

Fig. 3. Stress-rupture curves at 800°C.

3.8 ラプチャー強度

標準熱処理を施した後、700°C および 800°C においてクリープ・ラプチャー試験を行った結果の一例を Fig. 3 に示す。短時間側について比較すると標準試料 No. 1 の破断時間 74 hr に対し No. 3 は 328 hr を示し約 4.5 倍である。No. 3 の長時間側はなお、試験継続中であるが 1000 hr の応力は No. 1 の 2.5 倍以上で極めて優れている。破断試験片を顕微鏡により観察した結果は標準試料 No. 1 は全面析出が最もいちじるしく過時効に到達していた。試料 No. 2 もこれと同じ傾向を示したが、No. 3 および 4 は析出量がいくらか少ないように見受けられた。

Co を 1.0% 添加した試料 No. 4 のラプチャー強度は W, Mo の複合添加の場合よりもかえって低下し、Co は負の働らきを示した。ラプチャー強度の向上には Ni, Co のような固溶体強化元素よりも炭化物形成元素である W, Mo の添加により過時効を遅滞せしめる方がより有効であることが確認された。破断の通路はすべて粒界破断であり、標準試料 No. 1 は Boundary Shearing が極くわずかで、破断伸びも少ないが他の No. 2~4 は全面にいたつてそれが観察された。

4. 結 言

以上の実験結果を要約して次に示す。

- 1) W, Mo, それぞれ 0.5% および 1.0% の添加はラプチャー強度に対し非常に有効であつた。ただし常温および高温における硬度と強度の向上にはあまり寄与せず、N の低下によるそれらの減少を補足するには不十分であつた。耐酸化鉛性に対してはわずかに負の作用をする。
- 2) Co 1.0% の添加は常温および高温における強度に対してはあまり有効でなく、ラプチャー強度に対しては負の働らきが認められた。耐酸化鉛性に対してははつきりした効果が認められなかつた。
- 3) Ni 4.0% の増加は耐酸化性を向上せしめ、また高温強度はわずかに向上する傾向が認められた。耐酸化鉛性に対してはわずかに低下させるようである。
- 4) 実用熱処理を施した場合は標準熱処理状態に比し常温および高温における抗張力、靱性ともに若干すぐれている。
- 5) 標準および実用熱処理のいかににかかわらず、得

られる硬度の値はほとんど同一であつた。

6) 実用熱処理の場合には時効硬化現象がほとんど認められず、これがラプチャー強度に対して悪影響をおよぼす惧れがある。

7) 実用熱処理の場合耐酸化鉛性はいちじるしく劣化する。とくに合金元素を添加した場合にはなほだしいが、これは組織の不均一と関係があるようである。

文 献

- 1) 宮川 他: 耐熱金属材料委員会研究報告, 5 (1964) 2, p. 105
- 2) 宮川 他: 耐熱金属材料委員会研究報告, 5 (1964) 2, p. 105
- 3) 岡本 他: 耐熱金属材料委員会研究報告, (1962), p. 1
- 4) C. M. HSIAO, E. J. DULIS: Trans. Amer. Soc. Metals, 49 (1957), p. 655

(169) 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度におよぼす合金元素および製造条件の影響

(超高温用耐熱材料に関する研究—II)

東京大学工学部 工博○藤田利夫
日立金属工業 笹倉利彦

Effect of the Alloying Elements and Casting Conditions on the Creep Rupture Strength of 28 Chromium-15 Nickel Stainless Steels.

(Studies on the heat resisting materials for ultra high temperature—II)

Dr. Toshio FUJITA and Toshihiko SASAKURA.

1. 緒 言

ステンレス鋼の高温における需要は漸次増大しつつあるが、とくに 1000~1300°C 付近の需要がますます増加している。しかしこの付近のクリープ破断強度については諸外国でもあまり研究されていないので、著者らは数年前から 28Cr-15Ni 系および 25Cr-20Ni 系ステンレス鋼の 1200°C におけるクリープ破断強度について研究をすすめている。

前報においては超高温用クリープ破断試験機についての概要をのべさらに 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度におよぼす Mo, Ti, B などの影響について述べた。本報では 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度におよぼす Ni, Cr, Co, Nb, W などの影響および製造条件すなわち 鑄込温度を 1500~1600°C に変化して鑄造した場合の 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度におよぼす影響ならびに 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の化学成分、および鑄型の種類がどのようにクリープ破断強度に影響をおよぼすかを調べたのでこれらの結果についてのべる。

2. 試 料

S21~S25 および S31~S34 は 30kg 高周波誘導溶解炉で溶解し砂型に鑄造したものからクリープ破断試

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe	Other element	Remark
S21	0.23	0.82	0.99	0.006	0.008	15.87	28.95	Bal.	—	Sand mold
S22	0.23	0.71	0.95	0.006	0.008	25.22	28.61	//	—	//
S23	0.23	0.60	0.94	0.006	0.008	14.25	33.04	//	—	//
S24	0.23	0.61	0.93	0.006	0.008	14.15	27.47	//	Co 5.13	//
S25	0.23	0.80	1.06	0.006	0.008	14.51	27.94	//	Ni 2.31	//
S31	0.37	1.89	1.53	—	—	—	27.14	50.53	Co 18.54	Sand mold
S32	0.37	2.57	1.61	—	—	15.67	26.00	32.09	Co 21.69	//
S33	0.34	0.99	1.08	—	—	—	27.94	17.14	Co 52.50	//
S34	0.44	1.19	0.94	—	—	47.90	23.18	22.16	W 4.19	//
S41	0.36	1.32	0.90	0.003	0.006	16.15	28.07	Bal.	—	—
S42	0.317	1.9	1.79	—	—	15.30	26.86	//	—	Metal mold
S43	0.34	0.98	1.22	0.026	0.005	14.96	29.40	//	—	//
S44	0.27	1.09	1.00	0.024	0.005	15.95	30.20	//	—	Sand mold
S51	0.33	1.43	0.79	0.019	0.005	14.95	27.73	Bal.	—	—
S61	0.284	1.80	1.80	—	—	14.64	29.93	Bal.	—	Metal mold
S62	0.299	1.86	1.81	—	—	15.24	29.61	//	—	//
S63	0.301	1.93	1.74	—	—	15.83	29.48	//	—	//
S64	0.38	1.17	1.31	0.020	0.012	17.13	28.05	//	—	Sand mold
S65	0.31	1.12	1.00	0.025	0.015	15.08	29.98	//	—	//
S66	0.27	1.01	1.84	0.026	0.021	16.72	28.62	//	—	//

験片を採取した。

これらは 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリーブ破断強度におよぼす合金元素の影響を調べるためのもので、その化学成分は Table 1 に示す。

S21 は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の基準成分で、S22 はこれに Ni を 25% 増加させたものである。S23 は Cr を 33% にしたものでこの系統のステンレス鋼としては最大限の添加量である。S24 は S21 に Co を 5%、S25 は S21 に Nb を 2.5% 添加したものである。

S31 は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の Ni を Co におきかえたものである。S32 は S31 に Ni を 15% 添加したもので、すなわち 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼に Co を 20% 添加したものである。S33 は Ni をなくし Co を S31 より多くし、約 50% 添加したものである。S34 は現在わが国でも使用されつつある NA22H で、48%Ni にかかなり多量の W が添加されたものである。

S41~S44 は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼でレトルトを製作したもののの中から試料をとりだし、化学成分、製造上の諸因子によりクリーブ破断強度がどのように変化するかを調べたものである。

S51 は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の 鋳込温度を変化して、すなわち 1500~1600°C に変化したとき、クリーブ破断強度がどのように変わるかを調べたものである。

S61~S66 は 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼で製作したレトルトを使用したとき、比較的寿命のこととなったものを選びだしたもので、S61~S63 は金型で、S64~S66 は砂型でレトルトを作ったものである。

本クリーブ破断試験は 鋳造材にもかかわらず試験片の標点間直径を 6mm φ にしたため、クリーブ破断強度のバラッキが非常に大きくなった。したがって 鋳造材でク

リーブ破断試験を行なうときは試験片の標点間直径を 10~12mm φ 以上の大きいものを使用することが望ましいと考える。

3. 実験結果

3.1 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼における合金元素のクリーブ破断強度におよぼす影響

3.1.1 Ni, Cr, Co (5%), Nb の影響

前報¹⁾では 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリーブ破断強度におよぼす Mo (1.5% まで)、C、B などの影響について実験を行ない、Mo (1.5% まで) および B (0.15% まで) はほとんど効果がなく、C は短時間のクリーブ破断強度を高めるが、長時間のそれはあまり高めないことを報告した。

ここでは Ni, Cr, Co (5%) などを中心に広範囲に変化させ、また Nb は耐酸化性にあまり影響がないと考え 2.5% 添加した試料 S21~S25 について、1200°C でクリーブ破断試験を行なった。その結果を Fig. 1 に示す。

これらの結果から 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の Ni を 10% 増加して、25% にした S22 が最もクリーブ破断強度がすぐれている。また Co を 5% 添加した S24 が最も悪い。Nb を 2.5% 程度添加してもあまりクリーブ破断強度の向上はない。Cr を 33% にした S23 はかなりクリーブ破断強度が良く、しかも他の試料より破断伸びが大きい。

3.1.2 Co の多量添加の影響

28Cr-15Ni 系ステンレス鋼に 5% 程度の Co を添加してもかえって、クリーブ破断強度は低下するが、さらに多量添加するとクリーブ破断強度がどのように変化するかを調べるために S31~S34 の試料を溶解した。これらの試験にたいし 1200°C でクリーブ破断試験を行ない、その結果を Fig. 2 に示す。また比較の意味で

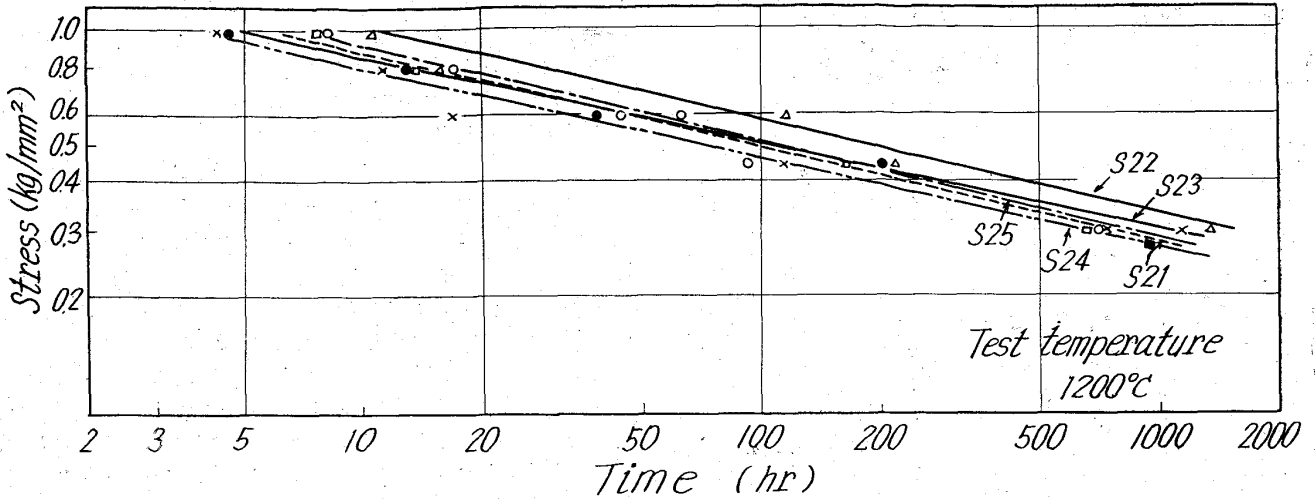


Fig. 1. Effect of alloying elements on the creep rupture strength of 28Cr-15Ni stainless steel.

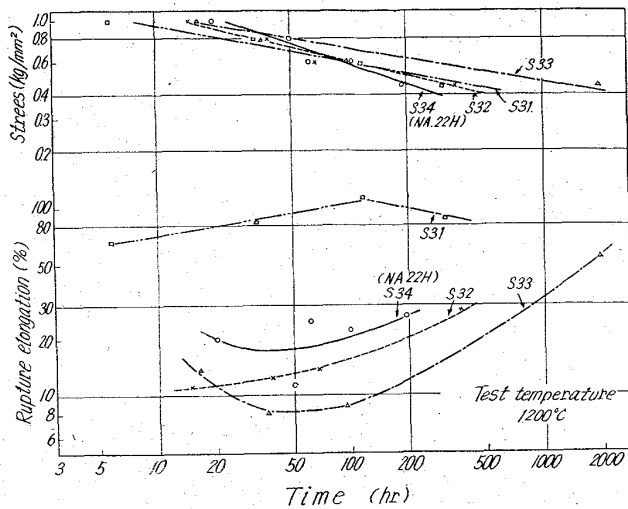


Fig. 2. Creep rupture strength and elongation of NA-22H and the stainless steel containing cobalt.

NA22H も同様の試験を行った。

これらの結果から 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の 15% Ni のかわりに Co を 20% 程度添加してもあまりクリ

ープ破断強度は変化しないが、50%Co を添加した S33 は非常にすぐれたクリープ破断強度を有する。S34 すなわち NA22H は W を 4.2% 程度含有するため 1200°C では長時間のクリープ破断強度はいちじるしく低下する。

3.2. 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度
28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の国産、および米国製の試料について 1200°C においてクリープ破断試験を行なった。その結果を Fig. 3 に示す。S41 は米国製のものであるが、比較的クリープ破断時間のバラツキが少く材質の均一なことがうかがえる。また C が高いため短時間のクリープ破断強度もすぐれている。S42 は米国製の試料に比較して破断時間のバラツキは大きいが長時間のクリープ破断強度はすぐれている。S42, S43 は同じく金型 casting で試料を作ったものであるが、他の製造条件によりかなりクリープ破断強度がことなることがわかる。

3.3 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼のクリープ破断強度におよぼす鑄込温度の影響

S51 に示すような化学成分を有する 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼を、1500°C, 1550°C, 1600°C の 3 種類の鑄込温度で、全型と砂型とに鑄造を行なった。これらの結

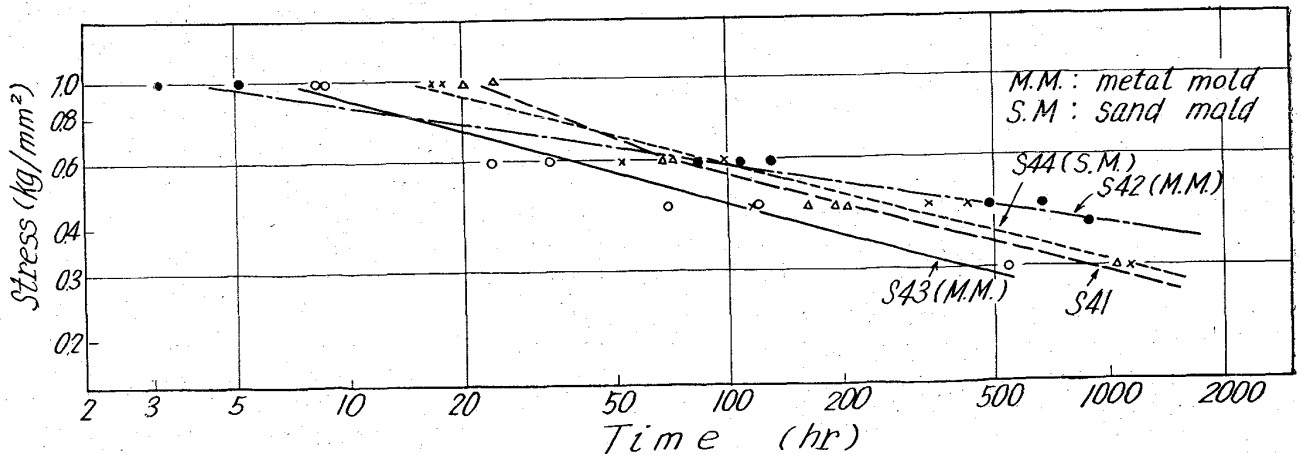


Fig. 3. Creep rupture strength of 28Cr-15Ni stainless steel.

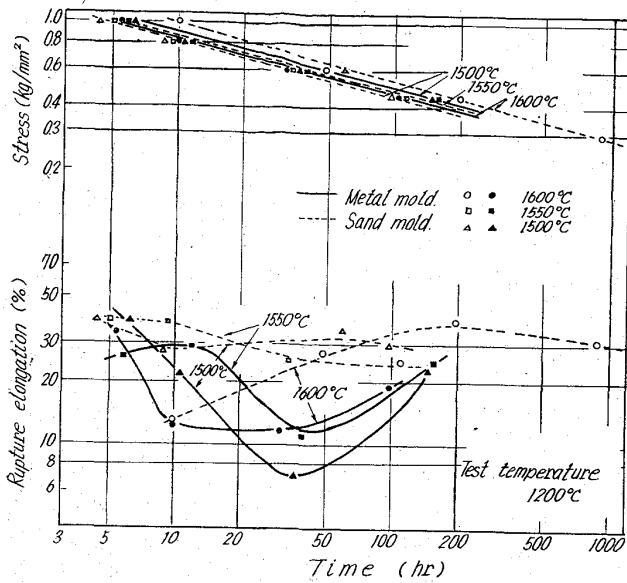


Fig. 4. Effect of casting temperature on the creep rupture strength of 28Cr-15Ni stainless steel.

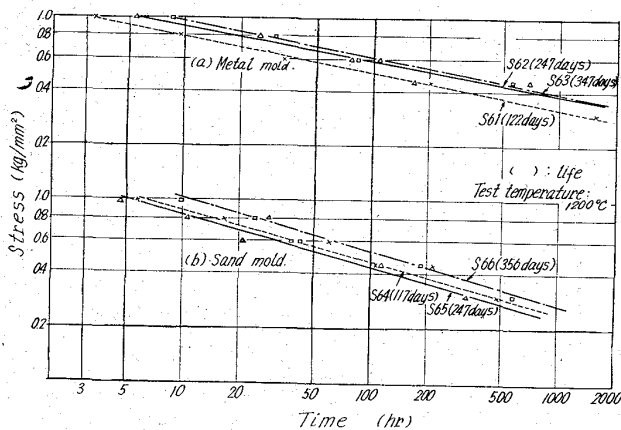


Fig. 5. Relation between retort life and creep rupture strength.

果を Fig. 4 に示す。

砂型鑄造の場合は鑄込温度の高い方がクリープ破断強度はすぐれているが、金型の場合はその逆である。しかしそのクリープ破断強度の差はあまり大きくないので、この程度の鑄造温度の差は材料の性質にそれ程大きな影響をおよぼさないものと考えられる。

3.4. レトルト寿命とクリープ破断強度との関係

1200°C で使用されたレトルトの寿命が 120, 250, 350 日であつたものから試料を採取してクリープ破断試験を行つた。この試料はレトルトの比較的溫度上昇の少なかつた処から採取した。またレトルトは金型と砂型で製造した2種類を選んだ。これらの結果を Fig. 5 に示す。これらの結果からレトルトの寿命の長いものが、クリープ破断強度がすぐれていることがわかる。金型で製造したレトルトは化学成分がほとんど同じでありながら、レトルト寿命がことなるのは溶解鑄造条件によるものと考えられる。

したがつて前述の実験結果と合せて考えると化学成分

を変えてクリープ破断強度の高い、すなわち、レトルト寿命の長いものを作ることを考えるよりも 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼で最適の溶解、鑄造条件を求めて、欠陥の少ない、高温で組織の安定した材質を得る研究を行なうことが先決問題であると考えられる。

5. 結 言

以上の実験結果を要約すると次のごとくになる。

(1) 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼に合金元素 (Mo, W, Nb など) および Ni, Cr 量を多少変化させても 1200°C のクリープ破断強度はいちじるしく変化しないが、Ni を 10% 程度増加するとかなり良くなる。

(2) Co を多量添加した耐熱合金 (50%Co-28%Cr-17%Fe) は 28%Cr-15Ni 系ステンレス鋼より 1200°C のクリープ破断強度はかなりすぐれている。したがつて 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の 1200°C のクリープ破断強度を高めるには、30~50% の Ni または Co を添加しなければいけないことがわかる。

(3) 28Cr-15Ni 系ステンレス鋼の 1200°C のクリープ破断強度は製造条件によつて、いちじるしくことなるから最適の溶解鑄造条件を求めて欠陥の少ない、しかも高温で組織の安定な材質を得ることが必要である。

文 献

- 1) 藤田, 笹倉: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 368
- 2) T. FUJITA: International Symposium on the Problems of Development and Production of Heat Resistant Metallic Materials, Sept. (1964), No. 24

(170) 遠心鑄造ステンレス鋼管の高温特性と耐食性について

住友金属工業, 鋼管製造所

川野 和男・永江 久吉

〃 中央技術研究所 ○長 野 博 夫

On the High Temperature Properties and the Corrosion Resistance of Centrifugally Casted Stainless Steels.

Kazuo KAWANO, Hisayoshi NAGAE and Hiroo NAGANO.

1. 緒 言

最近金型によるステンレス鋼の遠心鑄造鋼管の製造が始められ、良質の遠心鑄造ステンレス鋼管がえられるようになった。一般に遠心鑄造鋼管は鍛圧製管された鋼管にくらべると常温強度は低いようであるが、高温強度はむしろ同等またはそれ以上であるともいわれている。

近年石油化学工業におけるファーンステューブをはじめとして、大径長尺オーステナイト系ステンレス鋼管の需要が増大することが予想され、製管技術の問題から遠心鑄造鋼管の利用が重要視されてくることも考えられる。この場合遠心鑄造鋼管について、高温特性あるいは耐食性などを調査し、鍛圧鋼管と比較検討する必要があるので今回の試験を行なつた。