

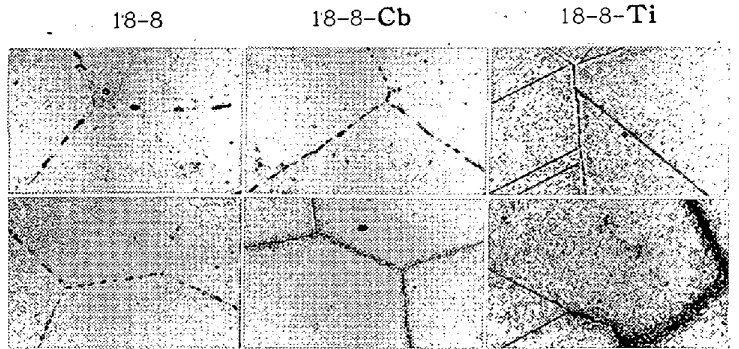
1. 機械的性質

各鋼種の 650°C における各時間に加熱後の機械的性質の変化を Fig. 1 に示す。硬度は衝撃試験片について Rockwell-B-scale で測定した。各点は 3本の試験片についての平均値である。衝撃値は加熱時間とともに硬度の増加につれて低下するが、必ずしも比例的ではない。一般に 18-8, 18-8Cb, 18-8-Ti は他に比して衝撃値は高い。完全溶体化処理と析出処理との衝撃値を比較すると前者は始めの状態では後者よりも値が高く 10330h 後でも飽和状態にないようであるが後者は 10330h 加熱後で飽和してしまうようである。

2. 組織

10330h 加熱後の顕微鏡写真の一例を Photo. 1 に示す。粒界および粒内に多くの析出物が現われるが、材質によるばかりでなく熱処理によつてもその形状、分布を大いに異にしている。一般に溶体化処理では析出物は細かく、おもに粒界にそつて現われ、中には針状に析出す

1300°C × 1 h W. Q
+ 650°C × 10330 h W. Q
1300°C × 1 h W. Q
+ 900°C × 24 h W. Q
+ 650°C × 10330 h W. Q



Etched electrolytically in chromic acid. ×500 (×2/5)

Photo. 1. Microstructures of 3 steels heated for 10330h at 650°C

るものもある。一方、析出処理の場合には粒内または粒界に coagulate して析出する。これら析出物を抽出し、その残渣の化学分析および X線解析によつて析出物の挙動を目下研究中であるが、詳細は会場で報告する予定である。

IV. 結 言

- (1) 長時間加熱による機械的性質の変化の中では衝撃値の変化はもつとも大きく、また 600~700°C の加熱範囲では温度の高いものほど衝撃値の低下も大きい。
- (2) 完全溶体化処理を施したものほど、始めの衝撃値は高いが 650°C で 10330h 加熱後でも衝撃値の飽和は見られないようである。
- (3) これに対して析出処理では、前処理後の衝撃値は低く、加熱時間による変動も少なく、10330h 加熱後では衝撃値の低下は飽和してしまうようである。
- (4) 18-8, 18-8-Cb, および 18-8-Ti は他の鋼種に比して一般に衝撃値は高い。
- (5) 衝撃値の低下はσ相などの金属間化合物や炭化物の析出によるものと考えられる。

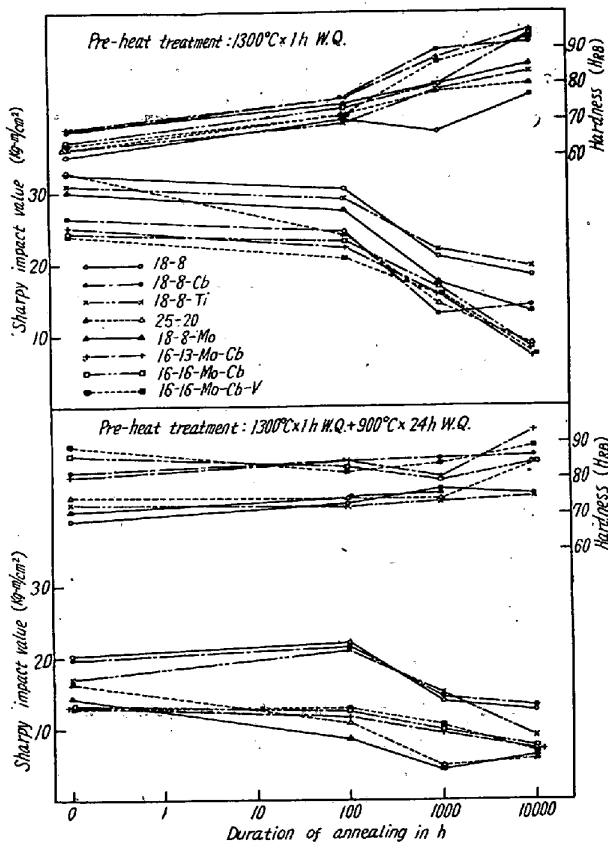


Fig. 1. Changes in hardness and impact values during long annealing.

(102) 安定化オーステナイト・ステンレス鋼における Ti と Nb の効果の比較
Comparison in Functions of Titanium and Niobium Contained in Stabilized Austenitic Stainless Steel.

Toshio Ikeshima, et alius.

住友金属工業, 鋼管製造所

工博○池島 俊雄・理 三好 栄次

I. 結 言

18-8Cr-Ni鋼は耐蝕性および耐熱性がすぐれているので広く使用されているが、500~800°C に加熱されると結晶粒界に炭化物を析出し、粒間腐蝕を起しやすい欠点

Table 1. Specification of chemical composition of steel tested in this study.

| | C | Si | Mn | Cr | Ni | Ti | Nb |
|---------|-------|-------|-------|-------------|------------|---------|---------|
| T P 321 | ≤0.08 | ≤0.75 | ≤2.00 | 17.00~20.00 | 9.00~13.00 | Note(1) | — |
| T P 347 | ≤0.08 | ≤0.75 | ≤2.00 | 17.00~20.00 | 9.00~13.00 | — | Note(2) |

Note 1: not less than five times the carbon content and not more than 0.60 per cent.

Note 2: not less than ten times the carbon content and not more than 1.00 per cent.

がある。その対策として、炭素量を低下させることと Ti または Nb を添加することがおこなわれている。Ti または Nb で安定化された 18-8 は粒間腐蝕に対する抵抗性が大きいだけでなく、高温強度も向上するので耐熱用としても使用されている。

Ti で安定化した場合と Nb で安定化した場合を比較するとかなりの相違点が見いだされた。本文は当所の研究室で従来おこなわれて来た実験の結果から両者の性質の相違を報告して見ることとする。

現在実用化されている 18-8 Ti および 18-8 Nb の化学成分には多くの種類があるが、Ti および Nb はオーステナイトを不安定にするので、これらを添加する場合には Cr と Ni の量は 18-8 の場合といくぶん変えるのが普通である。本文ではその代表的と思われる、ASTM の T P 321 と T P 347 について比較検討をすることとしたい。その規格成分を Table 1 に示す。

II. 非金属介在物および炭化物

Ti や Nb を添加した 18-8 の顕微鏡組織を見ると、普通の 18-8 に比べて介在物の量が多い。Ti の場合には黄色、Nb の場合には白色の介在物がとくに多く見られる。その成因を探求するためには真空溶解炉において N₂, C を変えた試料を作成して介在物を調べた結果、18-8 Ti の場合には N の添加量の増加とともに介在物の量が増加することから TiN が介在物の主体であること 18-8 Nb の場合には C の増加とともに介在物が増加することから NbC の介在物が主体であることが明らかになった。(以上、当所田上氏の実験による。)

III. 熱間加工性

高温振り試験の結果は Fig. 1 に示す通りで 18-8 に比べて Ti 入りの方は 1200°C 付近までは振り数多く、さらに高温では低下するに對し Nb 入りは全般に低く熱間加工法が悪いことを示している。振り試験におけるトルクはこの反対で Nb 入りの方が若干硬い。(以上は当所森島氏の実験による)

IV. 冷間加工性および常温の機械的性質

両者の間にいちじるしい相違はない。

V. 高温の引張試験

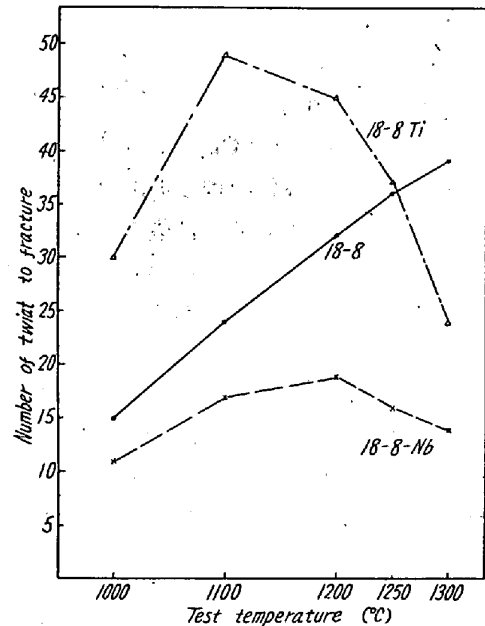


Fig. 1. Hot twist characteristics of austenitic stainless steels.

高温の引張試験の結果については単純な結論を出すことは困難であるが、1050~1100°C で溶体化処理をおこなった場合を比較すると、500°C 以上で Nb 入りの方がやや強度が高い傾向がある。伸と断面収縮については引張速度によつてかなり値が変わるので両者の優劣についてはなお、検討を要する。

VI. クリープ、ラップチュア試験

クリープ、ラップチュア試験における強度および伸については熱処理の影響がいちじるしいので単純な比較は困難であるが、1050°C で溶体化処理をおこなった場合の 600°C におけるクリープ曲線を Fig. 2 に示す。この条件の下では Ti 入りの方がラップチュア伸がいちじるしく大きいことが大きな相違点である。しかしながら Ti 入りの場合でも溶体化処理の温度を上げると、Nb 入りの曲線と同じような傾向になるので両材質の相違点と単純に断定することはできない。(以上当所寺井氏の実験による。)

VII. 耐 蝕 性

Strauss 液による粒間腐蝕試験では両者ともに充分の

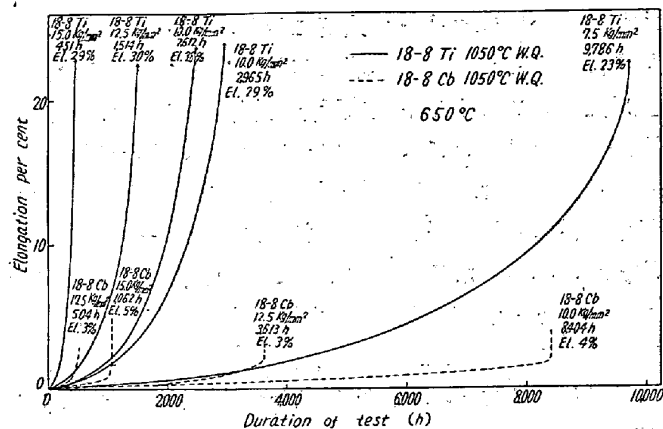


Fig. 2. Comparison of creep curves.

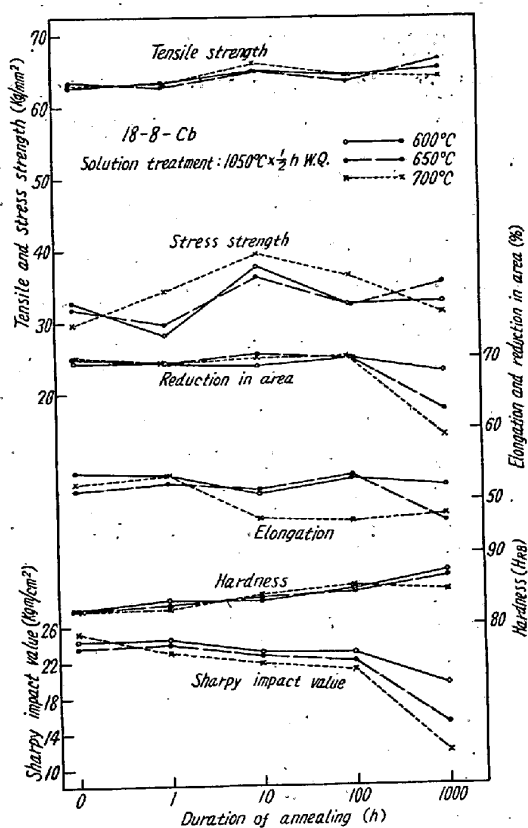


Fig. 3. Changes in mechanical properties of 18-8Cb during the long annealing.

抵抗性が、Henry test (65% 沸騰硝酸) の場合にはいちじるしい相違があり Nb 入りの方は充分の抵抗性があるが Ti 入りの方は全面腐蝕量が大い (以上は当所竹原氏の実験による)。

VIII. 長時間加熱による機械的性質の変化

長時間加熱による機械的性質の変化は衝撃値のほかは一般に緩徐である。Fig. 3, Fig. 4 には Nb 入りと Ti 入りの機械的性質の変化を示す。いずれも硬度、抗張力、応力はわずかに上昇し、伸び、紋はわずかに低下す

註: Fig. 3, 4 中 Sharpy とあるのは Charpy の誤り

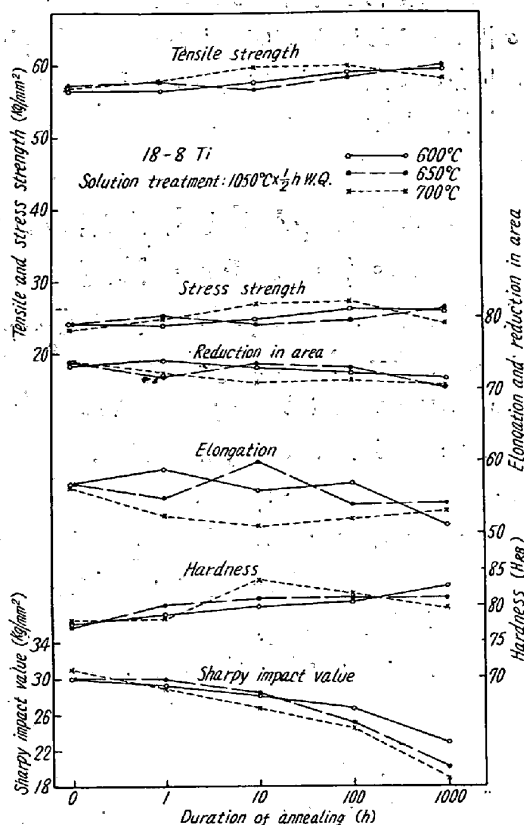


Fig. 4. Changes in mechanical properties of 18-8Ti during the long annealing.

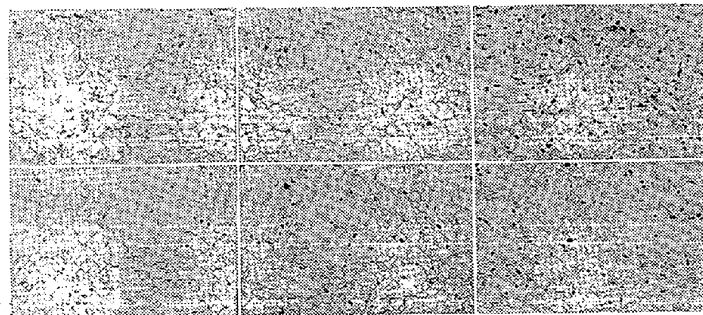
る。Nb 入りの 1000h では紋の減少が比較的多い点が見ついている。衝撃値の低下はいちじるしいが Nb 入りでは 1000h で急激に低下しているのに対し Ti 入りでは対数的にとつた時間目盛に対し比例的に低下している。Nb 入りは Ti 入りに比べると硬度抗張力は高く、衝撃値の値は初より低いので長時間加熱後の衝撃値も低い。初めの熱処理が上述の試料とは異なるが 650°C, 10330 h 加熱後においても Ti 入りは Nb 入りに比べて衝撃値は高い。

IX. 長時間加熱後における顕微鏡組織

600~800°C の加熱によつてこれらの安定化ステンレ

TP 347
18-8 Nb

TP 321
18-8 Ti



600°C × 1000 h 650°C × 1000 h 700°C × 1000 h
Fig. 5. Microstructure of stabilized stainless steel heated during 1000h (magnified 200 times) preheattreated at 1050°C for 1 h.

ス鋼は安定な炭化物を析出するが長時間この温度に加熱するとσ相があらわれる。1000h加熱後の組織を Fig. 5 に示す。黒色の斑点がσ相である。Nb 入りと Ti 入りとでσ相の析出のしやすさはこの実験ではわからなかつた。

(103) フェライトを含む不銹鋼のクリープ・ラプチャー強度

(高温用鋼管材としての AISI 321 型不銹鋼に関する研究—I)

Creep-Rupture Strength of Stainless Steel Containing Ferrite.

(Study on AISI 321 type stainless steel for steel tube used at elevated temperature—I)

Kiyoshi Yoshida, et alii.

神戸製鋼所, 研究部

工 平野 坦・工 山本俊二・金田次雄

○ 吉田 清・理 森 憲二

I. 緒 言

321 型不銹鋼鋼管の用途は大別して耐蝕性の要求される化学工業用と耐クリープ性ならびに耐酸化性を必要とする高温高压ボイラー用鋼管とに大別され製作上用途に応じて相異つた観点から対処すべきであると考えられる。321 型不銹鋼の規格には $Ti > C\% \times 5$ と規定されているが化学工業用の場合は別として、ボイラー用などの高温耐熱材として使用される場合にはクリープ強度の観点からみた Ti 含有量と C 含有量との相互関係、熱処理による TiC の変化、および結晶粒度の変化、その他がクリープ強度におよぼす影響について検討し、Ti あるいは C のクリープ強度に対して果している役割を明確化するとともに現場操業における溶解および熱処理規準を確立しておく必要がある。

C はもつとも有力なオーステナイト生成元素であり、フェライト生成量に対してもいちじるしい影響をおよぼす。321 型不銹鋼は少量のフェライトを含む場合の方が溶接時の割れ感受性を減少せしめるといわれているが、

本報においてはクリープ強度におよぼすフェライトの影響を調査するために、極端な実験としてオーステナイト生成元素とフェライト生成元素を規格内の上限値または下限値にとることにより、オーステナイト均一相のみからなる 321 またはフェライトを多量に含む 321 L 型不銹鋼を溶製し供試材とした。さらにまたオーステナイト均一相のみからなる 321 型不銹鋼につき熱処理がクリープラプチャー強度におよぼす影響につき検討した。

II. 供 試 材

供試材は 500 kg 高周波電気炉により 250 kg 鋼塊を大気溶解し、さらにまた真空溶解により 5 kg 鋼塊を溶製した(造塊も真空中にて実施)。Ti 添加は金属 Ti にておこない両者の場合とも Ti 添加後可及的すみやかに出鋼した。また大気溶解材は高周波炉上に蓋を施し Ar ガスを流通せしめた。Table 1 に供試材の化学成分を示した。フェライトの析出量は溶着金属に対する Schaeffler's diagram により算出した。また 1 インチ丸棒に鍛造後、1100°C/1 h 保持水冷をおこなつた場合の結晶粒度(オーステナイト)をも併記した。水靱処理後の硬度は真空溶解材、大気溶解ともに 321 L 型の方が低炭素であるにかかわらず硬度は高目であつた。Table 1 中の AIA は $Ti/C < 5$ 以下であるが、クリープ強度のみを対象とする時には $Ti/C > 5$ であることが必ず必要であるか否かを検討するために供試材とした。Photo (1) および (2) に真空および大気溶解による 321 L の組織を示した。

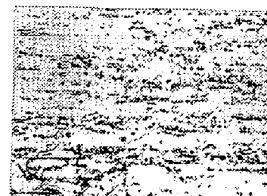


Photo. 1 321 (AIF) x100 (x1/2).

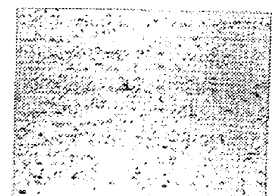


Photo. 2 321 (VIF) x100 (x1/2).

Photo. 1, 2 Microstructure of specimens after water toughening from 1100°C. much ferrite precipitate in these structures due to the adjustment of the balance between austenite former and ferrite former.

Table 1.

| Type | Mark | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Ti | ΣO ₂ | * Nsol | * Ninsol | Austenite grain size after water toughening from 1100°C diagram | Precipitated ferrite % estimated by Schaeffler's diagram | Melting atmosphere |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-----------------|--------|----------|---|--|--|
| 321 | VIA | 0.069 | 0.65 | 1.98 | 0.009 | 0.009 | 0.02 | 12.73 | 16.72 | 0.58 | 0.0125 | tr | 0.0028 | 4 | 0 | } Vacuum melting } Conventional melting |
| 321L | VIF | 0.004 | 0.68 | 1.97 | 0.015 | 0.006 | 0.03 | 9.16 | 19.71 | 0.53 | 0.0074 | tr | 0.0037 | 6 | 0 | |
| 321 | AIA | 0.10 | 1.00 | 1.75 | 0.009 | 0.011 | 0.03 | 12.89 | 17.61 | 0.23 | 0.0110 | 0.0014 | 0.0106 | 6 | 0 | |
| 321L | AIF | 0.025 | 0.98 | 1.84 | 0.010 | 0.011 | 0.03 | 9.11 | 20.16 | 0.24 | 0.0118 | 0.0006 | 0.016 | 5.5 | 14 | |

* Soluble and insoluble nitrogen are separated with (1+1) HCl.