

付近で破断時間は最大値をとりその後は急激に低下する。これは Zr が炭化物の形で析出すれば好影響を示すが、過剰の Zr は ZrS_2 となりやすくそのため悪影響をもたらすと思われる。

IV. 結 言

i) Al, Zr 添加の場合はほとんど時効硬化しないが Al 量の多い試料は長時間時効でいちじるしく硬化する。V 添加の場合は、V 炭化物の析出により硬化する。

ii) 電解残渣の X 線回折の結果、V 添加の場合は V S V N, $Cr_{23}C_6$, V C, γ V C, また Al 添加の場合は Al_3Ni , σ 相, AlN, $Cr_{23}C_6$, Zr 添加の場合は ZrS_2 , ZrC, CrN, Mn_5Si_2 の回折線が認められた。

iii) 引張り強さは V 量とともに比例して増加し、高温ほどその影響がいちじるしいが Al 量にはほとんど影響されない。Zr の場合は低 C では Zr 量による変化はないが高 C では Zr 量とともに低下する。

iv) クリープ破断強さは V 添加の場合、低 C では V 量による変化はないが、高 C では V 量とともにいちじるしく増加する。Al 添加により、ラプチャー強さは Al 量とともに低下する。Zr は低 C では Zr 量による変化はないが、高 C では約 0.2% Zr で最大値をとり、それ以上では急激に低下する。

(169) 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度について

(超高温用耐熱材料に関する研究—I)

東京大学工学部

藤田 利夫・○笹倉 利彦

Creep-Rupture Strength of 28Cr-15Ni Stainless Steels.

(Studies on heat-resisting materials for ultra-high temperature—I)

Toshio Fujita and Toshihiko Sasakura.

I. 緒 言

最近 1000~1200°C の加熱炉および熱処理炉などの部品にステンレス鋼がかなり使用されているが、これらの高温の機械的性質はあまり調べられていない。とくに 1000°C 以上のクリープ特性についてはほとんど研究されていない。

一方ガスタービン、ジェット・エンジンなどが急速に発達し、今日では 1100°C の燃焼ガス温度に達し、動翼温度も 950°C になった。また、クローズド・サイクル型

ガスタービンの動翼温度は 1100~1200°C といわれている。

このように耐熱材料が超高温で使用されるようになってきたため、これらのクリープ破断強さを知ることが必要になってきた。しかし諸外国でもあまりその研究は行なわれていない。

著者らは昭和 27 年から 600~800°C の長時間クリープ試験（数千時間~数万時間）を行なってきたが昭和 34 年 1000~1300°C で行えるクリープ破断試験機の試作に成功し、現在まで 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断試験を行なってきたのでこれらの結果について報告する。

II. 試験装置の概要

クリープ破断試験機の概要はつぎのごとくである。

(1) 試験機本体および試験片

いかに強力な耐熱鋼でも 1000~1300°C になればいちじるしく強度が低下するため試験機の容量は 150 kg とし、直接荷重方式を採用した。この試験機の概要を Fig. 1 に示す。

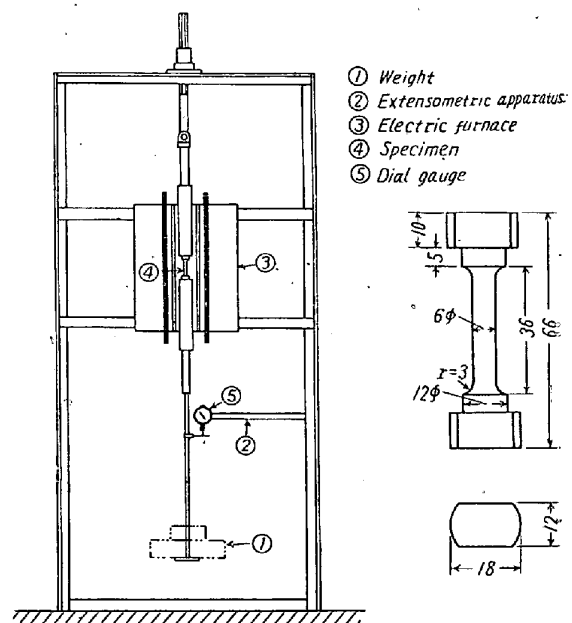


Fig. 1. Creep-rupture tester and the specimen.

試験片の標点距離は 30 mm とし、直径は 6 mm ϕ にした。しかし 1200°C 付近になると 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼でも試験片の表面はかなり酸化される。

引張り棒は 25-20 ステンレス鋼を使用しているが、1200°C で 4000 h 程度しか使用できない。現在は大気中で試験を行なっているが将来は真空またはアルゴン気流中で行なえるようにする考えである。

(2) 温度調節器および電気炉

温度調節器は著者らによつて完成した電子管式自動温度調節器を使用した。電源電圧が $\pm 2\%$ 程度であれば、 1200°C で $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 程度に調節し得る。温度検出器の白金線は $0.5\text{mm}\phi \times 2\text{m}$ を使用している。電気炉の発熱体は温度分布の関係から白金線を使用したかつたが、高価であるため、シリコニットを使用しているが、電気炉を改良することにより試験片の上下の温度差は 2°C 以内に入る。またシリコニット発熱体の寿命は 1200°C で $1500 \sim 2000\text{h}$ 程度である。

(3) 伸び測定その他

伸び測定はダイヤルゲージを使用して、引張り棒の伸びを直接測定しているが、かなりの精度で伸びが測定できる。また、クリープ破断をすればリレーが作動して積算時間計が動き、同時に電気炉、温度調節器の電源を切断するようにしている。

III. 試料

クリープ破断試験に使用した試料は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼である。試料の化学組成は Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	B
S 1	0.24	1.26	1.12	15.70	28.67	—	—	—
S 2	0.24	1.25	1.12	15.70	28.63	0.63	—	—
S 3	0.24	1.28	1.10	15.68	28.65	1.10	—	—
S 4	0.25	1.33	1.02	15.66	28.53	1.60	—	—
S 5	0.24	1.28	1.08	15.68	28.55	1.52	0.5	—
S 6	0.25	1.30	1.07	15.65	28.55	1.50	0.5	0.05
S 11	0.15	1.54	1.09	16.38	27.88	—	—	—
S 12	0.22	1.40	1.05	16.34	27.45	—	—	—
S 13	0.30	1.16	1.00	16.65	26.93	—	—	—
S 14	0.24	1.70	1.33	15.61	28.32	—	—	0.05
S 15	0.25	1.70	1.33	15.15	28.31	—	—	0.10
S 16	0.25	1.68	1.34	15.63	28.32	—	—	0.15

S 1 は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の標準のものである。S 2 ~ S 4 は S 1 に Mo を 0.5, 1.0, 1.5% 添加したものである。S 5 は S 4 に Ti を 0.5% 添加し、S 6 は S 5 に B を 0.05% 添加したものである。また S 11 ~ S 13 は C を 0.15 ~ 0.30% に変えたもので S 14 ~ S 16 は B を 0.05 ~ 0.15% 添加したものである。これらの試料は 20 ~ 30 kg 溶解し、鑄造後 $1100^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow$ 水冷なる熱処理を行なった。

IV. 実験結果

試料 S 1 ~ S 6 に対して 1200°C で $1\text{kg}/\text{mm}^2$, $0.6\text{kg}/\text{mm}^2$, $0.3\text{kg}/\text{mm}^2$ でクリープ破断試験を行ない、その結果を Fig. 2 に示す。

28Cr-15Ni 系ステンレス鋼に Mo を 0.5 ~ 1.5% 添加しても 1200°C のクリープ破断強さはかえつて低下し破断伸びもやや減少する。しかも Mo を 1.5% 添加す

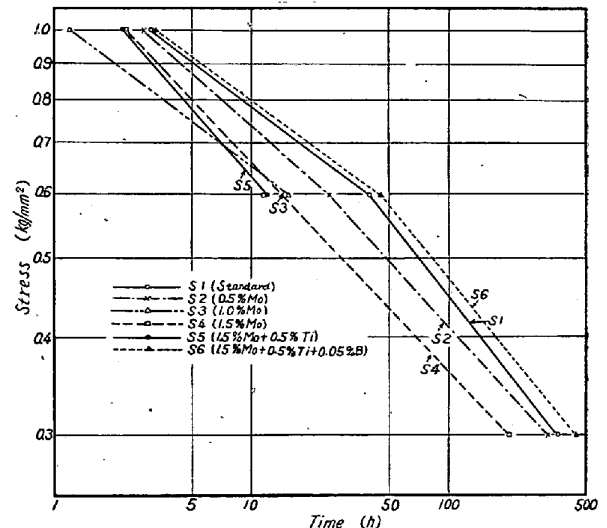


Fig. 2. Stress-time curves for S1~S6 at 1200°C in air.

ると酸化がかなりはげしくなるため Mo を 0.5 ~ 1.5% 程度添加することはさけなければならない。

S 4 に Ti を添加した S 5 は S 4 に比較してかえつてクリープ破断強さが低下している。しかし S 5 に B を 0.05% 添加するとクリープ破断強さはかなり良くなることがわかる。

以上の実験結果から 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼には B 添加がかなり有効であることがわかつたので 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼に C および B の添加量を変化させた試料 S 11 ~ S 16 を溶解した。これらの試料 S 11 ~ S 16 に対して 1200°C で $1\text{kg}/\text{mm}^2$, $0.6\text{kg}/\text{mm}^2$, $0.45\text{kg}/\text{mm}^2$, $0.3/\text{kg mm}^2$ でクリープ破断試験を行なった結果を Fig. 3 に示す。

S 11 ~ S 13 は C 量を 0.15 ~ 0.30% に変化したもの

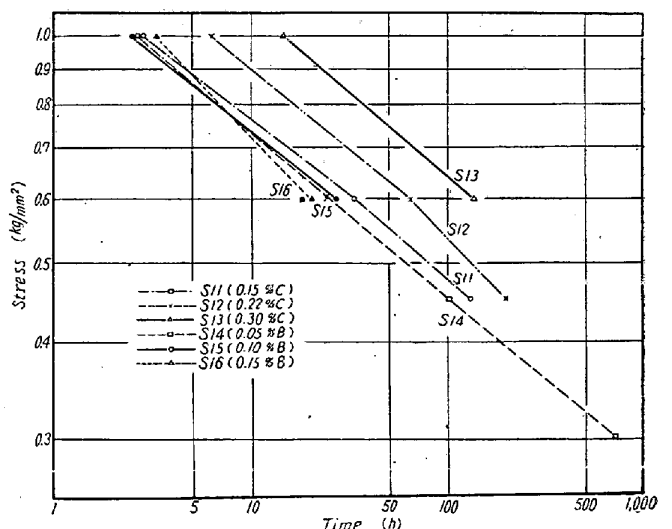


Fig. 3. Stress-time curves for S11~S16 at 1200°C in air.

であるが、100 h 程度のクリープ破断試験の結果では C 量が多いほどすぐれていることがわかる。しかし長時間のクリープ破断強さは必ずしも良くなるとは限らないから数千時間程度のクリープ破断試験を行なう必要がある。

S 14~S 16 は C を一定にして B を 0.05~0.15% 添加したものであるが B を単独で 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼に添加するとかえって短時間のクリープ破断強さは低下する。

したがって前述の結果から Mo, Ti を添加した上で B を添加しなければならないことがわかる。

Table 2 に全試料の 10 h および 1000 h のクリープ破断強さを示す。

Table 2. Creep-rupture strength of 28Cr-15Ni stainless steels.

Steel No.	Rupture strength (kg/mm ²)		Steel No.	Rupture strength (kg/mm ²)	
	10 h	100 h		10 h	100 h
S 1	0.79	0.45	S 11	0.77	(0.48)
S 2	0.74	0.42	S 12	0.90	0.54
S 3	0.65	(0.43)	S 13	(1.08)	0.64
S 4	0.66	0.36	S 14	0.74	0.45
S 5	0.63	(0.34)	S 15	0.74	0.47
S 6	0.80	0.48	S 16	0.73	0.40

() ; extrapolated.

これらの結果から 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強さを良くするには C 量を多くすることがもつとも有効であることがわかる。

(170) A 286 の機械的性質におよぼす溶解法の影響

(A 286 に関する研究—V)

住友金属工業車輛鍛事業部

工博○長谷川太郎・落合 治・山下 静夫

Effect of Melting Procedure on Mechanical Properties of Alloy A 286.

(Studies on the alloy A 286—V)

Dr. Taro Hasegawa, Osamu Ochiai
and Shizuo Yamashita.

I. 緒 言

前報^{1)~3)}までに A 286 の機械的性質、金属組織などにおよぼす真空溶解法、成分などの影響について報告した。これらの結果によれば大気中溶解材に比べ真空溶解

材が高温機械的性質がすぐれていることが明らかであった。

本報では消耗電極式溶解法を加えて、大気中高周波溶解、真空高周波溶解の 3 種の溶解法によりタービン・ローターを試作し、それぞれの鍛伸材とともにローターの機械的性質を調べた結果を報告する。

II. 供 試 材

供試材：100 kg および 50 kg 塩基性高周波溶解炉，50 kg 真空溶解炉，300 kg および 5 kg 消耗電極式アーク溶解炉により溶製した材料を用いた。鋼塊重量，溶解雰囲気は Table 1 のとおりである。鍛伸材は各鋼塊から 15 mm φ に鍛伸したものをを用いた。ローターは E 10 (大気中溶解)，E 13 (アーク溶解材)，E 11 (真空溶解材) の鍛伸材と同一鋼塊から 250 mm φ および 380 φ のローターを製作した。

Table 1 に示すごとく化学成分は AMS 5735 B にしたがう標準のものである。真空雰囲気では N, O, H 量の低いことが認められる。熱処理は鍛伸材，ローターともに Table 2 に示す標準の固溶化処理および時効処理を行なった。

III. 鍛伸材の機械的性質

1) 短時間引張り性質

常温引張り性質は大型アーク溶解 E 13，真空溶解 E 11 が大気中溶解にくらべて絞りが高いが，そのほかは大差ない。Fig. 1 に 650°C の引張り試験結果を示す。アーク溶解材は大気中溶解にくらべてやや靱性が優れる程度で大差なく，真空溶解材は強度，靱性とも大気中溶解材より高い。

2) 650°C クリープ破断試験

Fig. 2 は 650°C，43.9 kg/mm² の一定試験条件で行なった平滑および 2 種の切欠付クリープ破断試験結果を示す。

平滑試験結果ではアーク溶解材は大型，小型，減圧 Ar，真空のいずれの場合も大気中溶解材にくらべて大差はない。大型アーク溶解材 E 13 は引張り試験と同様に若干破断後伸びがすぐれている。真空溶解 E 11 はほかの 2 溶解法にくらべていちじるしくすぐれた破断時間および伸び値を有する。

切欠付クリープ破断試験の結果はアーク溶解材は大型では大気中溶解よりすぐれ，小型では大差はない。真空溶解はいちじるしく高い切欠破断強度を示す。また CV 3 型試験片の切欠の応力集中係数 α_K は CV 1 型試験片のそれより大きいが大気中溶解，アーク溶解では CV 3 型は CV 1 型より破断時間は短くなり，真空溶解で