

下し、伸び、衝撃値は 7%を超えると低下するがその他の変化は少ない。

3. 時効処理

Mo を含む鋳物材について $1150^{\circ}\text{C}\times 4\text{h}$ W. Q 後 $650, 750, 850, 950^{\circ}\text{C}$ でそれぞれ 3, 6, 10, 15 h 時効したが、Mo 10% の試料のみ硬化し、 $850^{\circ}\text{C}\times 3\text{h}$ および $750^{\circ}\text{C}\times 15\text{h}$ で最大となるが、その他はあまり硬化しない。Si を含むものは 5%のものが $650^{\circ}\text{C}\times 10\text{h}$ で最大になる。(図表略)

4. 腐食におよぼす Mo, Si, Cu の影響

Mo, Si, Cu が粒界腐食におよぼす影響を調べるため $1100^{\circ}\text{C}\times 1\text{h}$ W. Q 後 $650^{\circ}\text{C}\times 2\text{h}$ A. C で sensitize したのについて Huey test (HNO_3 65%, 沸騰, 48 h, 3 周期) を行なつたが、Mo は約 4% から 7% の間で腐食量が少なく 10% 以上でふたたび増加する。Si 量は増すほど腐食量は少なくなり、Cu は 1% でやや少なく、それ以上では Cu 量が増すほど腐食量も増加する。

つぎに 20% 硫酸 12 h 沸騰試験では Mo 6% 以上に増加すると腐食量は少なくなり、Si, Cu は含有量が多いものほど腐食量は減少する。また 5% 塩酸 24 h 沸騰試験では Mo および Si 量が増すほど腐食量は少ない。(図表略)

IV. 結 言

1. 溶体化処理は鍛造材で $1100^{\circ}\text{C}\times 1\text{h}$ 、鋳物材で $1150^{\circ}\text{C}\times 2\text{h}$ で大体適当である。
2. 30 Ni-20 Cr に Mo 13% まで添加しても充分鍛造は可能で、引張応力はいちじるしく Mo 量に比例して増加する。Mo を含む鋳物材は 8.8% で最大強さとなるが、鍛造材に比べてその効果は少ない。しかしながら硬さはいちじるしく増加する。Si は鍛造材で約 4% でほぼ最高強さとなり、鋳物材は Si 量が多くなるにつれて徐々に引張応力、硬さが高くなる。Cu の効果は少ない。
3. 粒界腐食に対しては、Mo は約 4~7% 含有のものおよび Si 約 4% 以上ではかなり良い耐食性を示す。20% 沸騰硫酸試験では、Mo 6% 以上、Si, Cu は含有量が多くなるほど、また 5% 沸騰塩酸試験では Mo, Si が増すほど腐食量は少なくなる。

(96) 耐熱鋼 G-18 B の鍛造性について

神戸製鋼所中央研究所

西原 守・中野 平・○喜多壮大

Study on Forgeability of Heat-Resisting G-18B Steel.

Mamoru NISHIHARA, Taira NAKANO
and Sodai KITA.

I. 緒 言

前報りにおいてわれわれはガスタービンローター材として広く欧州で推奨されている耐熱鋼 G18-B の熱処理条件と機械的性質について報告したが、ここではこの種オーステナイト系高級耐熱鋼の大型鍛造品の製造過程でもっとも重要視かつ困難視される鍛造性について、高合金鋼の鍛造性改善に有効であると考えられる稀土類元素の効果、脱酸剤の影響ならびに自由晶部と柱状晶部との鍛造性の比較について試験したので、その試験結果について報告する。

II. 供 試 材

供試材は塩基性 100 kVA 高周波炉で溶製した 20 kg または 90 kg の鋳塊について、その自由晶部または柱状晶部から試験片を採取して用いた。溶製条件としては鍛造性にすぐれた鋳塊を作ることとを目的として、脱酸効果が大きかつ脱酸生成物が鋼中に残留し難いことから高合金鋼の鍛造性改善に効果があると言われている Ni-Mg 合金と、硫化物の融点を上昇させ硫化物を均一に細かく分布させる効果があると言われる稀土類元素との効果が見出されるよう、A 系列では同一溶鋼に Ni-Mg 合金を 0, 1.5, 2.5, 3.5 kg/t, B 系列では同じくランセルアンプの形で稀土類元素を 0, 1.5, 2.5, 3.5 kg/t を順次取鍋中に添加した。Table 1 に供試鋼塊の溶製条件と化学成分を示す。

III. 実 験 方 法

鍛造性を評価する試験方法として本研究では高温引張試験 (1100°C) と高温捻回試験 (1100°C , 1200°C) を主として用いた。

IV. 実 験 結 果

1. 高温引張試験

高温引張試験は 35 t モール試験機に電気炉を取付けて実施した。試験片の形状は平行部直径 12mm, 平行部の長さ 52mm のものを使用し、絞りは破断後の断面収縮でもつて求め、伸びは平行部長さの変化でもつて表示した。高温引張性質としては稀土類元素の添加によつ

Table 1. Details of test ingots.

Marks	Ingots	Additions	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Co	Mo	Cb	W	O ₂	N ₂	
A-1	20 kg	Al 200g/t→Lancer 0	·43	·92	1·10	·012	·041	·22	13·08	13·67	10·60	2·08	3·09	2·83	·0169	·0203	
A-2		Al 200g/t→Lancer 1·5kg/t															
A-3		Al 200g/t→Lancer 2·5kg/t															
A-4		Al 200g/t→Lancer 3·5kg/t															
C-1	20 kg	non addition	·44	1·00	1·10	·012	·032	·28	13·08	13·92	10·60	2·07	3·09	2·52	·0079	·0192	
C-2		Ni-Mg 1·5 kg/t	·45	·99	·99	·012	·039	·21	13·00	13·85	11·20	2·08	3·19	2·43	·0083	·0171	
C-3		Ni-Mg 2.5 kg/t															
C-4		Ni-Mg 3.5 kg/t															
G	90 kg	non addition	·44	1·01	1·03	·013	·039	·16	12·96	14·05	11·20	2·05	3·21	2·37	·0053	·0182	
H		Al 200g/t→Lancer 2.5kg/t	·40	·89	·76	·011	·024	·16	12·95	13·48	10·50	2·00	3·25	2·65	·0100	·0131	
F		Ni-Mg 2.5kg/t→Lancer 0	·39	·87	·83	·012	·024	·15	12·99	13·43	10·60	2·01	3·21	2·55	·0068	·0146	
D		Ni-Mg 2.5kg/t→Lancer 2.5kg/t	·40	·84	·78	·011	·028	·16	13·03	13·71	10·50	2·01	3·24	2·52	·0055	·0141	
			·40	·88	·80	·011	·028	·14	12·90	13·68	10·30	2·01	3·13	2·57	·0060	·0136	

て伸び、絞りがいちじるしく上昇し、鍛造性の向上することが認められた。なお高温強度には変化が認められなかった。また Si 脱酸のみのもの(C-1)と、Ni-Mg 合金 2.5 kg/t で脱酸したもの(C-4)とについて行なつた実験

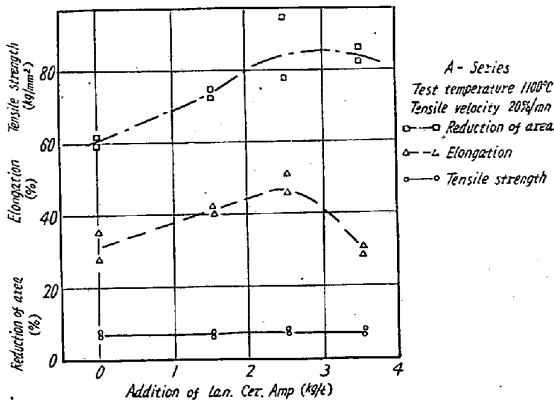


Fig. 1. Relation between rare-earth metal addition and hot tensile properties.

では脱酸の効果は稀土類元素の効果に比べて小さかつた。稀土類元素の効果、Al 脱酸と Ni-Mg 脱酸との効果の比較を再確認するために行なつた 90 kg 鋼塊では稀土類元素の効果は明瞭に認められるが、20 kg 鋼塊に比べると小さかつた。これは 20 kg 鋼塊の方が S 含有量が高いので稀土類元素の効果により顕著に現われたものと考えられる。Al 脱酸 (H) と Ni-Mg 脱酸 (D) の比較では酸素量の相違が小さかつた関係もあり高温引張試験の伸び、絞りにはほ

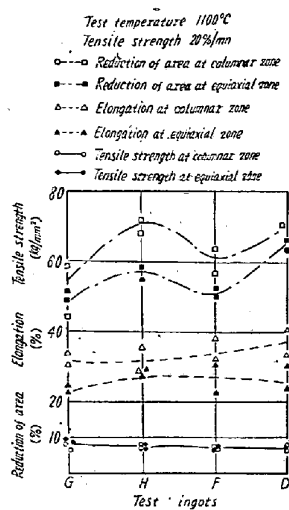


Fig. 2. Relation between treated conditions of ingots and hot tensile properties.

とんど差異が現われてこなかつた。なお柱状晶部と自由晶部の比較ではいずれの場合も前者がすぐれた結果を示した。試験結果の一部を Fig. 1, Fig. 2 に示す。

2. 高温捻回試験

高温捻回試験は稀土類元素、脱酸方式を変化させた 90 kg 鋼塊について柱状晶部、自由晶部で行なつた。

試験は破断までの振り回数と最大トルクが自動的に記録させる装置を使い試験条件は 1100°C と 1200°C の 2 通り、回転数は 115 rpm 一定とした。高温捻回試験の結果稀土類元素の効果は 1100°C では小さいが、1200°C では顕著に認められた。これは稀土類元素が硫化物の融点を上昇させ、高温での赤熱脆性防止に卓効のあることを裏づけるものである。Al 脱酸と Ni-Mg 脱酸の差は高温引張試験の場合と同様認められなかつた。柱状晶と自由晶の差は明瞭でとくに 1200°C の場合に顕著であるが、最大トルクの差異はほとんど認められなかつた。

G-18B の铸造材と G-18B の鍛造材との比較では鑄造材は鍛造材に較べて熱間加工性はかなり劣ることを示している。このことは本鋼種の鍛造割れが鍛造初期に発生しやすい事実を裏づけている。これらの結果を Fig. 3, Fig. 4 に示す。

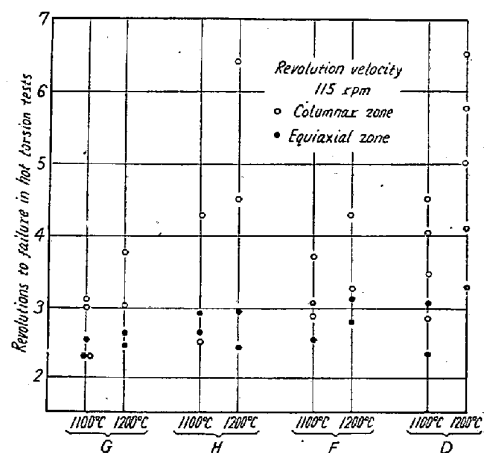


Fig. 3. Revolutions to failure in hot torsion tests.

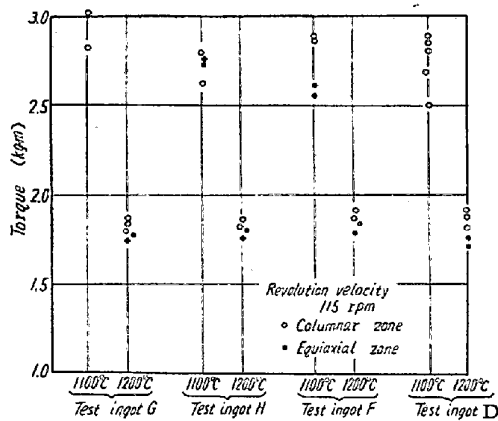


Fig. 4. Maximum torque in hot torsion tests.

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つた。
- 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。また鑄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-12Ni-2Mo-

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