

Table 2. Results of up set test.

Specimen No.	Impact energy (1150°C×1 hr W.Q.) (760°C×16 hr A.C.)		Impact energy (1050°C×1 hr W.Q.) (760°C×1 hr A.C.)	
	50 kg-m	25 kg-m	50 kg-m	25 kg-m
	K_f (kg/mm ²)	K_f (kg/mm ²)	K_f (kg/mm ²)	K_f (kg/mm ²)
1	49.8	42.2	51.2	42.5
2	46.2	38.4	47.3	39.6
3	50.3	42.0	52.5	45.0
4	51.1	45.2	52.0	45.1
5	49.9	44.6	51.7	42.6
6	51.5	42.9	52.4	41.9
7	52.9	45.7	52.0	43.2
8	49.0	41.5	49.8	39.9
9	53.4	49.1	54.1	45.6

の試料については顕著な差は認められない。試験後の試料の疵については 12Cr および 15Cr 試料は全面に焼き過ぎによる微小疵があり、V および S を含有する試料はそれぞれ Carbide stringer および Sulphide 起因による細かい亀裂が若干発生する。熱処理についてみると、実用熱処理の場合は標準熱処理の場合よりも疵の数がやや多いが、変形抵抗の相違はほとんど認められない。基準組成試料は 21-4N 鋼のそれと比較して、疵の数、変形抵抗ともにほとんど差がない。

3.8 被切削性およびステライトの溶着性試験

実用熱処理を施した試片と 21-4N 鋼の試片について被切削試験およびステライトの溶着試験を行なった。被切削性は S 含有の試料 6 および 7 が最も良好である。また他の試料においても 21-4N 鋼よりやや優れている。ステライトの溶着性は試料 4~9 について同条件のもとで行なったが、いずれの試料も 21-4N 鋼よりも優れた溶着性を示した。

3.9 顕微鏡組織

Photo. 1 に標準熱処理をほどこした試料の代表的顕微鏡組織を示す。18Cr-18Mn は写真 a のように異状組織は認められない。12Cr 試料は b に見られるような炭窒化物の粒界偏在が顕著であり、15Cr の No. 3 においても同様な組織が発生したが、その面積比は少なくなっている。他の試料では異常組織は観察されない。Carbide stringer は V および Y を添加した試料 (写真 d, f) において偏在する傾向が認められた。標準組成の試料 No. 4 は均一な組織を示す。結晶粒度は Cr 量の低い試料 No. 2, 3 および Mn 量 18% の No. 1 がやや粗大化傾向を示し、他は細粒で A. S. T. M. 結晶粒度 No. 5.5~6.5 である。実用熱処理についても上述と同様なことが観察された。

4. 結 言

18Cr-13Mn-1.9Ni-0.5W-0.5Mo-0.3N を基準組成とし、Cr と Mn の含有率を変化した場合、またこれに V, S および Y をそれぞれ単独あるいは複合添加した高マンガン鋼の排気弁用鋼としての適性を検討した結果をまとめるとつぎのとおりである。

(1) 基準組成試料が排気弁用鋼としては最適である。すなわち、Mn 量をさらに高めた場合、または Cr

量を 18% 以下にすると、組織の不均一、耐酸化性の劣化などが認められた。0.3% 程度の少量の V 添加は強度の向上にはあまり有効でなく、むしろ V-carbonitride の難固溶性に起因する靱性の低下、耐 PbO 性、掘込鍛造における疵発生などの逆効果が認められた。0.04% 程度の S および 0.03% 程度の Y 添加はそれぞれ切削性、耐酸化性を向上せしめるが、熱間加工時の疵発生を助長せしめた。

(2) 基準組成試料は次のような特徴を有する。

1) 標準熱処理、実用熱処理によつて約 $H_{RC} 32.5$ が得られる。また過時効到達時間が 21-4N 鋼に比し長時間側に延長される。

2) 常温ならびに高温の引張り強度は 21-4N 鋼と同等の高水準を示し、そのうえクリープ破断強度は約 1.6 倍に向上した。

3) 酸化鉛腐食性は 21-4N 鋼よりやや劣っているが、耐高温酸化性では同等である。

4) 被切削性、熱間鍛造性およびステライトの溶着性などのいずれの性能も 21-4N 鋼よりも優れた結果が得られた。

文 献

- 1) 依田: 耐熱金属材料研究第 123 委員会研究報告, 5 (1964) 5, p. 62
- 2) United States Patent, (1960) 2948603
- 3) 沢, 西, 松本, 飯田: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 1009

(174) ボイラ管材用オーステナイト・ステンレス鋼のクリープ破断強度について

日本鋼管, 技術研究所

耳野 亨・○長尾 彰

Creep Rupture Strength of Austenitic Steels for Boiler Tube.

Tohru MIMINO and Akira NAGAO.

1. 緒 言

オーステナイト・ステンレス鋼は従来化学工業用材料として用いられてきたが、近年ではボイラ用としてもかなり使用されるようになった。ボイラは 10 年以上の耐用寿命があるように設計されるので、これに使用される材料はその長時間の高温特性が特に重要な要素となってくる。オーステナイト・ステンレス鋼のクリープ破断強度に関する研究報告は少なくはなく、特に Type 321 の熱処理条件とクリープ破断強度との関係についてはかなりの報告があるが^{1)~5)}、各種オーステナイト・ステンレス鋼の長時間のクリープ破断強度に関する報告は数少なく^{6)~7)}、チャージ間のバラツキをも含めた長時間のクリープ破断強度が正確にとらえられているとはいえない。われわれは実用的見地からボイラ管材用のオーステナイト・ステンレス鋼のチャージ間のバラツキを含めた長時間のクリープ破断強度の水準を求める目的で、Type 304, 316 および 321 についてそれぞれ数チャージずつをクリ

一破断試験中であり、現在まで得られている結果をここに報告する。

2. 供試材

供試材はいずれも塩基性電弧炉で溶製された。その化学成分を Table 1 に示す。クリーブ破断試験片は丸鋼片を鍛造した丸棒、あるいは圧延後冷間引抜きした丸棒を熱処理して削り出した。まず、それぞれの鋼種に対する適正な溶体化温度を決定するため、に各鋼種 2 チャージずつについてクリーブ破断強度におよぼす溶体化温度の影響を調査した。これによつて適当と定められた温度範囲で溶体化したものを数チャージ加えて 600, 650 および 700°C でクリーブ破断試験を行なつた。

3. 試験結果および考察

まず、Type 304, 316 および 321 の各鋼について、それぞれ適する溶体化温度を見出すために P1, P2, M1, M2, T1 および T2 の各試料について溶体化温度を変えてクリーブ破断試験を行なつた。Type 304 と 316 については溶体化温度は 1000, 1100 および 1200°C の 3 水準とし、Type 321 鋼についてはこの鋼は溶体化温

度が低くすぎるとクリーブ破断強度が弱いといわれているので、1100, 1150 および 1200°C の 3 温度で溶体化処理した。

クリーブ破断強度におよぼす溶体化温度の影響についての試験結果の一例として試料 P1 (Type 304) の試験結果を Fig. 1 に示す。Type 304 の 600°C のクリーブ破断強度は溶体化温度が 1000, 1100 さらに 1200°C と高くなるにつれて低下する。650°C のクリーブ破断強度は溶体化温度が 1000°C と 1100°C とではほとんど差がないが、1200°C で溶体化したものの破断強度はやや低い。700°C になると溶体化温度の影響は小さくなるが、1200°C 溶体化材はなおわずかながらクリーブ破断強度が低い。また、クリーブ破断伸びはどの試験温度においても溶体化温度の上昇につれて小さくなる。したがつて Type 304 鋼の溶体化温度は 1000~1100°C が適当で、1200°C にも溶体化温度を高めることはクリーブ破断強度と靱性のいずれの面からも好ましくないと考えられる。

Type 316 の試料 M1 と M2 についての試験でも、

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Type	No.	Chemical composition (in wt.%)								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti
304	P1	0.07	0.48	1.44	0.035	0.010	18.25	9.45		
	P2	0.09	0.61	1.43	0.032	0.006	18.45	9.45		
	P3	0.05	0.46	1.76	0.018	0.008	18.90	10.92		
	P4	0.05	0.55	1.38	0.018	0.013	18.12	10.03		
	P5	0.06	0.80	1.57	0.028	0.009	18.68	10.10		
316	M1	0.08	0.46	1.56	0.031	0.009	17.04	12.56	2.47	
	M2	0.10	0.75	1.59	0.028	0.009	16.95	12.44	2.39	
	M3	0.06	0.58	1.65	0.020	0.014	17.60	13.09	2.44	
321	T1	0.06	0.44	1.54	0.026	0.007	17.64	11.04		0.39
	T2	0.06	0.41	1.56	0.026	0.006	17.47	10.72		0.36
	T3	0.07	0.54	1.52	0.020	0.008	18.12	12.16		0.44
	T4	0.07	0.52	1.65	0.014	0.011	17.77	12.38		0.48

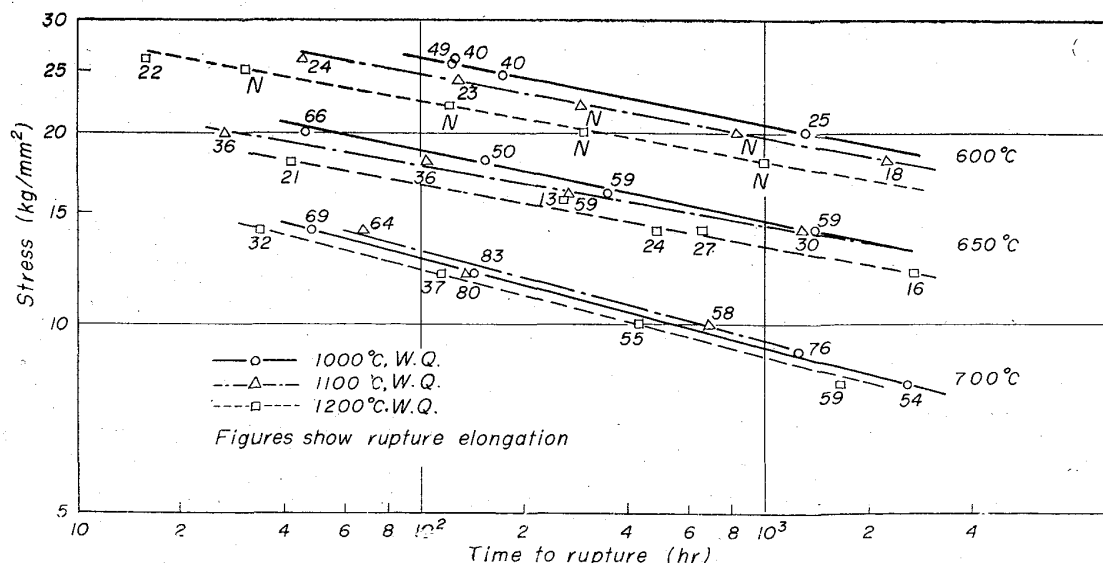


Fig. 1. Effect of solution temperature on the creep rupture property of Type 304 steel (pl).

1200°Cで溶体化すると600°Cのクリープ破断強度がかなり低下し、各試験温度における破断伸びも低下するという結果が得られた。Type 321はT1とT2について1100~1200°Cの範囲での溶体化温度の影響を調査したが、同一熱処理条件の試料でもそのクリープ破断時間に

はかなりのバラツキがあるため、クリープ破断強度には溶体化温度による差は認めることができなかつた。しかしながら、破断伸びは高温で溶体化されたものほど小さくなつた。

以上の試験結果から、Type 304と316については1000~1100°C、Type 321については1100~1150°Cが溶体化温度として適当であると考えられる。そこで残りの試料についてもこの温度範囲で溶体化処理を行ない、それについて600, 650および700°Cでクリープ破断試験を実施した。

Type 304の1000~1100°Cで溶体化されたものについて得られたクリープ破断試験結果をまとめてFig. 2に示す。個々の試料のクリープ破断試験結果は応力と破断時間とを両対数のグラフにプロットするときわめて良い直線性を示すが、チャージ間に非常に大きな強度差が見られ、各試験温度の破断強度のバンドの上限と下限とでは試験温度にして約50°Cの差がある。しかしながら、各バンドの下限のクリープ破断強度でもそれぞれの温度においてType 304に与えられているASMEの許容応力³⁾に対しては十分な水準にある。650および700°Cのバンドの上限は約10,000hrでは後に述べるType 316や321に匹敵する破断強度を示している。P1とP2の溶体化温度を1000°Cから1100°Cに高めたことによる600°Cのクリープ破断強度の低下はチャージ間の強度差に比べればわずかなものであり、650および700°Cのクリープ破断強度は溶体化温度1000°Cと1100°Cとでほとんど変化しない。

Type 316の1000~1100°Cで溶体化したものについての試験結果をFig. 3に示す。この鋼種の650および700°Cのクリープ破断強度のバンドは長時間側で傾斜が急になる傾向がある。したがって100,000hrの破断強度を正確に求めるには、さらに長時間の試験を必要とするが、いずれの温度においてもASMEの許容応力は保証し得る強度を有するものと考えられる。

1100~1150°Cで溶体化されたType 321についての試験結果をFig. 4に示す。この鋼種のクリープ破断強度のバンドは短時間側では試験した3鋼種のうち一番高い位置を占めているが、その反面、バンドの傾斜はもつとも急であり、600, 650および700°Cのいずれの温度においても1,000~10,000hr後にはType 316のバンドと交叉する。Type 321のデータは同一の熱処理条件の試料でもバラツキが大きく、かつクリープ破断曲線の屈曲の程度が著しいのでこの材料の長時間の破断強度の水準を正確につかまえるにはデータがまだ不十分であるが、少なくともASMEの許容応力に対しては十分なクリープ破断強度を有していると推定される。

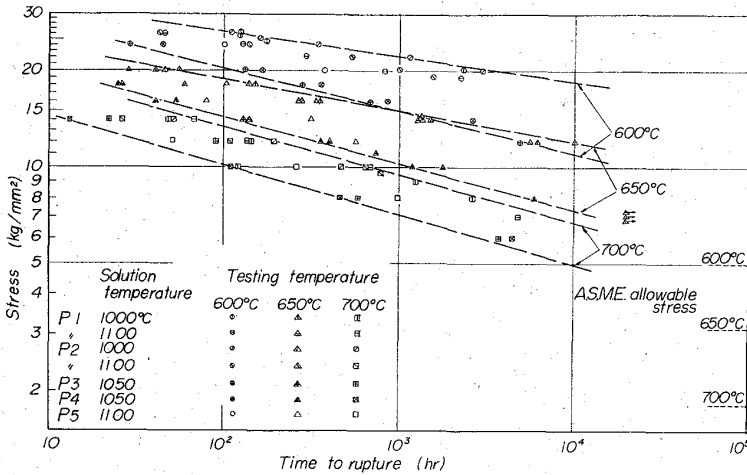


Fig. 2. Results of creep rupture test of Type 304 steels.

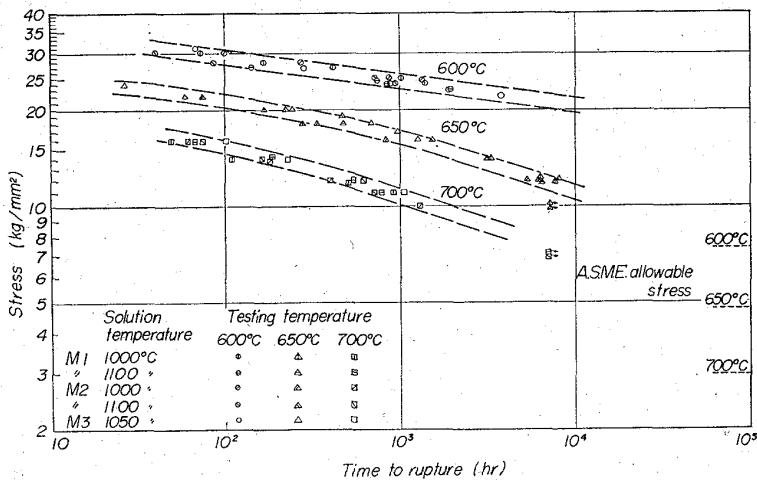


Fig. 3. Results of creep rupture test of Type 316 steels.

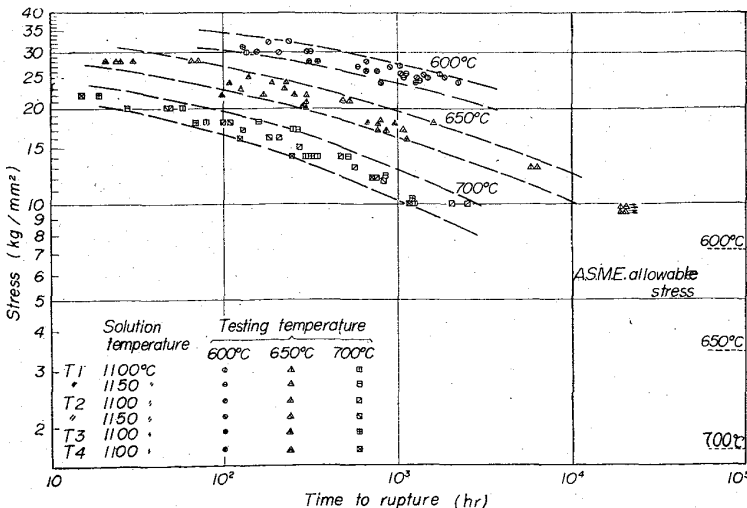


Fig. 4. Results of creep rupture test of Type 321 steels.

4. 結 言

Type 304, 316 および 321 の 3 種のオーステナイト・ステンレス鋼数チャージずつについて 600, 650 および 700°C のクリープ破断試験を行ない, 各鋼種に対する適正な溶体化温度を決定するとともに, それぞれの鋼種のクリープ破断強度のパラッキの範囲を求めた。

Type 304 と 316 の溶体化温度は 1000~1100°C が適当であり, これを 1200°C にも高めることはクリープ破断伸びと低温側のクリープ破断強度とを低下させることになるので好ましくない。Type 321 は 1100~1200°C の範囲で溶体化温度を変えても強度的には, はつきりした変化が認められないが, 靱性の点からは 1100~1150°C の溶体化処理が適当である。

Type 304 のクリープ破断強度はチャージによって非常に大きな差があり, また Type 316 と 321 のクリープ破断曲線は高温・長時間側で傾斜が急になるが, 3 鋼種ともその長時間の破断強度のパラッキ範囲はそれぞれの鋼種に対して定められている ASME の許容応力を保証し得る水準にあると考えられる。

Type 304 の 650 および 700°C のクリープ破断強度のパラッキのバンドの上限の値は 10,000hr では Type 316 や 321 の破断強度に匹敵する。

文 献

- 1) 西原, 平野, 山本, 吉田: 鉄と鋼, 45 (1959) 12, p. 1357
- 2) 織田, 片山, 小川, 満蒲: 日本金属学会誌, 25 (1961) 4, p. 238
- 3) 小野, 根本, 佐々木: 鉄と鋼, 48 (1962) 2, p. 148
- 4) 三好: 日本金属学会誌, 28 (1964) 10, p. 604
- 5) 寺井: 鉄と鋼, 46 (1957) 2, p. 151
- 6) 三好, 寺井, 阿部: 鉄と鋼, 47 (1961) 10, p. 1479
- 7) 高橋, 平野, 山本, 吉田: 神戸製鋼, 11 (1961) 1, p. 3
- 8) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section I, (1959)

(175) 高 Cr-Si-Al 耐熱鋼におよぼす Ti の影響

(Cr-Si-Al 系耐熱鋼の研究—Ⅲ)

住友金属工業, 鋼管製造所

川野 和男・○藤原 洵

Effect of Ti on the Properties of High Cr-Si-Al Heat Resisting Steels.

(Study on the Cr-Si-Al heat resisting steels—Ⅲ)

Kazuō KAWANO and Kiyoshi FUJIWARA.

1. 緒 言

著者らはすでに普通の Cr 系ステンレスよりはるかに高温酸化性のすぐれた Cr-Si-Al 系鋼管を製造し, その諸性質について報告した¹⁾²⁾。これらの鋼は Si や Al 含有量が多いために, 特に高 Cr 含有量になると熱間加工

に問題を生じたり, 常温での靱性に欠ける。このような欠点を改善しようと各種検討を行なっているが, 今回その一環として Ti の影響について実験したので次に報告する。

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

No.	C	Si	Mn	P	S
1	0.09	1.39	0.68	0.017	0.008
2	0.08	1.46	0.56	0.017	0.007
3	0.08	1.53	0.57	0.017	0.008

No.	Cu	Cr	Sol. Al	Ti	
1	0.09	24.35	1.33	—	
2	0.10	24.75	1.21	0.08	
3	0.10	24.30	1.31	0.41	

Table 2. Chemical composition of testing tubes (%).

No.	C	Si	Mn	P	S
1	0.06	1.37	0.46	0.015	0.014
2	0.07	1.44	0.60	0.015	0.014
3	0.06	1.30	0.65	0.015	0.014
4	0.06	1.37	0.64	0.014	0.014

No.	Cu	Ni	Cr	Sol. Al	Ti
1	0.09	0.17	24.65	1.28	—
2	0.09	0.17	24.15	1.56	0.07
3	0.08	0.16	24.50	1.34	0.13
4	0.08	0.17	24.55	1.60	0.45

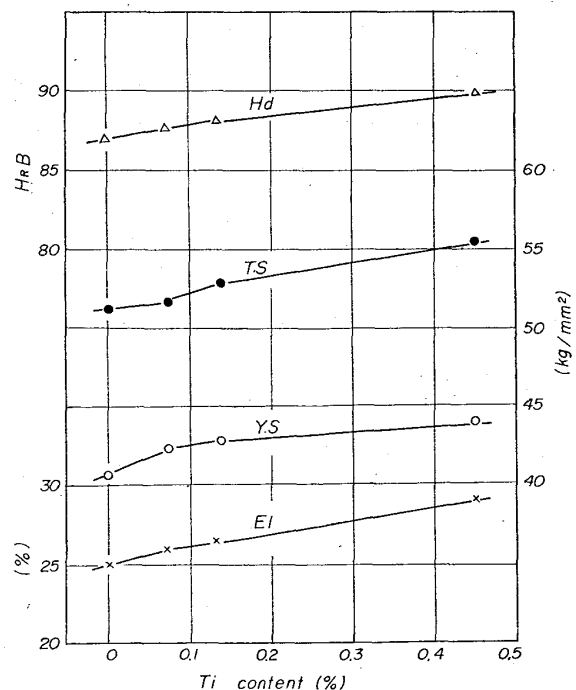


Fig. 1. Effect of Ti content on the mechanical properties.