

Table 2. Result of creep rupture test at 650°C, 31.5 kg/mm²

Symbol of specimen	Heat treatment			Brinell hardness			Creep rupture test				Hardness of creep test specimen	
	Solution treatment	Working temperature	Reduction working	After solution treatment	After H.C.W.	After stress relieving	Rupture time (h)	Elongation at rupture (%)	Creep rate (%/h)	Reduction of area (%)	Before test (Rc)	After test (Rc)
T812	as forged	700	18	—	313	286	95.9	29.8	0.043	35.5	33	25
T813	as forged	700	24	—	311	286	228.4	14.0	0.033	15.0	33	36
T814	as forged	700	35	—	319	283	412.2	5.7	0.009	7.7	33	37
T815	1150°C×1h.-W.Q.	700	18	164	265	277	222.9	8.2	0.020	21.0	33	34
T816	"	700	30	167	313	309	321.3	5.0	0.007	13.8	34	36
T817	"	700	32	169	321	295	235.8	4.7	0.013	13.5	34	33
T318	"	800	16	166	298	266	128.1	6.0	0.028	15.0	29	29
T819	"	700	28	166	311	278	234.5	7.7	0.018	19.5	32	34
T820	"	700	31	170	313	292	180.2	14.8	0.011	30.5	34	25
T11.5B	as forged	700	35	—	Rc 24.0	Rc 24.9	145.2	39.2	0.041	48.8	23.1	19.8
T11.6A	as forged	700	35	—	Rc 21.3	Rc 12.6	178.3	36.8	0.034	42.9	20.4	18.4
T11.7B	as forged	700	35	—	Rc 22.6	Rc 23.0	204.8	41.0	0.043	51.0	22.4	18.7

III. 実験結果

Table 2 に実験結果を表示する。本実験より次の諸点が観察された。

1. 固溶化処理を行わず H.C.W. を施した場合加工度の増加にともなつてクリープ破断時間は長くなり、クリープ速度は減少し、クリープ抵抗が増加することが明らかである。これに反しクリープ破断後の伸、絞りは加工度の増加と共に減少している。前報にて報告した角材では加工度と共にクリープ抵抗および靱性を減少しており、クリープ抵抗については逆の傾向を示している。また類似加工度の試料につき比較すると硬度では大差ないが、本実験の場合はクリープ破断時間が長いことは注目を要する。

2. 固溶化処理後 700 および 800°C にて H.C.W. を施した場合、同一加工条件の固溶化処理を行わず H.C.W. した時よりクリープ抵抗が増大することおよび加工温度の増加によりクリープ抵抗が減少することは前報と同様である。また加工度の増加につれてクリープ抵抗の最高点がありこれ以上の加工度で減少することは前報と類似の傾向である。このことは Zschokke, et al¹⁾ が 18% Cr, 9% Ni, 1% W, 0.7% Ti 鋼について報告していることと類似している。同一加工条件の前報の実験値に比べ、本実験では硬度は少々低目なるも大差ないが、クリープ抵抗は本実験結果の方が明らかに大となり、これに反し伸、絞りは減少している。

3. 40mm 手 試験材より採取した試料では隅角部にて採取した T 11-6A は中心部より採取した T11-5B,

T11-B より著しく硬度が低いが、クリープ破断試験では T11-5B のクリープ破断時間が短い。40mm 手 試験材のクリープ破断試験結果は前報および本実験における小型試料に比しクリープ抵抗が大で而も靱性も大で極めて優良な成績を示しているが、硬度は低い値を示している。この実験より Timken 材を H.C.W. した時、同一素材においても加工時のメタルフローにより加工条件が変化すれば高温機械性質はばらつくことが予想される。

文 献

- 1) Zschokke, et al. Journal of Iron & Steel Institute. Sully: Metallic Creep

(42) S816 の高温機械的性質に関する研究 (I)

Studies on Mechanical Properties at Elevated Temperature of S 816 (I)

Taro Hasegawa, et alii.

住友金属工業 K.K. 製鋼所

工〇長谷川太郎・落合 治・稲生 順一

I. 緒 言

耐熱合金の高温機械的性質、特にクリープ特性は化学成分の外に溶解、鑄造、鍛造、熱処理等製造法により著しい影響をうけることは多くの研究者に¹⁾²⁾³⁾より報告されている。耐熱合金 S 816 はジェットエンジン、ガスタービン翼材として近時我国においても汎く使用せられてきたが、上記の如き高温機械的性質については解明せ

Table 1. Chemical composition of the specimen tested

Symbol	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	W	Mo	Nb+Ta
S 5	0.39	0.83	1.58	0.002	0.020	19.81	20.73	39.61	4.25	3.83	4.05

Table 2. Result of creep rupture test at 732°C and 26.6 kg/mm²

Symbol	Temperature of solution treatment	Aging 760°C × 16h	Grain size	Creep rupture test				Hardness before test		Hardness after test
				Rupture life	Elongation	Creep rate	Reduction of area	B. H. N.	Rc	Rc
S 54	1150	non	6	52.8	25.8	0.343	21.5	262	27.9	35.4
S 56	1150	yes	7	49.8	22.5	0.404	18.8	272	29.1	36.6
S 58	1175	non	6	74.9	26.8	0.280	20.7	244	29.6	35.8
S 59	1175	yes	6	62.4	27.4	0.338	23.3	268	29.0	36.0
S 510	1200	non	6	75.3	27.2	0.243	22.8	240	28.1	35.3
S 511	1200	yes	7	62.7	22.2	0.264	19.5	272	29.6	36.0
S 512	1225	non	6	105.2	28.8	0.160	23.5	246	27.4	35.4
S 513	1225	yes	7	82.8	30.0	0.245	24.9	262	29.7	36.4
S 514	1250	non	4	103.8	19.5	0.152	18.2	237	28.2	34.8
S 519	1250	non	2	65.0	12.8	0.175	13.9	250	25.8	34.7
S 515	1250	yes	4	109.5	25.2	0.148	24.8	282	31.0	47.0
S 516	1250	yes	8	112.6	29.5	0.152	29.3	275	27.0	38.1

られてない所が多い。筆者等は本合金の高温機械的性質におよぼす諸因子の影響を調べ、優良な品質の本合金製造の資料とせんとし本研究を始めた。本報においては熱処理の高温機械的性質におよぼす影響につき報告したい。

II 実験法

100 kg 塩基性高周波炉にて溶解し 20 kg 鋼塊より鍛造して得た 15 mm 厚 素材を供試材とした。その化学成分は Table 1 に示す標準成分の S 816 である。本報においては固溶化処理温度と時効処理の影響を調査するため次の実験を行った。

15 厚 × 120 mm の試験片を 1150°C より 1250°C の間 5 種の温度にて各 1 時間 2 個宛固溶化処理後水冷し、各固溶化処理温度にて 1 個は 760°C × 16h (空冷) 時効処理を施し、残 1 個は固溶化処理のまま爾後の試験に供した。上記試験材の一端より顕微鏡および硬度試料を採取し、残部より 6.35φ × 30 mm のクリープ破断試験片を採取した。クリープ破断試験は 732°C (1350°F) 26.6 kg/mm² の試験条件として破断時間、クリープ速度、破断時の伸、絞りにおよぼす固溶化処理温度および時効処理の影響を調査した。

III. 実験結果

実験結果を Table 1 に示す。本実験結果より次のことが観察される。

1. 固溶化処理温度が高くなると固溶化処理後の硬度は低下しており顕微鏡組織よりも固溶体化が進んでいることが認められる。また高温固溶化処理となれば時効硬度は大となり、クリープ破断試験後の硬度および試験中の硬化量も大となつてゐるが、これ等の現象は固溶体化が進行したために生じたものであろう。更にまた 1250°C の固溶化処理を行うと急激に結晶粒が粗大化することが認められる。高温固溶化処理による固溶体化の進行と結晶粒粗大化の現象にともない、時効処理の有無に関せずクリープ破断時間は増大し、クリープ速度は減少することが認められる。

2. 固溶化処理温度はクリープ破断後の伸、絞には著しい影響を与えない。1250°C の固溶化処理の場合、1225°C 以下の固溶化処理の場合より伸、絞が低下してゐるのは結晶粒の粗大化によるものであろう。

3. 固溶化処理と固溶化処理一時効の 2 種の熱処理を同一固溶化温度にて比較すると、1225°C 以下の固溶化処理状態では明らかに前者の方がクリープ抵抗が大である。然るに 1250°C の固溶化処理では時効後の場合と固溶化処理後の場合クリープ破断時間の差が殆んどなくなつてゐる。S 519、S 516 はこの特異現象確認のため夫々 S 514、S 515 と同一熱処理条件の試料を改めて製作してクリープ破断試験を行つたもので、S 519 のみ結晶粒が異常に粗大化したため破断時間が著しく小となつたが、上記特異現象の傾向は変りない。

4. クリープ破断後の伸、絞におよぼす時効処理の影

響を同一固溶化処理温度の試料につき見るに、その影響は僅かであるが固溶化処理の儘の試料は時効処理を施したものと比べて靱性は劣っている。而してこの効果は固溶化処理温度が高くなる程著しくなる。筆者等はクリープ破断試験中の時効硬化が著しい程クリープ抵抗は増大し、これに反し靱性が低下することを Timken 16-25-6 につき報告したが、本合金においても全く同一の現象が認められる。固溶化処理温度が高くなる程クリープ破断試験中の時効硬化が著しくなるため、時効処理による靱性向上は顕著となつたものと考えられる。

5. クリープ破断試験前後の硬度を比較すると、何れの条件でもクリープ破断試験中著しく硬化しており、クリープ抵抗の大なる試料は試験中の硬化量が大なることは明らかである。1225°C 以下の固溶化処理の場合、試験後の硬度は同一固溶化処理温度の試料では時効の有無に関せず大差ないが、1250°C の固溶化処理の場合は時効処理を行つた試料は固溶化処理の儘の試料より明らかに高い硬度を示している。かかる現象は高温固溶化処理による固溶体化にともなつたもので、クリープ破断試験前後の顕微鏡組織の観察と共にクリープ特性と関連づけられる。以上の観察により本合金の高温機械的強度は時効硬化に依存する所が少ないことが明らかである。

- 1) J. W. Freeman, et al. Super Creep-resistant Alloys, A.S.T.M. Symposium on Plasticity and Creep of Metals.
- 2) G. V. Smith: Properties of Metals at Elevated Temperatures
- 3) C. L. Clark: High Temperature Alloys
- 4) 長谷川等: "Timken 16-25-6 の高温機械的性質に関する研究 (II)" 昭和 30 年本会第49回講演会講演

(43) 12% Cr 鋼のクリープ特性に及ぼす合金元素及び熱処理の影響

(Effect of Alloying Elements and Heat Treatments on Creep Property of 12 percent Chromium Steels)

Takeshi Akutagawa, et alii.

東大教授 工博 ○芥川 武
 〃 講師 工藤 田利夫
 商船大学助教授 竹村 数男

I. 緒言

12% Cr 耐熱鋼は Ni, Co を含まずに 600°C 付近までは高いクリープ強さを有する。従つて蒸気タービンおよび排気タービン翼, ジェットエンジン, ガスタービン翼車材料等として重要視されるべきものと考えられるので著者等は 12% Cr 鋼に各種の元素 (Mo, W, V, Cb, Ti 等) を単独に添加して、そのクリープ強さにおよぼす影響および熱処理によるクリープ強さの変化を調べた。

II. 試料及びその熱処理

使用した試料の化学成分は Table 1 に示す。

試料は高周波電気炉にて溶解し、30 kg 鋼塊を約 30 mmφ に鍛造したものから作つた。

クリープ試験片の熱処理は次の 2 種類である。

A 熱処理 1150°C × ½h → O.Q.

680°C × 1h → A.C.

B 熱処理 1000°C × ½h → O.Q.

680°C × 1h → A.C.

III. 試験法

著者等の完成した長時間クリープ試験機を用いて 620°C 4 kg/mm² の一定条件で 500h のクリープ試験を行つた。

この装置の精度は次の如くである。

- (1) 試験機の荷重精度 試験荷重の 0.2% 以内
- (2) 伸び測定精度 1μ (試験片の標点距離 50 mm に対し 0.002%)
- (3) 温度調節精度 620°C ± 0.5°C 以内
- (4) 試験片の上, 中, 下の温度差 1°C 以内
- (5) 温度測定精度 0.1°C

なお本装置は上記の精度で連続 10,000h 以上の長時間クリープ試験を行うことができる。

IV. 実験結果

前述の試料につきクリープ試験を行つた結果を図示すると Fig. 1, Fig. 2 の如くなる。Fig. 1 は熱処理 A, Fig. 2 は熱処理 B のクリープ曲線である。

(1) Mo 添加の場合

Mo を添加した 12% Cr 鋼は焼入温度を高くすることにより、クリープ歪を小さくすることができる。また 1000°C から焼入した B 熱処理では Mo が 1.25% 程度になると、かえつて 0.79% Mo のものよりクリープしやすい。これは完全に Mo 炭化物が固溶していないためと考えられる。

(2) Cb 添加の場合