

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バラツキの範囲を求めた。

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バラツ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バラツ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

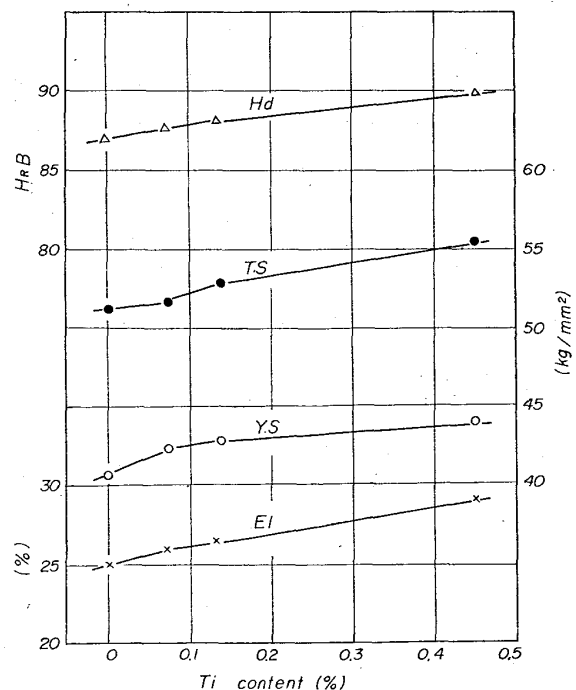


Fig. 1. Effect of Ti content on the mechanical properties.

2. 実験室的熱間圧延試験

2.1 供試材

実験に用いた材料の化学成分を Table 1 に示す. 25Cr-Si-Al を基礎として Ti 含有量を 0.1 および 0.4% とした. いずれも高周波炉で 50kg 鋼塊をつくり, 中央から 25mm 厚さの板を切り出して供試材とした.

2.2 鑄造組織

試験前の鑄造組織を Photo. 1 に示す. Ti なしおよび 0.08% のものは非常に粗粒であるが, 0.4% 含有されると柱状晶は短くなり, かつ自由晶の微細化が著しく通

常の Cr 系ステンレス鋼³⁾⁴⁾と同様の効果が認められる.

2.3 圧延試験

圧延開始温度を 1000, 1100°C とし 2 段ロール圧延機で試験を行なった. 1~2 回目のパスは 5~7% の加工度で行ない, それ以後は 10~13% の加工度である. Ti 含有量による違いが明瞭に現われるように工場の分塊圧延よりかなり苛酷に行なった. Ti なしのは 1~2 回のパスでクラックが発生して加工性が非常に悪い. 0.08% のものは若干良くなるが 2~3 回のパスでやはりクラックが発生する. しかし 0.4% になるとクラック発生は皆無で非常に良好である. Photo. 2 にこれらの状態を示す. いずれも 5~6 回パス後のものである. 0.4% Ti 材が良好であった主因は鑄造組織が非常に細かかったことによると考えられる.

3. 鋼管による試験

3.1 供試材

供試材の化学組成を Table. 2 に示す.

いずれも高周波炉で 110kg 鋼塊をつくり, 鍛造して 185mm φ 丸鋼にした後機械加工により 175mm φ の押出製管用ピレットを作成した. これを用い熱間押し加工により 80mm φ × 9mm t の鋼管を製造して供試材とした.

3.2 常温の機械的性質

押出管の 850°C × 30min AC 後の引張性質と硬度を Fig. 1 に示す. Ti 含有量の増加にしたがって強度が徐々に増加しており, 従来の Cr 系ステンレス鋼の結果と相反している⁵⁾⁷⁾. 伸びも徐々に増加しており, Ti 添加の効果が認められる.

3.3 衝撃性質

上述の熱処理後 7.5mm 巾, 2mm U ノッチシャルピー試験片を作成して種々の温度で衝撃試験を行なった. Fig. 2 にエネルギー遷移温度 uTrE を示す. 同時に著者らが前に行なつ

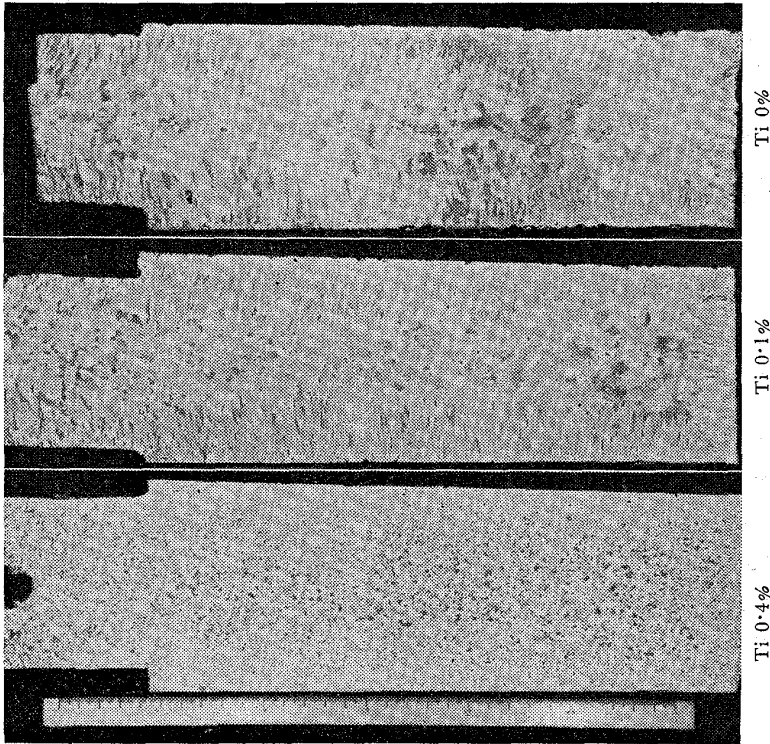


Photo 1. Macro structure of ingots.

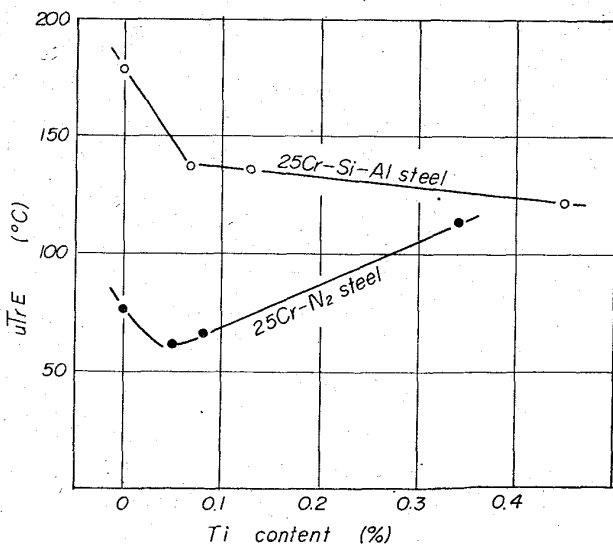


Fig. 2. Effect of Ti content on the Charpy transition temperature.

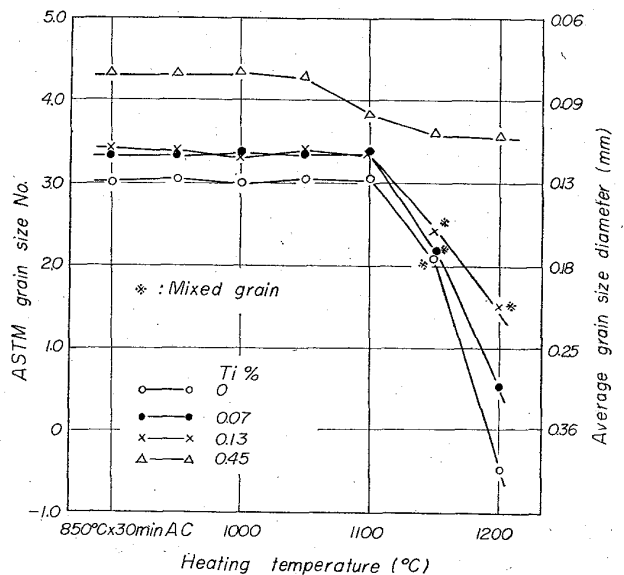


Fig. 3. Effect of high temperature heating on the grain size.

た高周波炉製 25Cr ステンレス鋼の試験結果も示している。遷移温度は少量の Ti 添加でかなり低下し、含有量とともに徐々に低下する。衝撃値自体は Ti 含有量とともに大になり、0.45% のものが最も高い。一方 25Cr ステンレス鋼では他の報告⁸⁾と同様に遷移温度が最低になるのは 0.05% 程度においてであり、靱性に最適な Ti 含有量は Cr-Si-Al 鋼の方が多量必要とする。

3.4 高温加熱後の結晶粒の変化

950~1200°C に 2 hr 加熱して結晶粒の変化を調査した。その結果を Fig. 3 に示す。Ti なしのもや少量の Ti の場合は 1150°C 以上になると粒成長が著しいが、0.45% Ti 材はわずかに大になるだけで、結晶粒粗化防止の効果が著しい。

3.5 高温引張性質

上述の熱処理後 500~900°C で高温引張試験を行なった。Ti の高いものがわずかに 500~800°C で強度が高い他特に変わったことは認められなかった。

3.6 耐酸化性

5 mm φ × 40 mm l の試験片で大気中において 900, 1000 および 1100°C で 50hr 加熱して耐酸化性を調査した。温度が高くなるにつれて酸化量は少しずつ多くなるが、いずれも良好で Ti 含有量による差は認められない。本鋼のように Cr, Si, Al の高い材料では耐酸化性がほとんどこれらの元素の含有量に依存し、少量の添加元素の影響は少ないと考えられる。

4. 結 言

高 Cr-Si-Al 鋼におよぼす Ti の影響を調査し、0.4~0.5% Ti 添加により熱間加工性および靱性かなり改善されること、および靱性の改善に最適な Ti 含有量は普通の Cr 系ステンレス鋼の場合より多量必要とすることを明らかにした。

文 献

1) 川野, 藤原, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1970
 2) 川野, 藤原: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 977
 3) F. POBORIL: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 139 (1939), p. 137
 4) R. E. BANNON: Trans. Amer. Soc. Metals, 25

(1937), p. 737
 5) 村上, 庄子: 日本金属学会誌, 16 (1952), p. 454
 6) 森岡: 応用金属学大系, ステンレス鋼, (1963), p. 47
 7) 川野, 藤原: 未発表
 8) 鈴木, 金田, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 719

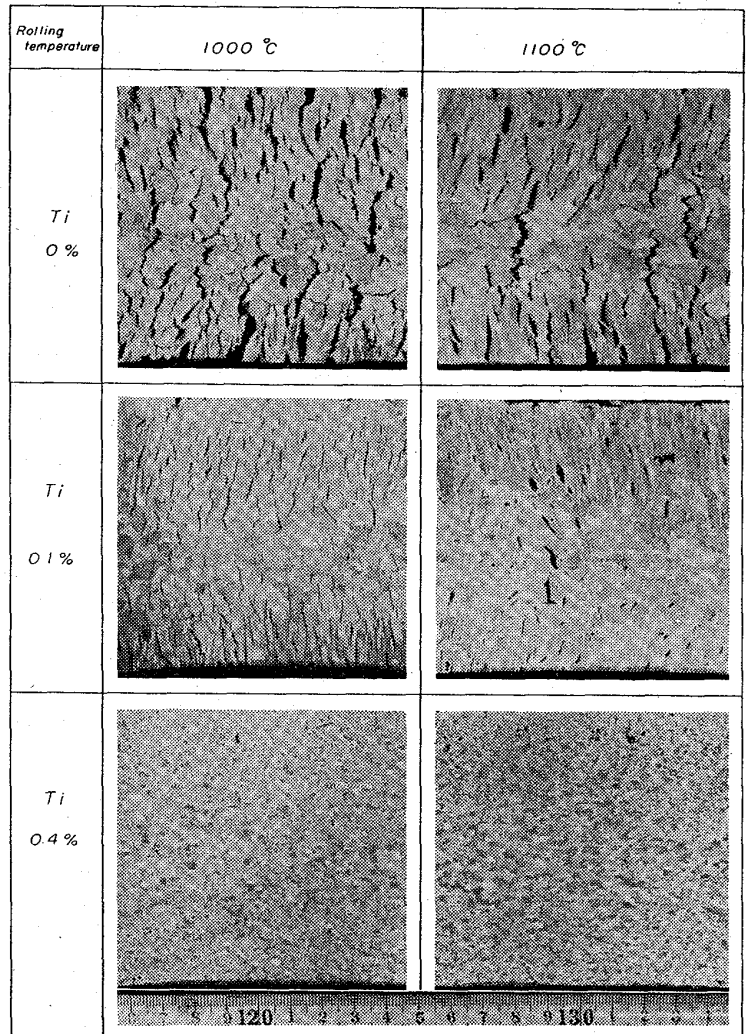


Photo 2. Macro structure of specimens after hot rolling test.