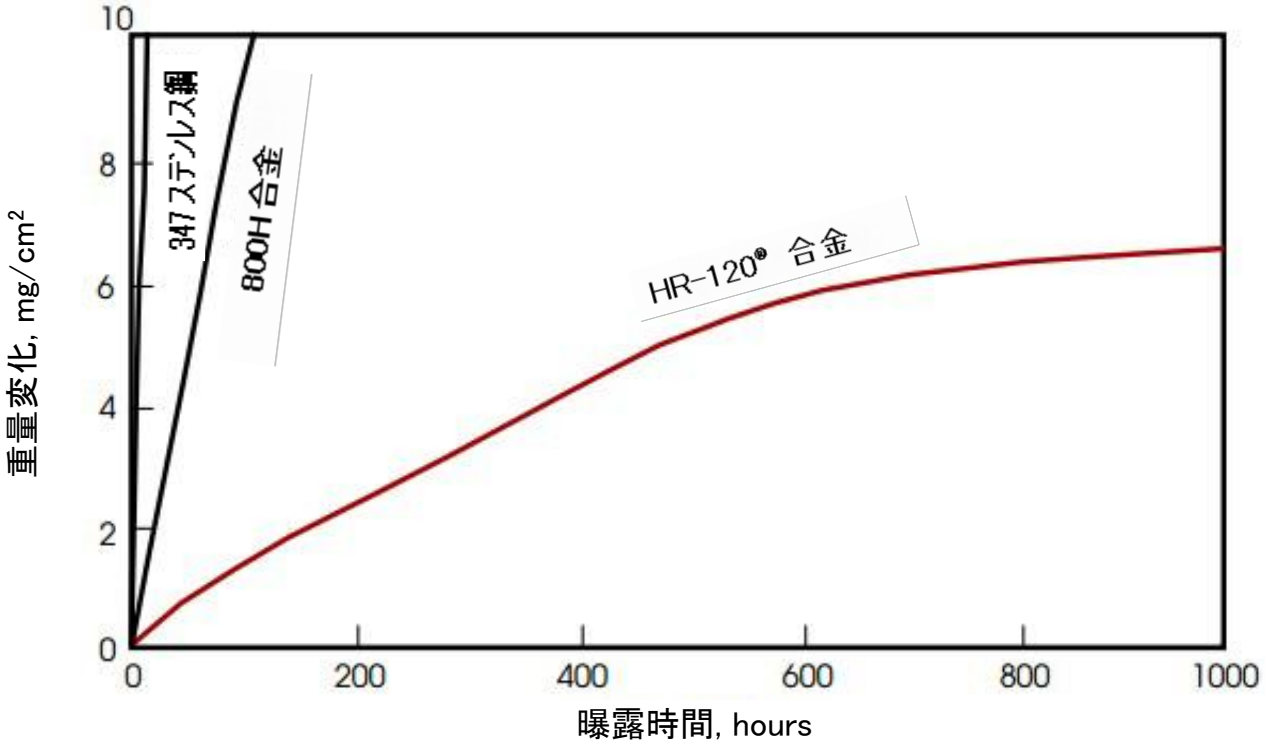
平均内部浸炭深さ



耐硫化性の比較

独立した外部試験所も、硫化環境におけるHR-120®合金の優れた性能を検証しています。オランダの Petten Establishmentは、HR-120®合金が1290℉(699℃)の水素 + 7% 一酸化炭素+ 1.5% 水蒸気+ 0.6% 硫化水素中において、800H、347SS および 321SS 合金よりも著しく良好に機能することを発見しました。HR-120® 合金は他の合金よりも桁違いに優れていることが判明しました。



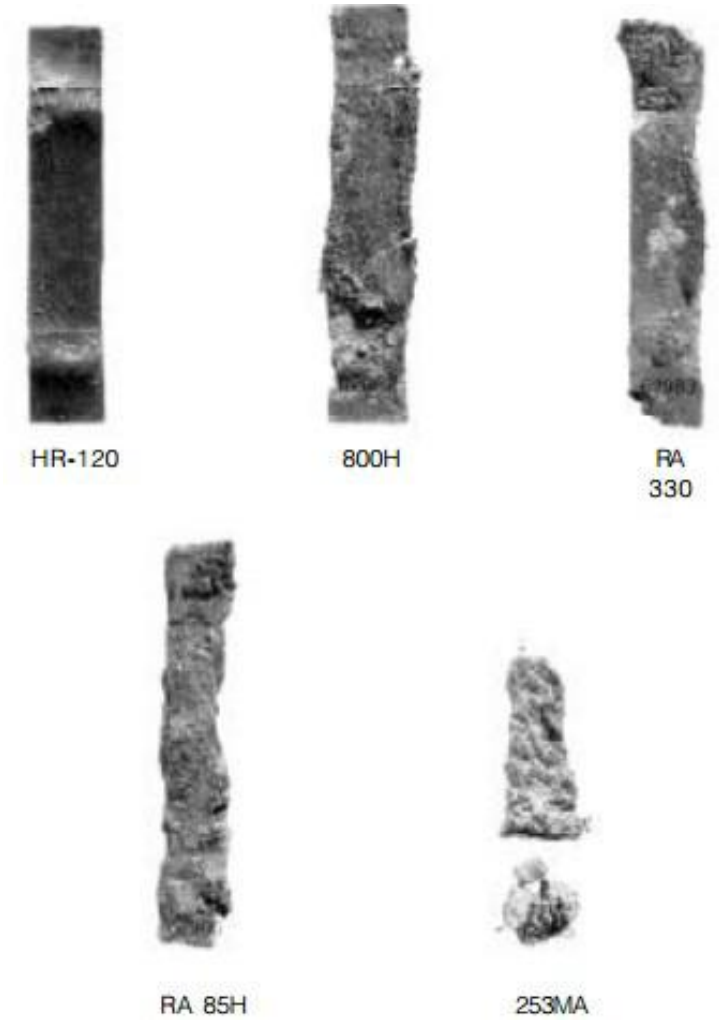


H_2+7%CO+1.5%H_2O+0.6%H_2S at 1290℉(699℃)

Po_2=1x10^{-23} atm.
Ps_2=1x10^{-9} atm.
a_c=0.3-0.4

高温腐食の比較

高温腐食は、溶融塩堆積物により加速された酸化あるいは硫酸腐食です。この形態の腐食は、ガスタービンおよび他の工業環境で見られます。HR-120® 合金の耐高温腐食性は、実験室でバーナーリグ試験を行って評価しました。バーナーリグ試験では、約1重量%の硫黄を含有するNo.2燃料油と空気を用いて試験環境を作りました。空気/燃料比は35対1に維持しました。試験は、1時間ごとに400℉(204℃)以下まで冷却する2分間の冷却サイクルを伴い、1650℉(899℃) で500時間実施しました。試験中、連続的に合成海塩溶液(ASTM D1141-52)を燃焼ゾーンに注入しました。以下の写真は、試験後の試験片の外観を示します。 253 MA、RA85H、 RA330®、および800H合金の試験片は、激しく腐食または部分的に破壊されました。一方、HR-120®合金試験片は依然として極めて良好な外観であり、ほとんど腐食を示していません。

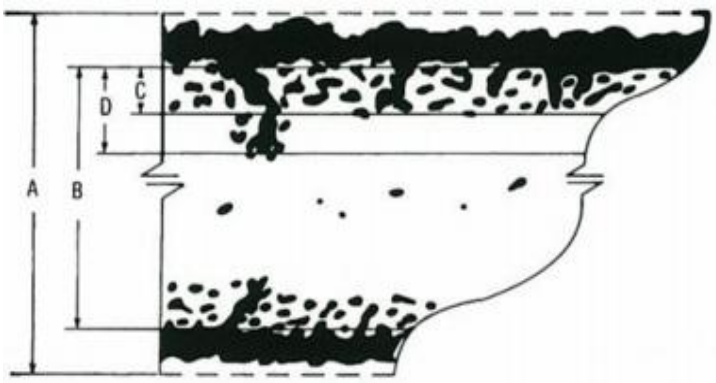


50 ppm の海塩注入と 1% 硫黄燃料を用い、1650℉ (899℃) で500時間曝露した後の高温腐食試験片

高温腐食の比較（続き）

1650℉ (899℃)で500時間曝露した合金に対する
バーナーリグ高温腐食データ

合金	曝露時間	燃料中の硫黄%	塩分	メタルロス		平均腐食深さ	
	h		ppm	mils	mm	mils	mm
HR-120®	**500**	**1**	**50**	**0.9**	**0.02**	**5.2**	**0.13**
RA330	500	1	50	1.4	0.04	5.8	0.15
800H	500	1	50	1	0.03	10.3	0.26
253MA	500	1	50	>25	>0.64	>25	>0.64
RA85H	500	1	50	>25	>0.64	>25	>0.64



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. 平均腐食層厚さ = ((A − B)/2) + C
5. 最大腐食層厚さ = ((A − B)/2) + D

物理的特性

物理的特性	英国単位		メートル単位	
密度	RT	0.291 lb/in.^{3}	RT	8.07 g/cm.^{3}
融点	2375	℉	1302	℃
電気抵抗	RT	41.4 µohm.in	RT	105.2 µohm.cm
	200°F	42.4 µohm.in	100°C	107.8 µohm.cm
	400°F	44.4 µohm.in	200°C	112.5 µohm.cm
	600°F	45.4 µohm.in	300°C	114.9 µohm.cm
	800°F	46.3 µohm.in	400°C	116.7 µohm.cm
	1000°F	47.3 µohm.in	500°C	119.3 µohm.cm
	1200°F	48.2 µohm.in	600°C	121.4 µohm.cm
	1400°F	48.8 µohm.in	700°C	123.1 µohm.cm
	1600°F	49.4 µohm.in	800°C	124.5 µohm.cm
	1800°F	50.0 µohm.in	900°C	125.7 µohm.cm
	2000°F	50.3 µohm.in	1000°C	126.6 µohm.cm
	2200°F	50.7 µohm.in	1100°C	127.8 µohm.cm
	-	-	1200°C	128.7 µohm.cm
温度拡散率	RT	4.7 x 10^{-3} i^{n2}/s	RT	30.4 x 10^{-3} cm^2/s
	200°F	5.0 x 10^{-3} in^2/s	100°C	32.4 x 10^{-3} cm^2/s
	400°F	5.4 x 10^{-3} in^2/s	200°C	34.8 x 10^{-3} cm^2/s
	600°F	5.8 x 10^{-3} in^2/s	300°C	37.2 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	42.2 x 10^{-3} cm^2/s
	1200°F	7.1 x 10^{-3} in^2/s	600°C	44.7 x 10^{-3} cm^2/s
	1400°F	7.4 x 10^{-3} in^2/s	700°C	46.9 x 10^{-3} cm^2/s
	1600°F	7.5 x 10^{-3} in^2/s	800°C	48.1 x 10^{-3} cm^2/s
	1800°F	7.8 x 10^{-3} in^2/s	900°C	48.8 x 10^{-3} cm^2/s
	2000°F	78.2 x 10^{-3} in^2/s	1000°C	50.7 x 10^{-3} cm^2/s
	2200°F	8.6x 10^{-3} in^2/s	1100°C	52.9 x 10^{-3} cm^2/s
	-	-	1200°C	54.5 x 10^{-3} cm^2/s

RT=室温

物理的特性（続き）

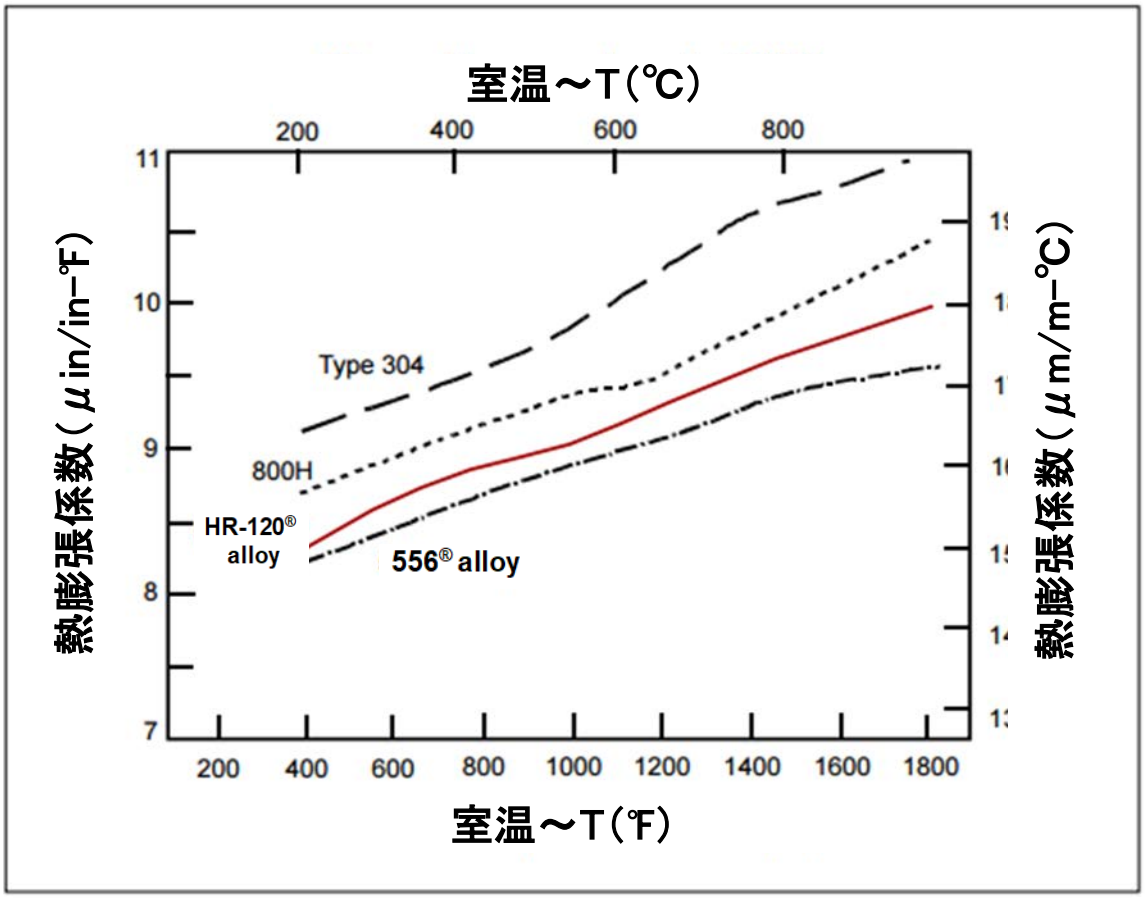
物理的特性	英国単位		メートル単位	
比熱	RT	0.112 Btu/lb.°F	RT	467 J/kg-°C
	200°F	0.116 Btu/lb.°F	100°C	483 J/kg-°C
	400°F	0.121 Btu/lb.°F	200°C	500 J/kg-°C
	600°F	0.125 Btu/lb.°F	300°C	522 J/kg-°C
	800°F	0.130 Btu/lb.°F	400°C	531 J/kg-°C
	1000°F	0.135 Btu/lb.°F	500°C	558 J/kg-°C
	1200°F	0.144 Btu/lb.°F	600°C	607 J/kg-°C
	1400°F	0.152 Btu/lb.°F	700°C	647 J/kg-°C
	1600°F	0.159 Btu/lb.°F	800°C	655 J/kg-°C
	1800°F	0.164 Btu/lb.°F	900°C	660 J/kg-°C
	2000°F	0.167 Btu/lb.°F	1000°C	663 J/kg-°C
	2200°F	0.169 Btu/lb.°F	1100°C	667 J/kg-°C
	-	-	1200°C	671 J/kg-°C
平均熱膨張係数	78-200°F	7.95 µin/in-°F	25-100°C	14.3 µm/m-°C
	78-400°F	8.29 µin/in-°F	25-200°C	14.9 µm/m-°C
	78-600°F	8.56 µin/in-°F	25-300°C	15.3 µm/m-°C
	78-800°F	8.80 µin/in-°F	25-400°C	15.8 µm/m-°C
	78-1000°F	8.98 µin/in-°F	25-500°C	16.1 µm/m-°C
	78-1200°F	9.24 µin/in-°F	25-600°C	16.4 µm/m-°C
	78-1400°F	9.52 µin/in-°F	25-700°C	16.9 µm/m-°C
	78-1600°F	9.72 µin/in-°F	25-800°C	17.3 µm/m-°C
	78-1800°F	9.87 µin/in-°F	25-900°C	17.6 µm/m-°C
	-	-	25-1000°C	17.8 µm/m-°C
動弾性係数	RT	28.7 x 10^6 psi	RT	198 GPa
	200°F	28.2 x 10^6 psi	100°C	194 GPa
	400°F	27.0 x 10^6 psi	200°C	187 GPa
	600°F	25.9 x 10^6 psi	300°C	179 GPa
	800°F	24.7 x 10^6 psi	400°C	172 GPa
	1000°F	23.7 x 10^6 psi	500°C	165 GPa
	1200°F	22.5 x 10^6 psi	600°C	158 GPa
	1400°F	21.4 x 10^6 psi	700°C	151 GPa
	1600°F	20.2 x 10^6 psi	800°C	143 GPa
	1800°F	18.9 x 10^6 psi	900°C	136 GPa
	2000°F	17.3 x 10^6 psi	1000°C	129 GPa

物理的特性（続き）

物理的特性	英国単位		メートル単位	
動せん断弾性係数	RT	11.0 x 10^6 psi	RT	76 GPa
	200°F	10.7 x 10^6 psi	100°C	74 GPa
	400°F	10.3 x 10^6 psi	200°C	71 GPa
	600°F	9.8 x 10^6 psi	300°C	68 GPa
	800°F	9.3 x 10^6 psi	400°C	65 GPa
	1000°F	8.9 x 10^6 psi	500°C	62 GPa
	1200°F	8.4 x 10^6 psi	600°C	59 GPa
	1400°F	8.0 x 10^6 psi	700°C	56 GPa
	1600°F	7.5 x 10^6 psi	800°C	53 GPa
	1800°F	7.0 x 10^6 psi	900°C	50 GPa
	2000°F	6.3 x 10^6 psi	1000°C	47 GPa
ポアソン比	RT	0.31	RT	0.31
	200°F	0.31	100°C	0.31
	400°F	0.32	200°C	0.32
	600°F	0.32	300°C	0.32
	800°F	0.33	400°C	0.32
	1000°F	0.33	500°C	0.33
	1200°F	0.34	600°C	0.33
	1400°F	0.34	700°C	0.34
	1600°F	0.35	800°C	0.34
	1800°F	0.36	900°C	0.35
	2000°F	0.37	1000°C	0.36

RT=室温

物理的特性（続き）


室温～T（℃）
200
400
600
800
11
10
9
8
7
熱膨張係数（μin/in−℉）
熱膨張係数（μm/m−℃）
Type 304
800H
HR-120®
alloy
556® alloy
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
室温～T（℉）

溶接

HAYNES® HR-120® 合金は、ガスタングステンアーク溶接（GTAW）、ガスメタルアーク溶接（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（SAW）は、このプロセスには母材への入熱量が大きく、溶接部の冷却が遅いという特徴あるため、推奨できません。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

溶接作業の前に、溶接面および隣接する領域を適切な溶剤により完全に清浄にしなければなりません。潤滑剤、油、切削油、クレヨンの跡、機械加工溶剤、腐食生成物、塗料、スケール、染色浸透溶液、およびその他の異物は完全に除去しなければなりません。溶接する場合、合金は溶体化処理された状態にあ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

HR-120® 合金の接合には、HAYNES® 556® 溶加金属（AMS 5831, AWS A5.9 ER3556）およびMULTIMET® 被覆アーク溶接棒(AMS 5794) を推奨します。HR-120® 合金とステンレス合金を接合するような、異種母材金属の接合にも、HAYNES® 556® 溶加金属およびMULTIMET® 被覆アーク溶接棒を推奨します。更なる情報が必用な場合は、" Welding and Fabrication（溶接および加工）"のパンフレットをご覧ください。

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。 予熱は一般的に室温（典型的な作業場の環境条件）として規定されています。パス間温度は200℉（93℃）以下に保たなければなりません。汚染物質が混入する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。溶接後の熱処理は、通常、HR-120® 合金には必要ありません。更なる情報が必用な場合は、"溶接および加工"のパンフレットの熱処理の項を参照してください。

標準溶接パラメータ

GTAW、GMAW、SMAW溶接に関する詳細は、"溶接および加工"のパンフレットをご覧ください。 典型的な溶接作業に対するガイドラインとして、標準溶接パラメータを提供しています。これらのパラメータは、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。

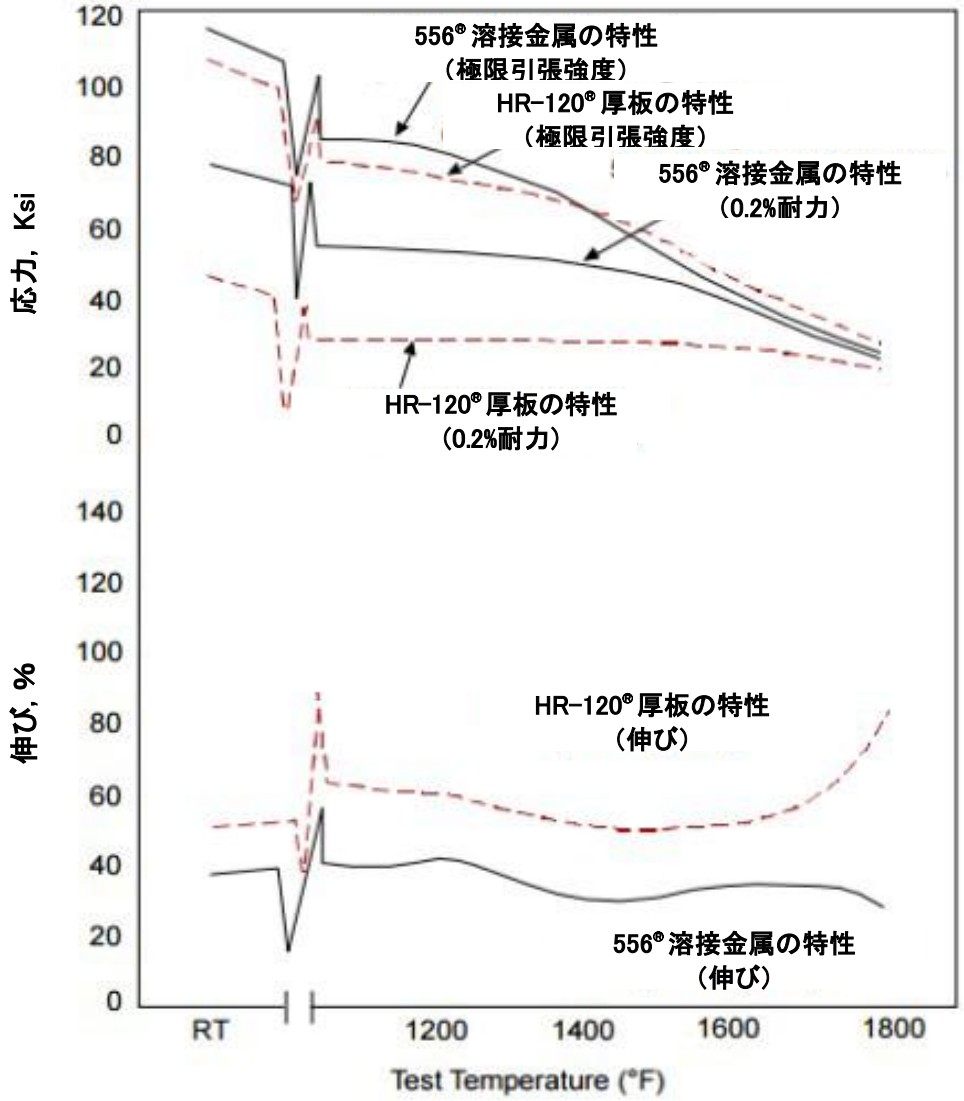
溶接金属の引張特性

全溶接金属（AWM)の引張特性

試験温度		0.2%耐力		極限引張強さ		伸び
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa	%
RT	RT	77.2	530	115.4	795	37
1200	650	53.3	380	81.0	560	39
1400	760	49.5	340	66.3	455	26
1600	870	36.8	255	40.2	270	34
1800	980	23.6	165	24.0	165	30

RT= 室温

溶接（続き）



556 溶接金属(GMAW)と HR-120® 厚板の引張特性の比較

溶接（続き）

横方向引張試験, HR-120® 母材金属を Haynes 556® 溶加材で溶接

温度		0.5 インチ（12.7 mm）厚板		0.125 インチ（3.175 mm）薄板	
		UTS（極限引張強さ）		UTS（極限引張強さ）	
°F	°C	ksi	MPa	psi	MPa
RT	RT	106	731	104	717
200	93	97	666	97	665
300	149	91	625	92	632
400	204	87	600	89	612
500	260	86	595	78	540
600	316	85	589	83	571
700	371	84	576	79	547
800	427	84	581	83	570
900	482	82	568	82	564
1000	538	79	544	80	549
1100	593	75	516	77	530
1200	649	71	490	74	507
1300	704	68	471	66	455
1400	760	60	413	55	382
1500	816	47	327	45	312
1600	871	35	241	33	226
1700	927	27	184	26	176
1800	982	20	136	25	174
1900	1038	15	102	16	110
2000	1093	12	84	9	64

RT=室温

溶接（続き）

横方向引張試験, HR-120® 厚板を Haynes 556® 溶加材で溶接

温度		1 インチ（25.4 mm）厚板		0.5 インチ（12.7 mm）厚板	
		UTS（極限引張強さ）		UTS（極限引張強さ）	
°F	°C	ksi	MPa	ksi	MPa
RT	RT	110	762	106	731
200	93	102	703	96	661
300	149	96	665	91	629
400	204	93	641	88	609
500	260	90	622	86	590
600	316	89	611	84	582
700	371	89	612	82	564
800	427	89	611	82	563
900	482	87	602	82	568
1000	538	78	538	78	534
1100	593	79	545	75	519
1200	649	75	515	72	497
1300	704	72	497	68	471
1400	760	64	439	60	412
1500	816	53	362	48	329
1600	871	40	279	36	247
1700	927	31	215	27	188
1800	982	24	166	20	141
1900	1038	18	123	15	106
2000	1093	12	84	11	74

RT=室温

溶接（続き）

HR-120® 厚板および横方向溶接のシャルピー衝撃試験
Haynes 556® で溶接した 0.5″(12.7 mm)厚板

条件	エネルギ	
	ft-lb	J
母材	182	247
ｼﾅｼﾞｯｸGMAW 溶接中央部	155	211
ｼﾅｼﾞｯｸGMAW 熱影響部	147	199

拘束された厚さ1/2インチ（12.7mm）のHR-120®厚板は、556®溶接ワイヤとMULTIMET®被覆アーク溶接棒を使用して正常に接合されました。以下の結果は、試験条件下で溶接性の問題に関連した高温割れおよび微小割れがないことを示しています。

溶接プロセス	溶接材	高温割れ	曲げ半径：2T のガイド曲げ試験	
			フェイス	サイド
GTAW	556® 溶加金属	なし	合格	合格
GMAW	556® 溶加金属	なし	合格	合格
SMAW	MULTIMET® 溶接棒	なし	合格	合格

横方向溶接試験片の室温引張強さ

溶接プロセス	溶接材	引張強さ		破断位置
		ksi	MPa	
GTAW	556® 溶加金属	111	765	HR-120® 母材金属
GMAW	556® 溶加金属	109.4	755	HR-120® 母材金属
SMAW	MULTIMET® 溶接棒	109.7	755	HR-120® 母材金属

機械加工および研削

HAYNES® HR-120® 合金は、従来の技術を使用して容易に機械加工できます。 一般的には、300シリーズのオーステナイト系ステンレス鋼で使用されているのと同じ手法が用いられます。最適な結果を得るためには、機械加工パラメータに若干の調整が必要な場合があります。超硬切削工具を使用することによって機械加工速度を大幅に向上させることもできますが、高速度鋼工具は満足できるものであることが判明しています。一般的に言えることは、HAYNES® HR-120® 合金の研削作業作は、300シリーズのステンレス鋼と同等と考えられることです。他の合金と同様に、厳しい公差が要求される場合は、研削が推奨されます。機械加工中に考慮する必要がある、基本的な ″行うべきこと″ と ″行ってはならないこと″ は次のとおりです:

行うべきこと:

1. 可能であれば、頑丈で必要とされるよりも大きなパワーの機械加工工具を使用すること。

2. 加工品および工具は強固に保持すること。加えて、工具のオーバーハングは最小限にすること。

3. 工具は常に鋭利であることを確認すること。必要以上にではなく、定期的に鋭利な工具に交換すること。刃先、特に使い捨てインサートは、消耗品であることを忘れないこと。工具がどれくらい長く持つかを証明しようとしないこと。安い工具コストのために高い機械加工時間を使わないこと。

4. ほとんどの機械加工作業には、すくい角が正の工具を使用すること。すくい角が負の工具は、断続切削や太い幹部の除去に使用することができる。

5. 積極的な切削動作を維持するため、大きくて一定した送りを使用すること。 切削中に送りが減速して工具が滞留すると、加工硬化が発生し、工具寿命が低下して厳密な公差の達成が不可能になる。

6. チャタリングやグレージングなどが生じる条件を避けること。これらは、表面の加工硬化を引き起こし、その後の機械加工を困難にする可能性がある。

7. 最高品質のスルホ塩素化水溶性オイルまたは極圧添加剤を含んだ水ベースの化学エマルジョンオイルで加工物を浸すこと。これらのオイルは、製造元の推奨に従って希釈すること。

8. 穴あけおよびタップ立てには、重加工用のスルホ塩化オイルを使用すること。特殊なタッピングオイルも使用できる。

9. 乾式切削の際には、エアジェットを工具に向けて使用すること。これにより、工具寿命が大幅に向上する。

行ってはならないこと:

1. 可能であれば断続的に切削しないこと。 これは表面を硬化させる傾向があり、その後の切断をより困難にする。

機械加工および研削（続き）

械加工の詳細な情報

ターニング、ボーリングおよびフェーシング

以下の表は、通常のターニング加工の典型的な値の範囲を表しています。 切込深さ（特に粗加工の場合）は、相対的に低い送り速度では非常に大きくなります。これらパラメータは装置および部品に依存します。大きな切込深さと高切削速度は、大きな剛性部品の上で頑丈で過大なパワーの装置を使用する場合にのみ推奨されます。

条件	粗加工	仕上げ加工
切込深さ	0.125-0.250 in.	0.020-0.040 in.
送り速度	0.008-0.010 ipr	0.006-0.008 ipr
切削速度−高速度鋼	30-50 sfpm	40-60 sfpm
切削速度−超硬	100-170 sfpm	140-180 sfpm

穴あけ

通常、標準の高速度鋼ドリルビットが使用されます。3/8 ″より大きいドリルビットの場合、ウェブを薄くすると推力が減少し、チップ制御を助ける場合があります。以下は、さまざまな直径のドリルに対する回転速度と送り速度の推奨値です。

直径	回転速度	送り速度
1/8 in	250 RPM (max)	0.002 inch/rev.
1/4 in	250 RPM (max)	0.003 inch/rev.
1/2 in	250 RPM	0.005 inch/rev.
1 in	150 RPM	0.011 inch/rev.
1-1/2 in	100 RPM	0.013 inch/rev.
2 in	75 RPM	0.016 inch/rev.

（直径 1/2 インチよりも大きい）その他の直径 に対しては、スピンドル速度は次式により計算することができます: RPM = 150/直径（インチ）。これは、結果的に切削速度が約 40 sfpm になります。ドリル直径が 1/2 インチよりも小さい場合は、切削速度は、本質的に 40 sfpm 以下にする必要があります。

リーマ通し

高速度鋼の標準溝付きリーマが一般に使用されます。1/2インチよりも大きい直径に対しては、切削速度は約 20−25 sfpm でなければなりません。（直径が1/2インチ以下の）小さな直径のリーマに対しては、切削速度を本質的に遅くしなければなりません。送り速度は直径に依って、0.002 ～ 0.006 in/rev. の範囲になります。超硬チップのリーマを使用する場合は、直径が1/2インチよりも大きいリーマに対しては、切削速度を 70 sfpm まで増加させることができます。チャタリングが生じる場合は、切削速度を遅くしてください。

機械加工および研削（続き）

タップ立て

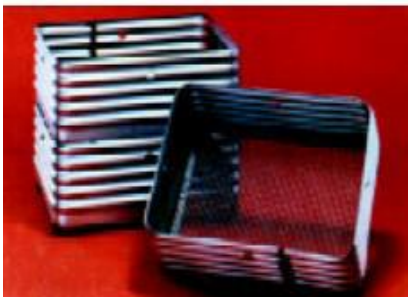
HAYNES® HR-120® 合金は、316ステンレス鋼で使用されているのと同じ工具および条件を使用してタップ立てができます。 高速度鋼のタップは良好に働きます。切削速度は、直径が 1/2 インチよりも大きいタップの場合、20 sfpm まで上げることができます。（直径が 1/2 インチ以下）の小さい直径のタップの場合、切削速度は本質的に遅くしなければなりません。

この合金は強度が高いため、ねじの引っかかりを減らすことができます。 一般的に、60～75%のねじの引っかかりは許容されると考えられます。ねじの引っかかりは設計パラメータと考えられるため、設計エンジニアに任せる必要があります。一般的に言えることは、75%のねじの引っかかりは低強度材に対しては一般的ですが、高強度合金では工具摩耗が増加して破損する可能性があります。ねじのひっかかりを増やしても、これらの合金における保持強度を増加させることはありません。

ミーリング

切削動作が断続的であるという性質上、優れた衝撃強さを有する高速度鋼のカッターが推奨されます。送り速度が 0.002～0.005 in/tooth で、30～40 sfpm の切削速度が一般的に推奨されます。 超硬カッターを使用する場合は、60～80 sfpm の切削速度が可能です。

用途



1750℉（954℃）で作動する浸炭炉のためのコルゲート加工した箱。14ヶ月の徹底したフィールド試験の後、RA333 合金よりも HR-120® 合金が選択された。

商業熱処理作業において、船舶の大型歯車の浸炭に使用される HR-120® 合金製のレトルト。従前の構造材料は 330 ステンレス鋼であった。

HR-120® 合金管で製作されたカスタム設計の真空炉用バスケット。従来は、601合金が使用された。

以前に製作された 316 ステンレス鋼製のプレートに置き換わったHR-120® 合金製の有害廃棄物リフタープレート。施設監督者の報告では、合金を変更したことにより設備の稼働時間が大幅に増加した。

比較データ

機械的特性*		HR-120®	214®	230®	556®	X	600	601	RA330®	253MA	800H	304 SS	310 SS	316 SS
アニール温度	°F	**2250**	2000	2250	2150	2150	2050	2100	2050	2000	2100	2000	2150	2000
代表的な ASTM 結晶粒度	-	**3 - 6**	3 - 5	5 - 6	5 - 6	5 - 6	2 - 4	2 - 4	4 - 6	3 - 6	2 - 4	2 - 5	3 - 4	5 - 7
極限引張強さ, ksi	70°F	**104.3**	138.9	125.4	116.4	107.5	96	102	85	104	82	85	82.7	103.9
	1200°F	**72.9**	114.9	97.7	83.1	78.5	65	74	55.7	64.6	59	43	54	60.5
	1400°F	**59.8**	79.4	87.7	68.5	66.6	38	43	34	49.8	39	2736	35.1	39
	1600°F	**35.8**	66.4	63.1	49.3	49.6	20	22	18.7	30.8	21	17.5	19.1	24.6
	1800°F	**18.6**	16.7	35.2	30.7	31.1	11	13	10.7	-	11	**7.4	10.5	14
	2000°F	**9.6**	9	19.5	16.1	16.5	(5.1)	6.5	-	-	5	-	4.3	7.1
	2200°F	**-**	5	9.4	-	-	-	**5.2	-	-	-	-	-	-
0.2% 耐力, ksi	70°F	**46.8**	82.2	57.4	54.6	49.4	41	35	42	50.8	35	27.9	35.1	36.7
	1200°F	**26**	75.9	39.5	30.6	30.3	30	25.4	21.5	24.1	16.9	11	20.7	20.5
	1400°F	**25.6**	73.6	42.5	29.3	31	26	26.8	18.8	22.4	18.5	10.5	19.3	17.9
	1600°F	**26.4**	50.4	37.3	27.9	28.4	11	19.2	15.9	18.1	18.5	7.4	12.2	10.6
	1800°F	**14.5**	8.4	21.1	18.5	17.9	6	10.9	9	-	8.1	-	6.4	-
	2000°F	**7.4**	4.2	10.8	8.7	9.1	(3.1)	5.1	-	-	3.3	-	3.1	-
	2200°F	**-**	1.4	4.3	-	-	-	**2.0	-	-	-	-	-	-
引張伸び, %	70°F	**50**	43	50	51	53	45	50	45	51	49	61	54	59
	1200°F	**55**	33	55	57	64	49	46	51	44	38	37	21	40
	1400°F	**52**	23	53	53	58	70	72	65	44	43	31	19	49
	1600°F	**71**	34	65	69	75	80	90	69	-	87	35	28	59
	1800°F	**84**	86	83	84	95	115	100	74	-	100	**38	24	41
	2000°F	**84**	89	83	95	98	(120)	120	-	-	108	-	-	85
	2200°F	**-**	92	109	-	-	-	121	-	-	-	-	-	-
1,000時間クリープ破断応力, ksi	1200°F	**38**	-	42.5	38	34	20	28	-	23	23.8	14.1	17	20.5
	1400°F	**17**	25	20	17.5	15	8.1	9.8	7	9.2	9.8	7.4	7.4	8.8
	1600°F	**8**	8.9	9.5	7.5	6	3.5	4.4	3.1	4.4	4.8	3	3.3	3.4
	1800°F	**3.5**	1.8	3	3	2.4	1.8	2.2	1.3	1.9	1.9	1.2	1.4	1.3
	2000°F	**0.8**	0.9	**1.0	-	**0.8	(0.9)	1	0.7	1	-	-	-	-

( ) 推定値
*製造者の実験室データまたは公開データ
**限られたデータ

比較データ（続き）

物理的特性*		HR-120®	214®	230®	556®	X	600	601	RA330	253MA	800H	304 SS	310 SS	316 SS
密度, lb/in³		0.291	0.291	0.324	0.297	0.297	0.304	0.291	0.289	0.282	0.287	0.278	0.285	0.287
初期融点	°F	2375	2475	2375	2425	2300	2470	2375	2450	2500	2475	2250	2550	2500
電気抵抗, μohm-in	70°F	41.4	53.5	49.2	37.5	45.2	40.6	46.9	29.9	33.1	38.9	28.7	38.2	29.4
	400°F	44.4	53.9	49.8	40.5	46.7	41.5	48.2	43	40.6	43	34.6	41.7	34.5
	800°F	46.3	54.3	50.7	43.5	48.4	43	49.2	45.6	48.8	46.1	40.6	45.7	39.3
	1200°F	48.2	53.5	51.6	45.7	49.5	-	49.5	47.8	54.3	-	45.7	48.4	43.7
	1600°F	49.4	49.6	50.3	17.3	49.8	-	50.2	49.1	56.3	-	47.2	50.8	-
	2000°F	50.3	47.6	(48.4)	48.6	49.7	-	51.1	-	(57.5)	-	-	-	-
熱伝導率, Btu-in/ft2-hr ℉	70°F	78	83	62	77	63	103	78	86	101	80	99	91	90
	400°F	96	99	87	107	83	121	100	108	121	103	116	112	108
	800°F	120	132	118	135	121	145	126	134	140	127	141	145	132
	1200°F	150	175	148	160	152	172	153	162	156	152	167	182	152
	1600°F	180	215	179	185	182	200	178	198	184	181	192	213	172
	2000°F	205	234	(210)	210	-	(230)	203	-	-	-	-	-	-
平均熱膨張係数, μin/in-℉ (室温～特定温度)	400°F	7.9	7.4	7.2	8.2	7.9	7.7	8	8.6	9.3	8.8	9.1	8.9	9.1
	800°F	8.8	7.9	7.6	8.6	8.2	8.1	8.3	9.1	9.8	9.2	9.6	9.2	9.8
	1200°F	9.2	8.6	8.1	9	8.6	8.6	8.9	9.6	10.1	9.6	10.2	9.7	10.3
	1400°F	9.5	9	8.3	9.2	8.8	8.9	9.2	9.7	10.3	9.9	10.7	10	10.4
	1600°F	9.7	9.6	8.6	9.4	9	9.1	9.5	9.8	10.5	10.2	10.8	10.4	10.5
	1800°F	9.9	10.2	8.9	9.5	9.2	9.3	9.8	10	10.8	-10.5	11	40.7	10.7
	2000°F	-	11.1	(9.2)	9.6	(9.4)	(9.5)	10.2	(10.2)	(11.1)	-	11.4	11	-
弾性係数, psi x 10⁶	70°F	28.7	31.6	30.6	29.7	29.8	31.1	30	28.5	29	28.4	27.9	29	28.5
	400°F	27	29.6	29.3	28.2	28.6	29.7	28.5	26.9	26.8	26.6	26.6	26.9	26.9
	800°F	24.7	27.4	27.3	25.6	26.7	27.8	26.6	24.9	24.4	24.4	24.1	24.3	24.2
	1200°F	22.5	25.3	25.3	23.1	24.7	25.5	24.1	22.4	21.7	22.3	21.1	21.8	21.5
	1400°F	21.4	23.9	24.1	21.8	23.3	24.3	22.5	21	20.2	21.1	19.4	20.5	20
	1600°F	20.2	22.3	23.1	20.9	22.2	22.8	20.5	19.5	-	20	-	19.2	-
	1800°F	18.9	20.2	21.9	20.1	20.4	21	18.4	18	17.6	18.7	-	-	-
	2000°F	17.3	19	-	-	-	-	16.2	-	-	17.2	-	-	-

（ ）推定値

*製造者の実験室データまたは公開データ

適合規格および基準

規格

HAYNES® HR-120® 合金 (N08120)	
薄板、厚板および帯板	AMS 5916 SB 409/B 409 P= 45
ビレット、ロッドおよび棒	SB 408/B 408 B 472 P= 45
被覆アーク溶接棒	-
裸溶接棒およびワイヤ	-
継ぎ目なし パイプおよびチューブ	SB 407/B 407 SB 163/B 163 P= 45
溶接パイプおよびチューブ	SB 514/B 514 SB 515/B 515 P= 45
継手類	SB 366/B 366 P= 45
鍛造材	SB 564/B 564 P= 45
DIN	No. 2.4854 NiFe33Cr25Co
その他	-

基準

HAYNES® HR-120® 合金 (N08120)			
ASME	Section I	-	
	Section III	Class 1	-
		Class 2	-
		Class 3	-
	Section IV	HF-300.2	-
	Section VIII	Div. 1	1800°F (982°)[1,2]
		Div. 2	-
	Section XII	-	
	B16.5	-	
	B16.34	-	
	B31.1	-	
	B31.3	-	
MMPDS		6.3.10	

[1]承認された材料形態：厚板、薄板、棒、鍛造材、継手類、溶接パイプ/チューブ、継ぎ目なしパイプ/チューブ

[2]1650℉（899℃）以下の特性は最新のASME ボイラ・圧力容器基準に、1650℉～1800℉（899℃～982℃）の特性はASME コードケース 2672 に記載されています。

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。