

Fig. 4. Maximum torque in hot torsion tests.

V. 結 言

① 鋼中の全酸素量と鍛造との間には相関関係が認められる。Ni-Mg 脱酸は Al 脱酸に較べて脱酸効果は若干大きい鍛造性での明確な差異は認められなかった。

② 稀土類元素の鍛造性におよぼす効果は明瞭であり、とくにS含有量の高い場合および高温の場合においていちじるしい。

③ 柱状晶部は自由晶部に比べて鍛造性がすぐれている。また鍛造材は鍛造材にくらべて鍛造性の劣ることが示された。このことはこの種耐熱鋼の鍛造割れが鍛造

初期に発生しやすいことを裏付けるものである。

文 献

- 1) 西原, 中野, 喜多: 鉄と鋼, 46 (1960), No. 3 p. 386.

(97) 二、三の含 Ti 耐熱鋼におよぼす P 添加の影響について

(耐熱鋼におよぼす P 添加の影響—Ⅲ)

特殊製鋼

工博 山中 直道・○日下 邦男

Effect of P-Addition on Properties of Some Heat-Resisting Steel Containing Ti.

(Effect of P-addition on properties of heat-resisting steel—Ⅲ)

Dr. Naomichi YAMANAKA and Kunio KUSAKA.

I. 緒 言

著者らは中級耐熱鋼の性能向上を目的として、耐熱鋼におよぼす P 添加の影響について実験を開始し、第 1 報においては 18 Cr-12 Ni-2.5 Mo系、18 Cr-12 Ni-2 Mo-

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Ti	Cu	V	Cb
AP-1	0.06	0.85	1.18	0.012	0.017	26.5	15.13	1.45	0.20	1.76		0.34	
-2	0.04	0.86	1.13	0.054	0.013	26.4	15.04	1.45	0.17	1.90		0.32	
-3	0.07	0.82	1.13	0.102	0.016	26.5	15.08	1.44	0.17	1.98		0.38	
-4	0.04	0.84	1.12	0.153	0.014	26.5	15.00	1.44	0.14	2.15		0.33	
TIP-1	0.06	0.53	0.99	0.013	0.010	11.13	17.98		0.07	0.91	0.05		
-2	0.05	0.58	1.01	0.104	0.010	11.13	18.02		0.06	0.85	0.04		
-3	0.07	0.54	0.95	0.149	0.010	11.18	18.02		0.08	0.83	0.03		
-4	0.05	0.55	0.96	0.187	0.011	11.13	18.02		0.08	0.91	0.03		
-5	0.07	0.57	1.05	0.013	0.008	11.06	17.85		0.14	2.43			
-6	0.05	0.57	1.08	0.076	0.010	11.06	17.87		0.17	2.51			
-7	0.06	0.51	1.10	0.16	0.010	11.31	17.85		0.17	2.76			
-8	0.04	0.62	1.10	0.213	0.008	11.06	17.89		0.11	2.21			
HRCu-15	0.15	0.49	1.26	0.020	0.012	9.89	15.72	2.09		0.68	2.47		
-16	0.14	0.50	1.25	0.083	0.011	9.84	15.63	2.12		0.64	2.50		
-17	0.14	0.47	1.25	0.160	0.012	9.91	15.58	2.13		0.63	2.48		
-18	0.15	0.49	1.21	0.250	0.011	9.84	15.78	2.07		0.59	2.43		
-19	0.16	0.48	1.26	0.333	0.010	9.89	15.66	2.20		0.75	2.37		
-31	0.07	0.57	1.06	0.140	0.014	10.34	16.11	1.96		0.58	2.40		
-33	0.28	0.57	1.21	0.174	0.011	10.66	15.90	1.95		0.65	2.28		
HRCu-23	0.15	0.49	1.00	0.020	0.018	9.68	15.43	2.24		0.20	2.53		0.49
-24	0.16	0.49	1.23	0.086	0.017	9.71	15.72	2.08		0.26	2.67		0.49
-25	0.14	0.52	1.02	0.163	0.016	9.68	15.49	2.13		0.28	2.61		0.52
-26	0.14	0.50	1.24	0.286	0.014	9.92	15.51	2.01		0.30	2.52		0.48
-32	0.08	0.52	1.15	0.098	0.010	10.44	15.91	1.96		0.26	2.35		0.56
-34	0.25	0.72	1.24	0.086	0.011	10.86	15.77	2.25		0.33	2.33		0.57

0.8 Cb系, 第2報においては 19-9 DL, G18B, LCN-155 合金などにおよぼす P 添加の影響について報告した。

これらの結果, いずれも P の添加によつて時効硬化が促進され, 高温破断強度が顕著に向上し, 溶体化処理後焼戻時効処理のみによつて hot cold work 処理に匹敵した性能の得られることが判明した. このような P の効果は, P が侵入型にオーステナイト中に固溶してオーステナイト格子の歪エネルギーを増加し, これによつてオーステナイト粒内にクロム炭化物の析出を促進し, 時効硬化を顕著ならしめるためであると考えられる. したがつて P を添加して 650°C ないし 700°C 附近の高温破断強度を向上せしめるためには, その鋼はクロム炭化物を形成するに十分な炭素量を含むことが必要であり, 低炭素にして Ti を比較的多く含有する Cr-Ni オーステナイト鋼には P の効果が無いことが考えられるので, この点を確認するために実験を行なつた。

II. 実験結果

供試材の一部を Table 1 に示すが, いずれも 35 KVA 高周波誘導炉により 7 kg 鋼塊を溶製し, これを鍛伸して使用した。

(1) A-286 耐熱鋼

A-286 耐熱鋼は, Ti, Al を含む強析出硬化型合金であつて, 析出相としては G 相, η 相, γ 相, Ti(C, N), Laves 相などが知られている. 著者らは, これに P を 0.15% まで添加してその影響を調査した。

まず, 長時間時効による硬度変化をみるために 1000°C × 1 h の溶体化処理後 650~800°C にて 1000 h まで加熱して硬度を測定した. P の添加によつて溶体化処理状態ならびに時効硬度はわずかに上昇するが, とくにいちじるしい変化は認められない. Fig. 1 は 1000°C 溶体化処理, 730°C × 16 h 時効処理後 650°C, 45.5 kg/mm²; 700°C, 25 kg/mm² および 700°C 28 kg/mm² の条件にてラプチュア試験を行なつた結果であつて, 図から明らかなように P の添加量が多くなるにつれて, 破断時間は急激に短くなり, 破断後の伸びも低下する。

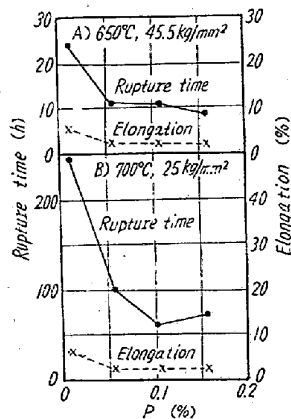


Fig. 1. Effect of P on the rupture strength of A-286 heat-resisting steel. Solution-treated for 1 h at 1000°C, and aged for 16 h at 730°C.

(2) 含 Ti 18Cr-11Ni オーステナイト鋼

C 0.05%, Cr 18%, Ni 11% を有するオーステナイト鋼に Ti を添加すると, Ti は C と結合し安定な炭化物を形成するために, Ti 量が多くなるにつれて Cr と結合する C は少なくなる. よつて Ti を 1% および 2% 添加したものに, P を添加してその影響をみた。

時効硬度をみるために, 小試片を 1200°C × 1 h 溶体化処理後 650~750°C にて 300 h まで加熱して硬度を測定した. Ti 0.9% 含有の場合には P の多くなるにつれて時効硬度はかなり上昇する. Ti 2% の場合には P を含有しないものも 650°C × 30 h 時効によつて Hv 300 以上に硬化するが, P の影響はとくにみとめられず, P 0.2% ではかえつて硬度が低下している。

つぎに 1200°C × 1 h W. Q, 650°C × 6 h および 1150°C × 1 h W. Q, 700°C × 30 h 時効後 650°C, 23 kg/mm² の条件にて破断試験を実施した. この結果 Ti 2% 含有の場合には Fig. 2 に示すように P 添加量の多くなるにつれて, 破断時間はいちじるしく短くなつたが, Ti 1% 含有の場合には P 0.15% までは破断時間が長くなり伸びが低下した, TIP-1 は 30 h にて破断, 伸び 44% を示したが, P 0.15% を含有する TIP-3 は, 破断時間 190 h, 伸び 29% となつた。

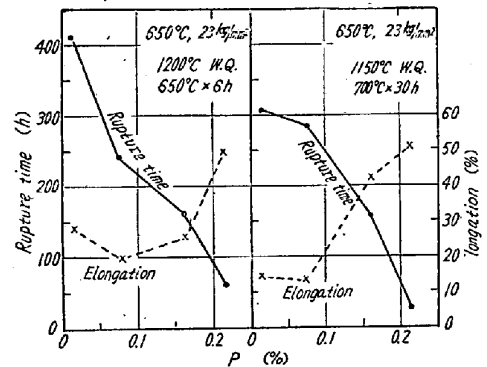


Fig. 2. Effect of P on the rupture strength of heat-resisting steel containing 0.05% C, 18% Cr, 11% Ni and 2% Ti.

(3) 15Cr-10Ni-2Mo-2.4Cu-0.5Ti 系および

15Cr-10Ni-2Mo-2.4Cu-0.5Cb-0.3Ti 系オーステナイト鋼。

以上は Ti 含有量の多い場合であつたが, これより Ti 量の低い場合について P 添加の影響を調査した. この系の合金は排気ガスタービンのブレード材などに使われており, Cu は耐食性の向上と高温破断強度向上のために添加され, Ti もまた高温強度の向上に有効である. P を添加した結果は, 両者とも P の効果が顕著にあらわれ, 650°C および 700°C の破断試験結果は, P の増加

につれて破断時間はいちじるしく向上し、伸びが低下した。また P を 0.15% に一定にして C を変化させて実験した結果は、C の低下によつて破断強度はいちじるしく低下し、逆に C を 0.25% に増加すると破断強度は顕著に向上を示した。

さて、このように本系のものは Ti 含有量が低く、C % が 0.15% とやや高いために、P の効果が顕著であるので、19-9D L 耐熱鋼の場合と同じように、P と B の複合添加の影響をしらべた。すなわち C 0.17, Ni 11.0, Cr 16.0, Mo 2, Cu 2.5, Ti 0.3, Cb 0.5, P 0.14% のものに B を 0.2% まで添加量を変化させてみた。この結果、B の効果が顕著にあらわれ P 0.12%, B 0.11% のものは 700°C, 29 kg/mm² の破断時間が 1050 h, 伸び 14% を示し、また 730°C, 26.6 kg/mm² の試験結果は 220 h, 伸び 16% と S-816 合金に匹敵する性能を示した。

III. 結 言

低炭素にして Ti を比較的多量に含有する耐熱鋼として、A286 合金, Ti 1% および 2% を含有する 18 Cr-11 Ni オーステナイト鋼および Ti の少ない 15 Cr-10 Ni-2 Mo-2.4 Cu-0.5 Ti 系耐熱鋼について P 添加の影響を調査したが、A-286 合金および 2% Ti オーステナイト鋼の場合には P の効果はまったく認められず、かえつて高温破断性能をいちじるしく低下することが判明した。しかしながら Ti が低く、Cr 炭化物が形成されるような場合には P の効果があらわれ、また P と B の複合添加も有効であった。

(98) 高圧窒素雰囲気中で溶製した Mn 含有 N-155 合金の高温特性について

(高 Mn 耐熱鋼の研究—II)

金属材料技術研究所

工博 依田連平・○吉田平太郎・佐藤有一
On High-Temperature Properties of
4% Mn-N-155 Type Alloy Melted under
Various Atmospheric Pressures
of Nitrogen.

(Study of heat-resisting high-manganese
steel—II)

Dr. Renpei YODA, Heitaro YOSHIDA
and Yuuichi SATO.

I. 緒 言

N-155 合金中の 20% Ni を Mn で置換えて行くとクリープ破断時間も破断伸びも増加し、4% Mn 付近でピークを示すことが前報で知られた。そこで本研究では 4% Mn を含むこの種合金を種々の圧力の N 雰囲気中で溶製し、その高温特性におよぼす N の影響を検討し、また大気中で溶解して N を添加する一般の溶製のものとも比較してみた。

II. 試料と実験方法

原料金属は前報と同じであるが、東京工業大学金属工学科岡本研究室に新設された高圧溶解炉を使用し、Fe-Cr-N 合金で N を添加することはしなかつた。各試料の分析結果はその溶製法とともに Table 1 に示したが、No. 2 は前報でピークを示した大気中溶製試料である。高圧溶解はまず Fe, Ni, Co, Cr を真空中で溶解し、真空槽内におのおの 1, 4, 10 気圧の N ガスをボンベから導入後、溶湯中に Mo, W, Fe-C, Fe-Nb, Mn を添加して均一溶解し、各気圧下でほぼ 10 分間約 1500°C に保持して金型に鑄込んだ。

Table 1. Chemical composition (%) and melting procedures of alloys.

Alloys	Melting procedure	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	W	Cb	C	N			Fe
										Soluble	Insoluble	Total	
No. 2	Melted in air, and added 0.25% N with Fe-Cr-N alloy.	3.97	19.96	15.55	19.90	3.03	2.97	0.98	0.160	0.1539	0.0696	0.2235	Bal.
N-1	Melted under 1 atmospheric pressure of N ₂ for 10mn.	3.66	19.32	16.55	18.60	2.93	2.52	1.03	0.135	0.0522	0.0483	0.1005	
N-4	Melted under 4 atmospheric pressure of N ₂ for 10mn.	3.66	19.31	16.22	19.00	2.85	2.63	1.01	0.138	0.1993	0.0935	0.2928	
N-10	Melted under 10 atmospheric pressure of N ₂ for 10mn.	3.61	19.50	16.56	18.60	2.67	2.58	0.85	0.124	0.3130	0.1183	0.4313	