

Fig. 2. Temperature-Elongation, tensile strength, absorbed energy diagram revealed by dynamic and static tensile tests.

伸びに関しては本実験範囲内では、800°~900°C が伸びは最小であつて、加工速度が速ければ伸びは良好な結果がえられている。

曲げ試験結果については曲げ内直径 41 mm φで、180° 迄曲げるに必要なエネルギーも、動的、静的な加工の場合、圧縮、引張り試験とほぼ同じ傾向で、伸びに関して

も引張り試験の場合とよく似た結果であつた。

(117) 20% Cr-9% Ni 系耐熱鋼の研究 (I)

(各種添加元素の影響について)

Influence of Various Elements on Properties of 20% Cr-9% Ni Heat-Resisting Stee(I)

K. Kusaka, et alius.

特殊製鋼 工博・山中 直道・○工日下 邦男

I. 緒 言

20 Cr-9 Ni 系耐熱鋼の代表的なものは 19-9 DL であつてガスタービン用の中級耐熱鋼として広く用いられている。中級耐熱鋼の応力破断強度を向上せしめる手段としては再結晶温度以下の高温で加工硬化を与えるいわゆる hot cold work がある。19-9 DL 耐熱鋼は 650 ~700°C で 20% 程度の H.C.W を行うことによつて 650°C における 100 h 破断応力は 35 kg/mm² に達する。かくのごとく H.C.W は破断応力を向上させるが大きな鍛造品に均一な加工度を与えることは非常に困難であり、かつガスタービンのごとく長時間の寿命が要求されるものには得策でないので、われわれは溶体化処理

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)											
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	Cb	Ti	Others
SHR-116	0.18	0.75	1.09	0.006	0.005	9.85	19.91	1.55	1.43	0.45	0.17	
— 91	0.24	0.63	1.12	0.010	0.012	9.08	20.13	1.57	1.41	0.53	0.15	
— 92	0.27	0.59	0.99	0.010	0.017	8.83	19.78	1.83	1.42	0.47	0.14	
— 93	0.31	0.61	1.08	0.008	0.016	8.88	20.30	1.55	1.42	0.48	0.14	
— 94	0.36	0.63	1.14	0.012	0.017	9.13	20.25	1.52	1.46	0.48	0.16	
— 95	0.41	0.63	1.02	0.013	0.015	9.13	20.39	1.39	1.47	0.49	0.18	
— 96	0.33	0.57	1.06	0.016	0.014	7.07	20.30	1.47	1.47	0.48	0.18	
— 97	0.33	0.58	1.05	0.018	0.010	11.20	20.31	1.31	1.49	0.49	0.17	
— 98	0.33	0.62	1.11	0.013	0.009	9.17	20.31	1.39	1.47	0.48	0.16	V 0.56
— 99	0.33	0.63	1.05	0.009	0.011	9.22	20.49	1.33	1.50	0.48	0.18	V 1.13
—100	0.32	0.61	1.12	0.015	0.008	9.17	20.31	1.41	1.45	0.39	0.18	Σ N 0.113
—101	0.32	0.62	1.03	0.013	0.016	8.98	19.40	1.26	1.43	0.73	0.15	
—102	0.33	0.62	1.10	0.013	0.014	8.91	20.32	1.38	1.42	0.17	0.17	
—103	0.30	0.61	1.07	0.012	0.014	8.91	20.04	1.23	1.41	1.00	0.17	
—104	0.33	0.67	1.13	0.012	0.016	9.08	19.89	1.26	1.48	0.44	0.21	
—105	0.34	0.63	1.08	0.014	0.014	8.98	19.55	1.24	1.44	0.44	0.55	
—111	0.28	0.67	1.23	0.009	0.006	8.94	20.52	1.55	1.50	0.54	0.85	
—106	0.31	0.66	1.07	0.012	0.017	9.08	19.46	2.06	1.44	0.44	0.15	
—107	0.32	0.65	1.03	0.015	0.007	9.13	20.10	1.31	2.05	0.44	0.14	
—108	0.27	0.57	1.10	0.014	0.011	9.30	20.16	1.39	1.41	0.47		Σ N 0.443
—109	0.33	0.72	1.22	0.011	0.010	11.13	21.00	1.55	1.63	0.50	0.24	
—110	0.31	0.67	1.28	0.012	0.008	9.09	20.52	1.36	1.48	0.50	0.24	Cu 2.17
—112	0.27	0.72	1.27	0.012	0.005	8.82	20.54	1.69	1.61	0.50	0.14	Σ N 0.124
—113	0.25	0.57	1.06	0.017	0.009	8.97	20.75	1.85	1.68	0.49	—	V 0.38, B 0.020
												Σ N 0.2 added
												V 0.40, B 0.018

後焼戻時効のみによつて 19-9 DL の H.C.W に匹敵するとき応力破断強度を有する耐熱鋼をうることを目的として、まづ 19-9 DL 耐熱鋼の性質におよぼす各種合金元素の影響を調査した。すなわち C 0.3, Si 0.6, Mn 1.2, Ni 9, Cr 19, W 1.5, Mo 1.5, Cb 0.45, Ti 0.2% を基本成分として、C, Ni, Cb, Ti, W, Mo を変化せしめまた V, Cu, N, B, Co, La+Co などを添加して試験を行つた。供試材は Table 1 にその一部を示すが 35 KVA 高周波誘導炉で 7kg 鋼塊を熔製し中延鍛造後 16φ に圧延して用いた。

II. 実験結果

(1) 硬度

1150°C×1h 溶体化処理後の硬度は C, W, Mo の増加につれて上昇し Ni, Cb, B の増加につれて低下する。700°C×30h および 100h 焼戻後の硬度もほゞ同様の傾向を有するが硬度はかなり上昇する。Ti の代りに N を添加したものは 1150°C 水冷後の硬度も上昇し、焼戻硬度はさらにいちじるしく上昇する。B 添加は溶体化処理後および焼戻後の硬度を低下せしめる傾向を有す。Fig. 1 に 1150°C×1h 水冷後 650~800°C で長時間焼戻しを行つた硬度曲線の一例を示す。

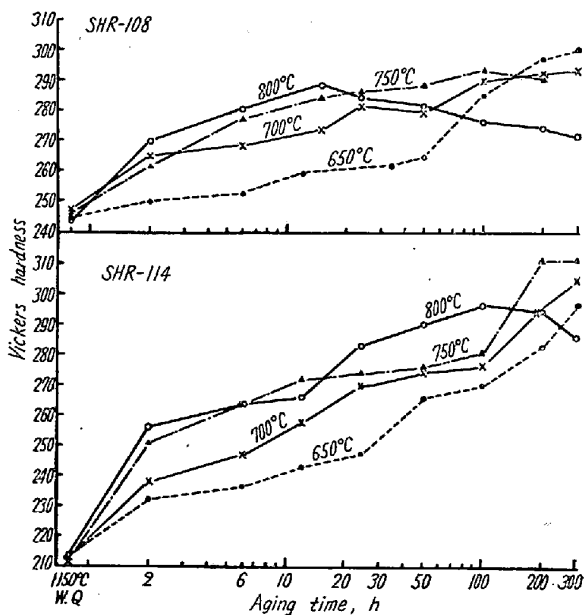


Fig. 1. Hardness change in aging.

(2) ラプチュア強度

東京衝機製 C-4 型ラプチュア試験機を用いて、650°C, 29 kg/mm² のラプチュア試験を行つた。試片寸法は 9φ×50, 熱処理は 1150°C×1.5h 水冷後 700°C×30h の時効処理を行つた。Fig. 2 は試験結果の一部を示すものである。C は 0.27% 附近でラプチュア強度が最大となるが、破断後の伸は C の増加につれて低下す

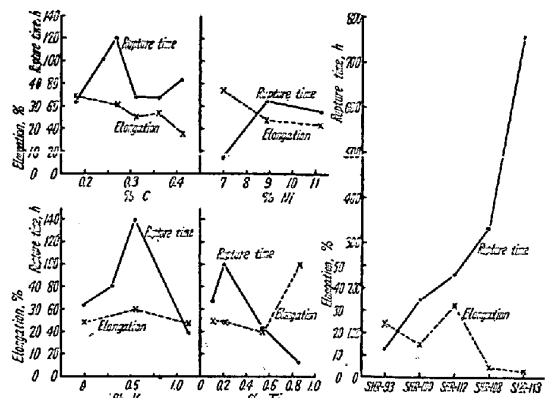


Fig. 2. Effect of alloying elements on the rupture strength.

る。Ni は 9% 以下になると破断時間は急激に低下する。V 0.5% の添加は破断時間および伸を向上するが、V がこれ以上に増加すると却つて性能を低下せしめる。つぎに Cu を 2% 添加すると破断時間は 116h に向上し、また W, Mo, Cb の増加はいずれも破断時間を増加し伸をやゝ低下せしめる。Ti は 0.2% で破断時間が最大となり、Ti がこれ以上になると破断時間は急激に短くなり、伸は大となる。N を 0.11% 添加すると破断時間は 175h, 伸は 15% となり、さらに Ti を添加せずして N を 0.4% 添加すると破断時間は 330h に向上するが、伸は 5% に低下する。Ti 0.14, V 0.38, B 0.020, N 0.12% のものは破断時間は 230h となり、伸も 33% で良好である。また Ti を添加せずして V 0.4, B 0.018 および N を添加したものは破断時間は 760h に達するが伸は 3% となる。このものは 700°C, 27 kg/mm² の応力破断試験の結果も破断時間は 300h に達し、また 730°C, 26.6 kg/mm² 試験では破断時間 155h であるが、破断後の伸は少なくして 3% 内外である。19-9 DL 標準成分の SHR-93 は 700°C, 27 kg/mm² では 7h にて破断した。さらに V, B, La+Ce, Co などを添加してその影響をみた。

(3) 衝撃値

1150°C 溶体化処理後 700°C×100h 焼戻後常温および 650°C において衝撃試験を実施した。この結果常温衝撃値は C の上昇につれて低下し、たとえば C 0.18% では 11.5 kg m/cm² であるが、C 0.4% では 6 kg m/cm² に低下する。Ni が増加すると衝撃値を向上し Ni 11% では 9.5 kgm/cm² となる。また Ti の添加は 0.6% 以上で急激に衝撃値を低下し Ti 0.8% では 2 kgm/cm² となる。V, Cb, Cu によつてはほとんど変化はないが W, Mo が増加するとやゝ衝撃値を低下する。次に N 添加量が多くなると衝撃値は低下し、N 0.4% で 5 kgm/

cm² となる。V 0.4% を添加しこれに B を 0.2% ま
で添加した結果は B の多くなるにつれて衝撃値はやゝ低
下の傾向を示す。650°C の高温衝撃値は常温の値よりも
かなり大となるが合金元素の影響はほぼ常温の場合と同
様であり、C, Ti, W, Mo, N の増加につれて低くな
り Ni の増加につれて上昇する。

III. 結 言

以上 C 0.3, Si 0.6, Mn 1.2, Ni 9, Cr 19, W
1.5, Mo 1.5, Cb 0.45, Ti 0.2% を基本成分として
各種合金元素の影響を調査せる結果は次のごとし。

- (1) C は 0.27% で破断時間が最大となり、これよ
り C が上昇すると却つて破断時間は短くなる。伸およ
び衝撃値は C の上昇につれて低下する。
- (2) Ni が低い場合には破断時間もいちじるしく短
かくなり衝撃値も低下する。
- (3) V 添加は 0.5% までは破断時間を長くするの
に有効であり、伸および衝撃値も良好である。
- (4) Cb を増加せしめると破断時間をやゝ長くする
が、あまり顕著ではない。
- (5) Ti は 0.2% 以上になると急激に破断強度を低
下し衝撃値も 0.6% 以上になると低くなる。
- (6) Cu を 2% 添加すると破断時間はかなり向上す
る。

(7) W, Mo を増加すると破断時間を長くするが、
伸、衝撃値を低下する。

(8) Ti の代りに N を添加すると破断時間をいちじ
るしく向上するが、伸および衝撃値は低下する。

(118) S-816 耐熱鋼の性質におよぼす
各種元素の影響について

Influence of Various Elements on
Properties of S-816 Alloy

K. Kusaka, et alii.

特殊製鋼 工博 山中 直道

〇工 日下 邦男・外岡 耀

I. 緒 言

S-816 耐熱鋼は製造が比較的容易であるために超耐
熱鋼としてガスタービン用のブレードなどに広く用いら
れており、本合金に関する研究はわが国においてもすで
に色々と発表されているが、主として耐熱特性、熱処理
などに関するもので合金成分の影響についてはまだ明ら
かでない。よつて著者らは C 0.4, Si 0.4, Mn 1.2,
Ni 20, Cr 20, W 4, Mo 4, Cb 3.8, Co 42% を基
本成分として、C, Si, W, Mo, Cb, Co をしゆじゆに
変化せしめ、また V, N, B, La+Ce (Lan Cer Amp)

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)											Others
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	Cb	Co	
SHR— 70	0.46	0.37	1.40	0.008	0.003	19.08	19.08	4.11	4.82	3.81	41.85	
— 71	0.44	0.65	1.40	0.002	0.006	19.35	20.12	3.92	4.48	3.57	43.46	
— 73	0.44	1.17	1.67	0.004	0.004	19.29	19.88	3.85	4.26	3.45	41.70	
—125	0.44	2.23	1.24	0.013	0.010	19.90	21.04	4.74	3.60	3.81	41.41	Σ N 0.089
— 74	0.24	0.37	1.40	0.003	0.015	20.00	20.33	4.32	4.12	3.82	42.29	
— 75	0.34	0.36	1.45	0.003	0.013	19.78	20.33	4.30	4.06	4.07	42.14	
— 76	0.40	0.40	1.41	0.004	0.013	20.17	20.05	4.38	4.10	3.93	41.56	
— 77	0.54	0.23	1.33	0.005	0.012	20.15	20.10	4.44	4.08	3.74	41.85	
— 78	0.62	0.15	1.42	0.004	0.015	20.34	20.03	4.38	4.08	3.89	41.56	
—120	0.40	0.84	1.36	0.016	0.018	19.85	20.23	4.42	3.84	2.55	41.12	
— 79	0.42	0.32	1.22	0.004	0.025	20.05	20.20	4.69	4.02	3.01	43.00	
— 80	0.37	0.59	1.38	0.003	0.020	19.45	20.00	4.76	4.12	4.81	41.26	
—127	0.44	0.32	1.73	0.010	0.023	20.33	19.80	4.32	3.88	3.84	20.49	
— 87	0.39	0.43	1.22	0.004	0.013	19.78	20.30	4.06	3.88	3.54	35.69	
— 86	0.39	0.66	1.20	0.004	0.020	19.56	20.30	4.00	4.06	3.63	38.67	
— 85	0.35	0.73	1.22	0.006	0.011	19.00	18.55	4.08	4.28	3.82	42.14	Σ N 0.033
— 84	0.40	0.52	1.34	0.006	0.014	19.25	20.27	4.26	3.84	3.78	41.99	Σ N 0.082
— 89	0.40	0.47	1.49	0.005	0.006	19.57	20.37	3.88	3.98	3.93	41.76	L.C.A 1.0
—131	0.42	0.57	1.42	0.011	0.003	20.05	20.17	4.22	3.96	3.93	40.10	L.C.A 2.0
—121	0.35	0.63	1.41	0.011	0.009	20.31	20.52	2.24	4.04	3.65	42.78	
—122	0.35	0.75	1.32	0.010	0.015	20.09	20.68	3.10	2.72	3.92	41.63	
—123	0.34	0.62	1.20	0.013	0.013	18.96	20.00	2.90	3.00	3.98	43.00	V 1.88
—124	0.39	0.31	1.02	0.013	0.006	20.15	21.30	4.36	4.12	3.94	35.54	Σ N 0.335
—128	0.45	0.28	1.22	0.064	0.017	19.21	19.22	4.40	3.86	4.50	40.52	
—132	0.46	0.39	1.44	0.008	0.004	20.10	19.91	4.51	4.11	4.04	42.44	Σ N 0.15
—133	0.45	0.47	1.19	0.010	0.007	19.70	19.97	4.42	4.12	4.03	42.00	B 0.003