

Table 2. Results of creep-rupture test.

Melting methods	Specimen	Rupture life, hours				Elongation after rupture, %			
		1100°C	1150°C	1200°C	1250°C	1100°C	1150°C	1200°C	1250°C
Vacuum melt	V78	65.8	135.7	113.4	182.5	64.8	80.8	59.2	50.2
	V79	44.7	61.7	120.4	184.1	85.6	59.2	66.0	43.6
Air melt	V80	68.7	115.2	280.4	370.9	72.0	48.4	53.6	21.2
	V81	67.3	79.7	124.6	214.8	76.0	61.0	50.0	42.8

Table 2 に示す。これによると焼鈍温度が高くなるにしたがい破断時間はいちじるしく長くなり、一方破断伸びは逆に低下する。

この種耐熱鋼においては一般に真空溶解したものの方が大気溶解したものよりクリープ破断性がすぐれているといわれているが、本実験においてはかえって大気溶解の方が破断時間が長い傾向がみられるが、分散分析を行った結果によれば溶解法については有意差のないことが知られた。なお破断部の顕微鏡試験の結果によれば、クリープ破断の型式はおおむね粒界破断を示していることがわかった。

(3) 顕 微 鏡 試 験

真空溶解材と大気溶解材の焼鈍組織を比較するに真空溶解の方が一般に粒界が現われにくく、また炭化物、窒化物などの偏析も少い傾向が見られる。

板材においては as rolled では加工歪によりいちじるしく結晶粒がゆがんでいるが、焼鈍温度の上昇にしたがい結晶粒が粗大化しとくに 1250°C では粒の成長がいちじるしい。したがって高温焼鈍材のクリープ破断寿命は長くなるものと考えられる。

IV. 結 言

LCN-155 板の常温機械的性質およびクリープ破断性質におよぼす溶解条件および焼鈍温度の影響について検討を行なった結果つぎの結論をえた。

常温引張性質は焼鈍温度による影響が大きく、温度が高いほど延性がよくなる。焼鈍温度としては 1150°C 以上が適当と考えられる。

またクリープ破断性質は焼鈍温度によつていちじるしく影響を受け、焼鈍温度が高いほど結晶粒が成長するた

め寿命は長くなり、また破断伸びが低下する。しかし本実験においては真空溶解と大気溶解との溶解条件の差はほとんど認められない。

(92) 耐熱鋼 G-18B の熱処理条件と機械的性質

神戸製鋼所, 神戸研究部

西原 守・中野 平・山本俊二・○喜多壮大
Effect of Heat-Treatment Conditions
on Mechanical Properties of Alloy
G-18B.

Mamoru Nishihara, Taira Nakano,
Shunzi Yamamoto and Sodai Kita.

I. 緒 言

ガスタービンとはわが国でも漸く実用の段階に入ろうとしており、今後需要の増大が期待されているが、これに使用されるタービンローター材は可成りの高温で使用する処から高級耐熱鋼の大型鍛造品を必要とし、また高速回転の使用条件から材質の均一性と残留応力のきわめて小さいことが要求されるなど、その製造には高度の技術が必要である。当社はさきに 2000 kW ガスタービンローター（仕上重量 335 kg, 最大直径 300 mm）の製作に成功したが、それに先立つて、ローター材を対象とした熱処理条件と機械的性質との関係について試験を行なったのでその結果について報告する。

II. 実 験 方 法

1) 供 試 材

溶解は塩基性 1 t 高周波炉 2 基で行い、合せ湯により

Table 1. Chemical composition of samples.

Charge No.	C	Si	Mn	Cr	Ni	Co	Mo	Cb	W	P	S
OR5972 OQ5255	0.43	1.13	1.02	14.85	13.80	10.80	2.0	2.86	2.38	0.022	0.015
Composition range	0.32 ~0.48	0.7 ~1.7	0.5 ~1.0	12.0 ~14.0	9.0 ~11.5	1.4 ~2.2	2.4 ~3.6	1.8 ~3.3			

2 t 鋼塊 1 本と 80 kg 鋼塊を 2 本溶製し、本試験は後者の 80 kg 鋼塊を 30 mm 角材に鍛伸して用いた。供試材の化学成分を Table 1 に示す。

2) 実験方法

G-18B の標準熱処理条件として Jessop ではつぎの三つを挙げている。

① 溶体化処理: 1300°C より急冷

② 溶体化処理後 800°C で時効処理

③ 溶体化処理後 740°C で warm working

このうち③の warm working は耐クリープ性の低下をきたすことなしに耐力を上昇させる方法として有効な処理とされているが、ローターには適用できないので本試験では除外した。

①の溶体化処理については、カーバイトを一旦オーステナイトに十分固溶させるためには 1300°C 近傍の温度が必要と考えられるが、この温度は融点 (1319°C) に非常に接近しているので、現場作業的に可成りの困難が予想されるので、溶体化温度を 1250°C あるいは 1200°C に下げた場合に常温および高温の機械的性質がいかように変化するかを試験した。

②の時効処理については、耐クリープ性の観点からは

行わない方が好ましいが、ローターの使用条件を考慮する時、溶体化処理後あるいは機械加工後に歪取焼鈍を行わねばならない。歪取焼鈍の温度は低ければ内部応力が十分に除去できないし、高ければ耐クリープ性の低下をきたすのでその間の適当な温度を選ぶため、600, 700, 800°C の温度で時効処理 (歪取焼鈍) を行なった。

III. 実験結果

1) 常温および高温 (650°C) 短時間引張試験性質

溶体化温度の影響としては、温度 1200°C の場合の方が 1300°C の場合に較べてすぐれた伸び、絞りおよび衝撃値を示した。これは結晶粒の大きさに起因するものと考えられる。溶体化温度からの冷却速度の影響は冷却速度の小さくなるにしたがつて、耐力、伸び、絞り、衝撃値の低下が見られ、したがって大型鍛造品では小型試験材の場合に較べて機械的性質の低下は免れないが、その程度は左程大きいものではない。

時効温度 (歪取焼鈍温度) としては 800°C では時効硬化により、耐力、抗張力の上昇が見られる反面、伸び、絞り、衝撃値で可成りの低下を示す。700°C, 600°C では殆んど時効硬化の影響が認めがたい。試験結果の一覧を Table 2 に示す。

Table 2. Effect of heat-treatment conditions on mechanical properties.

	Heat treatment conditions	Mechanical properties at room temperature					Short-time high temperature tensile properties (at 650°C)		
		Yield strength (0.1%) (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction (%)	Charpy-impact value (kg-m/cm ²)*	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction (%)
Kobe Steel Works data	1300°C/5h 30φ air-cool	29.8 30.1	72.1 70.3	44 41	38 39	12.0 14.0	54.0 53.9	23 21	26 22
	1250°C/5h 30φ air-cool	32.6 29.0	73.4 73.4	50 49	51 51	17.1 14.2	55.0 53.9	30 26	26 25
	1300°C/5h furnace-cool	26.0 29.8	69.2 70.3	36 32	35 28	10.9 9.4	48.0 48.8	19 17	20 23
	1300°C/5h 30φ air-cool →800°C/30h	35.9 35.9	73.0 76.8	27 25	27 25	9.0 9.0	44.8 47.1	15 29	29 36
	1300°C/5h 30φ air-cool →700°C/30h	31.2	73.7	40	40	10.0 7.1			
	1300°C/5h 30φ air-cool →600°C/30h	30.6	74.4	43	37	10.0 10.9			
W. Jessop data	As solution-treated at 1300°C	25.1	72.1	40	30				
	Solution-treatment aging at 800°C	28.2	75.3	25					

* V-notch specimens.

2) 耐クリープ性

650°C においてクリープ—ラプチャー試験を行なったが、溶体化温度は 1300°C から 1250°C、1200°C へと低くなるにしたがつて耐クリープ性が劣化した。これはカーバイトのオーステナイトへの固溶が 1300°C 以下の温度では不充分であることを裏書きするものである。この低下の様相を Fig. 1 に示す。

つぎに時効温度の影響をみると、800°C の時効では溶体化のままのものに較べて可成りいちじるしい劣化が認められるが、700°C では殆んど低下せず、600°C では逆に上昇する傾向が示された。

溶体化温度 1200°C で時効温度 800°C の試料は悪条件が重なったのでもつとも悪い結果を示した。これなどの結果を Fig. 2 に示す。

なお、この鋼種の特徴として破断時間が長くなるほど破断後の伸び、絞りの増大する傾向が認められた。

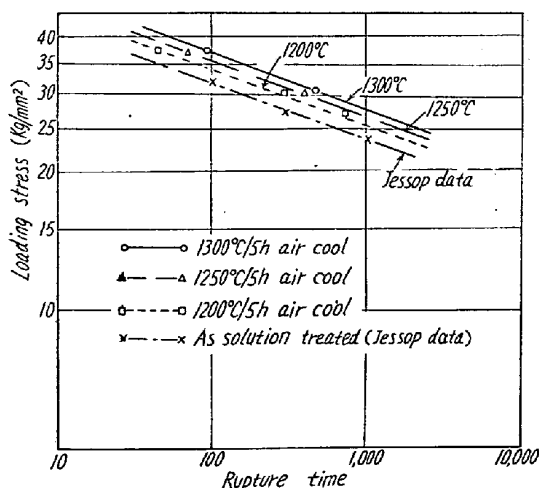


Fig. 1. Effect of solution-treatment temperatures on creep-rupture strengths (at 650°C).

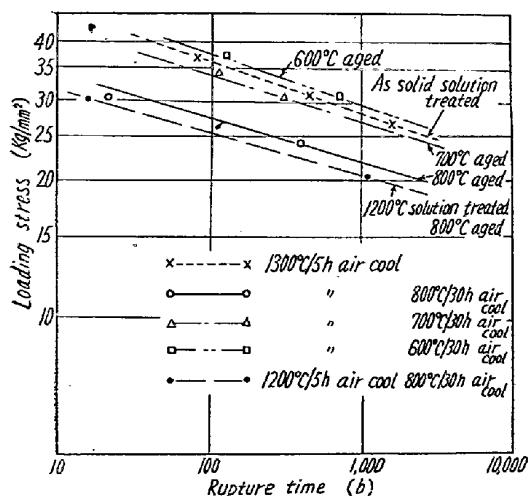


Fig. 2. Effect of aging temperatures on creep-rupture strength (at 650°C).

IV. 結 言

ガスタービンのローター材を対象として熱処理条件と機械的性質の関係を試験しつぎの結論をえた。

① 溶体化温度は 1300°C から 1200°C に下げた方が常温および高温短時間引張試験性質を向上させるが、耐クリープ性においてはカーバイトがオーステナイトに充分固溶しないために温度の低下に従って劣下を示す。

② 溶体化温度からの冷却速度の影響はとくにいちじるしいものではないが、冷却速度の減少にしたがつて機械的性質の劣下が認められる。したがって、大型ローター材では蒸気タービンローター材のように特殊冷却焼入装置による均一ミスト冷却または強制空気冷却の実施が好ましいと考える。

③ 時効処理については 800°C では可成りの時効硬化が認められ、耐クリープ性がいちじるしく劣下するので好ましくない。

これに反して 700~600°C では殆んど時効硬化が認められず、耐クリープ性における悪影響も認められないので、溶体化処理後または機械加工後の歪取焼鈍は使用条件を考慮し 600~700°C の温度域での実施が望ましい。

④ この鋼種の特徴として、クリープ—ラプチャー試験で破断時間が長くなるほど破断後の伸び、絞りの増大する傾向が認められた。

(93) 19-9 D L, G18B, LCN-155 合金
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—Ⅱ)

特 殊 製 鋼

工博 山中直道・○日下邦男・外岡 耀

Effect of P-Addition on Properties of 19-9DL, G18B and LCN-155 Alloys.

(Effect of P-addition on properties of heat-resisting steels—Ⅱ)

Naomichi Yamanaka, Kunio Kusaka
and Akira Tonooka.

I. 結 言

われわれは溶体化処理後焼戻時効処理を行うことによって、ホットコールドワーク処理に匹敵するような応力破断強度を有する耐熱鋼をうることを目的として実験を開始し、第 1 報においては 18Cr-12Ni-2Mo 系、18Cr-12Ni-2.5Mo-0.8Cb 系などにおよぼす P 添加の影