

ープの大きさは Al 添加量の多いものほど大きい結果になつていない。600 g/t の d がもつとも大きく 1000 g/t の b は 400 g/t のものより小さい。またこれらはいずれも弧光炉製の F よりも小さいクリープを示している。

このことは炭素鋼の場合と同様 Al 添加によるクリープ強度の低下が Al の量に比例するものでなく一定量でその効果は飽和しそれ以上の Al が添加された場合には固溶した Al の地鉄を強化する作用によりクリープ強度が幾分高められることを意味するものと考えられる。

IV. 結 言

前報で比較試験した電気弧光炉製 1Cr 0.5 Mo 鋼のうち Al 添加量 0 と 400 g/t のもの各 1 charge につき長時間クリープ試験を行い長時間低応力の場合にも Al 添加によるクリープ特性の優劣のあらわれることを確めた。

Al 添加量 1000 g/t まで増した高周波炉製 1Cr 0.5 Mo 鋼についてクリープ試験を行い Al の影響がその量に比例するものでなく、一定量でその効果が飽和しそれ以上添加された場合はクリープ強度がかえつて幾分高められることがわかつた。

(109) 12% Cr 耐熱鋼の研究 (IX)

(長時間クリープおよび焼戻硬度について)

A Study on 12% Chromium Heat-Resisting Steels (IX)

(Long-period creep and tempering hardness.)

T. Fujita, et alius.

東京大学工博 芥川 武・工〇藤田 利夫

I. 結 言

12%Cr 耐熱鋼に B および N を同時に添加すれば、600°C~650°C のグリーおよび破断強度がいじるしく高くなることは、すでに第7, 8報において述べた。しかしこれらのクリープおよび破断強度は 1000~2000 時間程度の試験によるものであつたが、その後 5000~10000 時間程度のクリープ試験を 650°C (12%Cr 耐熱鋼とし

ては、この温度が最高と考える。), 12 kg/mm<sup>2</sup> の一定条件のもとで数種類の 12% Cr 耐熱鋼について行つた。また同時に、600°C~700°C で数千時間の焼戻を行いその時の硬度変化および顕微鏡組織の変化を調べた。

II. 試 料

試料の化学組成を Table 1 に示す。これらは高周波電気炉で 4~5 kg 熔解し、24~25 mm φ の丸棒に鍛造した。S6 だけは、高周波電気炉で 50 kg 熔解し、25 mm の角棒に鍛造した。

S2 のごとく多量の B を添加した 12% Cr 耐熱鋼は鍛造が非常に困難であるが、0.05% 以下の B または N を添加した 12% Cr 耐熱鋼は添加しないものと、ほとんど鍛造性は変わらない。

III. 実 験 結 果

(1) 長時間クリープ試験

著者等は 12% Cr 耐熱鋼は 600~650°C に長時間加熱すれば、焼戻が進行し、600~650°C で長時間使用する場合は、長時間のクリープ試験を行わねばならないと考えている。

最近、英国の Wm. Jessop & Sons 会社でも、2~3 万時間の長時間クリープ試験をかなり多く行つているようである。

著者等は 12% Cr 耐熱鋼の 650°C における 2000 h 以上の長時間クリープ試験を行つている。その結果の一部を Fig. 1 に示す。この図表に現在 12% Cr 耐熱鋼

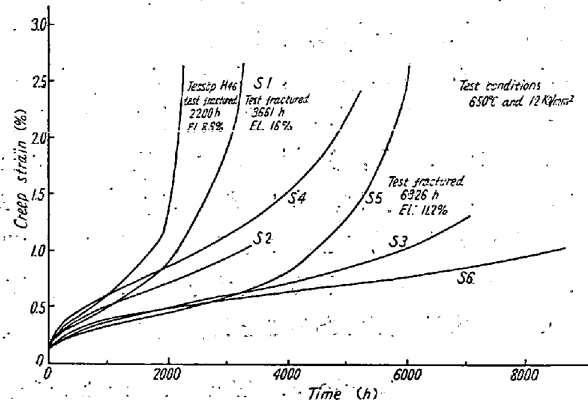


Fig. 1. Comparative creep curves of 12% chromium heat-resisting steels.

Table 1. Chemical composition of specimens tested.

Steel No.	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Nb	B	N	Other element
S 1	0.20	0.5	0.4	11.50	0.87	0.13	0.21	—	—	—
S 2	0.16	0.5	0.4	11.83	0.65	0.16	0.18	0.15	—	—
S 3	0.16	0.5	0.4	11.10	0.90	0.12	0.20	0.05	0.05	—
S 4	0.15	0.5	0.4	11.10	0.99	0.13	0.22	0.03	—	Ti 0.12
S 5	0.16	0.5	0.4	11.83	1.20	0.15	0.23	0.03	0.02	W 0.18
S 6	0.21	0.8	0.4	11.16	1.29	0.17	0.29	0.03	0.03	—

として最も有名な Jessop H 46 (C 0.15% Cr 11.5%, Mo 0.45%, V 0.30%, Nb 0.25%) のクリープ曲線も附記した。これらから次のようなことがわかる。

(i) Jessop H 46 の V をさげ、Mo を多くした S1 は、Jessop H 46 より破断時間はかなり長くなる。

(ii) S1 に B を 0.15% 添加した S2 は、1000 h 程度までは S1 よりクリープ歪が大きいが、3000 h 程度になれば、かなり S1 よりクリープ歪が小さくなる。したがって B 添加は長時間のクリープ強度を高めることがわかる。

(iii) S1 に B および N を 0.05% ずつ添加した S3 は、S1 よりクリープ歪は非常に小さく、7000 h 程度でも、全クリープ歪は 1.2% であるから、10000~12000 h で破断するものと考ええる。

(iv) S5 は S1 に B, N, W を同時に添加したもので、2000 h 程度までは、これらのうちで最もクリープ歪が小さいが、それ以後になれば炭化物等の凝集が盛んになり約 6300 h で破断する。これらから見て短時間で非常に強力な耐熱鋼は必ずしも、長時間で強力とは限らない。

(v) S6 は B および N を最も適当な 0.03% ずつ同時に添加し、Mo を標準のものよりやや多くしたものであるが、長時間において、非常に高いクリープ強度を有する。

#### (2) 長時間破断強度と短時間破断強度との関係

現在、耐熱鋼は一般に、短時間試験で長時間の破断強度を推定する傾向にあるが、Table 2 により、少なくとも 12% Cr 耐熱鋼においては、長時間の破断試験を行うことによつてのみ、長時間の破断強度が求められることがわかる。この表は、S4, S5, の長時間破断試験と短時間破断試験の結果を示すもので、S5 の短時間の破断強度は S4 よりいちじるしく大きいが、長時間の破断強度は大体同じ程度であることは注目すべきである。

Table 3. Tempering hardness of 12% chromium heat-resisting steels.

Steel No.	Additional elements	1150°C × $\frac{1}{2}$ h → O. Q.			1250°C	1050°C
		600°C × 4500 h	650°C × 4500 h	700°C × 4500 h	× $\frac{1}{2}$ h → O. Q. 650°C × 4500 h	× $\frac{1}{2}$ h → O. Q. 650°C × 4500 h
S 1	—	303	288	228	295	278
S 2	0.15% B	323	300	237	315	273
S 3	0.05% B + 0.05% N	318	314	231	308	281
S 4	0.03% B + 0.15% Ti	318	309	241	299	301
S 5	0.03% B + 0.02% N + 0.2% W	314	291	239	305	285
S 6	0.03% B + 0.03% N	307	285	249	305	280

Note: Base composition = Cr 12%, Mo 0.8%, V 0.2%, Nb 0.2%.

Table 2. Relation between long-time-rupture test and short-time-rupture test.

Steel No.	Heat treatment			
	1150°C × $\frac{1}{2}$ h → O. Q. 700°C 1 h → A. C.			
	Rupture time and rupture elongation at 650°C, and 24 kg/mm <sup>2</sup>		Rupture time and rupture elongation at 650°C, and 24 kg/mm <sup>2</sup>	
	Rupture time (h)	Rupture elongation (%)	Rupture time (h)	Rupture elongation (%)
S 4	26.8	28.3	> 5400 (6000)	—
S 5	359.1	11.0	6326	11.2

Note: ( ) = estimated value.

#### (3) 長時間の焼戻硬度

1150°C から焼入した試料を 600~700°C で 4500 h 焼戻を行つたが、650°C まではかなり高い硬度を示すが 700°C になれば急激に軟化する。これらの結果およびクリープ試験の結果から考えて 12% Cr 耐熱鋼の 700°C の長時間クリープ強度はいかなる添加元素を加えても、現在のものより、はるかに強力にすることは困難のようである。

また焼戻温度を 1050°~1250°C に変化して、650°C で焼戻を行つてもあまり硬度の変化はない。

#### IV. 結 言

以上の実験結果を要約すると次のごとくである。

(1) 代表的な 12% Cr 耐熱鋼の 650°C, 12 kg/mm<sup>2</sup> の長時間クリープ試験を行つた。

(2) 12% Cr 耐熱鋼に、B, B+N を添加することは 650°C の長時間クリープ強度をいちじるしく高めることが出来る。

(3) 12% Cr 耐熱鋼に Ti+B を添加すると、650°C の短時間のクリープ強さはかえつて悪くなるが、長時間のクリープ強さは非常に良くなる。

(4) 12% Cr 耐熱鋼に W を 0.2% 程度添加すると短時間のクリープ強度は非常に良くなるが、長時間のクリープ強度は低下する。

(5) B および B+N 等を添加した 12% Cr 耐熱鋼は 600~650°C で長時間焼戻されても軟化しないが、700°C になると急激に軟化する。

(6) 12% Cr 耐熱鋼の 650°C 附近の長時間クリープおよび破断強度は短時間試験の結果から推定することは、非常に困難で、長時間試験を行うことによつてのみそれらの強度がえられる。

### (110) 電弧熔着金属のクリープ強度に関する実験的研究 (II)

#### Studies on Creep Strength of the Metals Deposited by Arc-welding (II)

J. Omori.

住友金属工業, 鋼管製造所 大森 仁平

#### I. 緒言

高温高圧工業の発達とともに使用される材料の熔接部の高温特性の究明は益々重要な意義をもつてきている。さきに第 1 報においては、a) 軟鋼電弧熔着金属では電極棒の被覆型式がクリープ強度に影響のあることを明らかにし低水素ライム型がクリープ抵抗が大きい。b) 1% Cr · 1/2% Mo 鋼熔着金属では焼鈍条件と試験温度との間に重要な関係のあることを明らかにした。

本報においては 1) 軟鋼電弧熔着鋼の成分とクリープ伸速度の関係をさらに長時間試験法による確認 2) 2 1/4% Cr · 1% Mo 鋼熔着金属の熱処理とクリープ伸速度の関係、および化学成分の影響、3) 5% Cr · 1/2% Mo 鋼熔着金属の熱処理とクリープ伸速度の関係等について実験的に解明せんとしたものである。

#### II. 実験の要領

##### (1) 試験片の調製およびクリープ試験方法

第 1 報に述べた通りで、アーク熔接により熔接盛金を行つたパッドより、平行部寸法、10mm φ 標点距離 100mm の試験片を作成し、レバー荷重、マルテンス伸測定方式により短時間および長時間のクリープ試験を行つた。なおクリープ試験後は小型の引張試験片および顕微鏡試験片を採取し試験した。

(2) 軟鋼電弧熔着金属として米国の代表的セルローズ型および我国の代表的低水素ライム型の各被覆電極棒を用い、試験荷重 12.6 kg/mm<sup>2</sup> にて、450°C 100 時間のクリープ伸測定を行うと共に熔着金属の精密な化学分

析を行つた。

(3) 2 1/4% Cr · 1% Mo 鋼熔着金属は代表的低水素ライム型被覆電極棒を使用し、焼鈍条件として 900°C 完全焼鈍、750°C 応力除去焼鈍により 500°C、550°C および 600°C の短時間および長時間クリープ試験を行い、また応力除去焼鈍の加熱時間の影響および被覆型式と熔着金属の成分特に Si の影響について検討した。

(4) 5% Cr · 1% Mo 鋼熔着金属は低水素ライム型被覆電極棒を使用し、900°C 完全焼鈍および 750°C 応力除去焼鈍を施し、試験温度 500°C、550°C および 650°C にて 3~12 kg/mm<sup>2</sup> の荷重にて短時間クリープ測定方法により試験した。

#### III. 結 言

(1) セルローズ型とライム型 (低水素系) のクリープ強度の差は既に第 1 報でも指摘した通りであるが、さらに試験時間を長くして異つた被覆電極棒について試験したが、同様のことが確認せられた。Fig. 1 は As-weld' の状態の試験結果を示す。

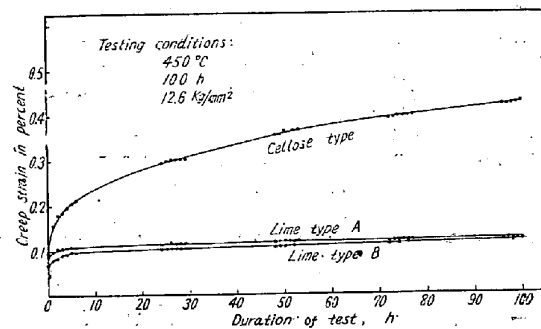


Fig. 1. Creep curves of deposited metals of mild steel.

これらのセルローズ型とライム型の熔着金属の化学成分の差は Si, H, O および不溶性 Ti に認められる。またオーステナイト結晶粒度はライム型が僅かに細かい。

(2) 2 1/4% Cr · 1% Mo 鋼電弧熔着鋼では短時間および長時間のクリープ試験を行つたが、既に 1% Cr · 1/2% Mo 鋼 (第 1 報) でも指摘しているごとく、900°C 完全焼鈍を施したものは 750°C 応力除去焼鈍よりもクリープ強度は明らかに大である。

但し試験温度は 500°C ではその差は僅かで 550°C 以上にて差を大きくする。

Fig. 2 は 550°C におけるクリープ曲線を示し、クリープ伸と応力の関係を Fig. 3 に示す。

なお、熔着金属中の Si 量によつても多少の影響が認められ、かつ焼鈍加熱時間による影響もあり、実用に際してはそれらも考慮する必要がある。