

ープの方がラプチャー強度は弱い。極度に過剰なCは短時間引張の場合とは逆にラプチャー強度を低下させる。約0.6%以上にTiを含有すると、TiC形成のため地のC量が減少するのでCの高いグループの方がラプチャー強度は高く、荷重を減少した場合の破断時間の増加の程度も大きい。すなわち破断強度はあるC量で極大値を取る。Fig. 4に700°CにおけるTi%と破断時間の関係を示すが、650°Cの場合と全く同様の傾向を示している。

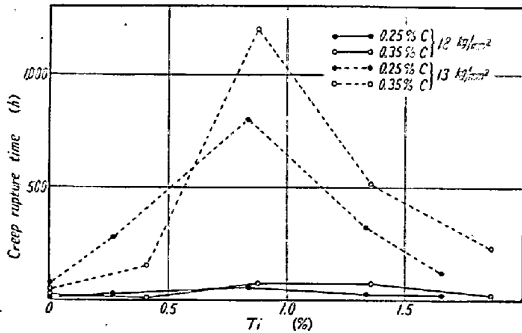


Fig. 4. Relation between creep rupture time and Ti% at 700°C.

IV. 結 言

- i) 時効硬度は Cr₂₃C₆ の析出による影響が顕著であるが硬度上昇はゆるやかである。
- ii) Cr₂₃C₆ は粒内に微細に析出しその量は Ti% にもとない減少する。TiC は粒界に析出し、Ti 量が C 量に比べ過剰になると TiC は凝集して粒状をなす。
- iii) 高温引張強さは Ti 一定の場合 C 量とともに増大する。
- iv) クリープ・ラプチャー強度は Ti/C ほぼ4付近で極大値をとる。

(71) 不銹鋼のオーステナイト結晶粒の成長について

京都大学, 工学部 工博 盛 利 貞
 “ 大学院 工修〇一 瀬 英 爾

On Austenite Grain Growth of Stainless Steels.

Toshisada Mori, Eiji Ichise.

I. 緒 言

オーステナイト不銹鋼を用いてオーステナイト粒の恒温成長とそれにおよぼす添加元素の影響を観察した。

II. 試料および実験方法

5 kg 高周波真空熔解炉で熔製した AISI 304, 304 L 316, 316 L, 321, 321 L, 347, 347 L を試料として用いた。化学成分を Table 1 に示した。この鑄塊を10mm φの丸棒に鍛造し 1200°C×2h 水冷の溶体化処理を行ったのち輪切にしたものを試片とした。恒温加熱温度を 800°C, 900°C, 1000°C, 1100°C とし、各温度で 0.5, 10, 100, 1000 h 保持したのち水冷した。加熱は試片を石英管中に納めアルゴンを封入して行なつた。熱処理後表面を数mm削り落し粒度を測定した。

粒度測定は接眼鏡に縦横に 10mm の線を入れ視野中に見える 100mm の線分が載る結晶粒の個数を 1 視野につき縦横 1 本ずつ 25 視野計 50 本の線分について算え、これを平均して次式により粒度番号を計算した。

$$N = \bar{n}m^2/d^2 \dots\dots\dots(1)$$

ただし d: 線分の長さ m: 倍率

\bar{n} : 線分で載られる平均粒数

さらに JIS G 0551 (1956) により

$$\text{断面積 } 1\text{mm}^2\text{中の結晶数 } N = 2^{G+3} \dots\dots\dots(2)$$

ただし G は粒度番号である。

Table 1. Chemical compositions of samples.

| Heat. No. | Type of steel | Chemical composition (%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------|--------------------------|-----|------|------|------|-----|-------|-------|------|-----|-----|-------|-------|---------|-------|----------------------|-------------|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | Ti | Nb | ΣN | N sol | N insol | O | H × 10 ⁻⁴ | Ferri-te* % |
| 2 | 304 L | .008 | .61 | 1.49 | .015 | .009 | .03 | 8.49 | 19.63 | — | — | — | .0055 | .0037 | .0018 | .0073 | nd | 17 |
| Y | 304 L | .004 | .66 | 2.01 | nd | .011 | .02 | 8.55 | 19.44 | — | — | — | .0065 | .0065 | tr | .0130 | 2.49 | 16 |
| Z | 304 L | .003 | .62 | 2.05 | nd | .011 | .01 | 8.40 | 19.44 | — | — | — | .0043 | .0043 | tr | .0240 | 2.09 | 16 |
| 1 | 304 | .086 | .63 | 1.22 | .016 | .007 | .03 | 12.98 | 17.41 | — | — | — | .0043 | .0034 | .0009 | .0057 | nd | 0 |
| V | 316 L | .004 | .65 | 1.80 | nd | .011 | .02 | 11.33 | 17.62 | 2.96 | — | — | .0027 | .0027 | tr | .0081 | 2.19 | 8 |
| 3 | 316 L | .006 | .64 | 2.08 | .015 | .007 | .03 | 11.16 | 17.75 | 2.79 | — | — | .0040 | nd | nd | .0094 | nd | 6 |
| 8 | 316 | .088 | .66 | 1.88 | .010 | .007 | .02 | 13.71 | 16.02 | 2.78 | — | — | .0058 | .0043 | .0015 | .0029 | nd | 0 |
| 4 | 321 L | .004 | .68 | 1.97 | .015 | .006 | .03 | 9.16 | 19.71 | — | .53 | — | .0037 | tr | .0037 | .0074 | nd | 12 |
| 7 | 321 | .069 | .65 | 1.98 | .009 | .009 | .02 | 12.73 | 16.72 | — | .58 | — | .0028 | tr | .0028 | .0125 | nd | 0 |
| 5 | 347 L | .011 | .68 | 2.00 | .010 | .007 | .03 | 9.14 | 20.13 | — | — | .99 | .0039 | .0011 | .0028 | .0069 | nd | 13 |
| 6 | 347 | .074 | .72 | 2.04 | .010 | .006 | .02 | 12.40 | 17.48 | — | — | .95 | .0047 | .0027 | .0020 | .0057 | nd | 0 |

* Calculated from Schaeffler's constitution diagram.

(1) を (2) に代入し $d=10\text{mm}$, $m=37$ を用いた式 (3) により粒度番号を計算した。

$$G = 6.644 \log \bar{n} + 0.774 \dots \dots \dots (3)$$

III. 粒度測定法について

粒度測定に際しては粒の粗細に応じて対物鏡の倍率を変えたが低倍率で測定する場合は粒を大き目に評価する傾向があるので適当な粒度を持つ試片を異つた倍率で測定し平均個数 \bar{n} の比を数個の試片について計算した。結果はつぎのとおりである。

$$\bar{n}(\times 11) = \bar{n}(\times 6) \times 0.587$$

$$\bar{n}(\times 37) = \bar{n}(\times 6) \times 0.225$$

$$\bar{n}(\times 37) = \bar{n}(\times 11) \times 0.408$$

ただし $\bar{n}(\times 11)$ は 11 倍の対物鏡による平均粒数。以下同様、データの整理は 37 倍を基礎にして他の倍率によるものはその比率で 37 倍に換算して行なつた。

試片上に引く線の本数 (k) は以下のようにして定めた。整粒試片を選んで測定を繰返し $k=230$, 粒数にして約 3800 個を算えた。粒度番号に換算した頻度分布を Fig. 1 に示す。

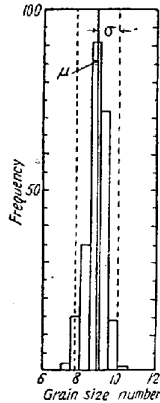


Fig. 1. Grain size distribution.

これを断面における結晶粒度の母集団と考えこの正規性を χ^2 検定し $\sigma=0.516$, $\mu=8.82$ の正規分布に十分近いことを確かめた。したがって $k=50$ のとき平均値の標準偏差 $S=0.0729$ となりこのとき得られる平均値の 99% までは 8.82 ± 0.22 のうちに入る。しかし実際には粗粒では測定個数が不足しがちでありまた形が不規則になるので精度は落ちる。また試片を採取した棒の初期粒度が均一性を欠いていたものもあり低温短時間でのはらつきが起つた。

IV. 実験結果と考察

(1) 加熱保持時間と温度および粒度の関係を Fig. 2 に示す。900°C × 1000 h 以内であればこれらの鋼種はすべて粒度番号 8 以上の細粒である。すなわち 900°C 以下では結晶粒はほとんど成長しない。成長の観察される温度および時間は、

| | | |
|-------|-----------------|-----------------|
| 304 | 1000°C × 100 h | 1100°C × 0.5 h |
| 304 L | 1000°C × 100 h | 1100°C × 10 h |
| 316 | 1000°C × 1000 h | 1100°C × 10 h |
| 316 L | 1000°C × 100 h | 1100°C × 10 h |
| 321 | | 1100°C × 1000 h |
| 321 L | | 1100°C × 100 h |

347
347 L

(2) C および Mo, Ti, Nb の影響について: L のつく鋼種とそれに対応する L のつかない鋼種とを比較すると L 系列の方が粒度番号で 0.5 ~ 1 細かい。C の結晶粒粗大化の傾向はこのような微量 C ですでに現われている。347 と 347 L とは非常に細粒である。Nb が Mo や Ti に比較していちじるしい粒微細化効果を持っている。

(3) 組織について: 熱処理後の試片を磁石 (Alnico V) で調べると 304 L 3 個, 321 L, 347 L のみ

が磁性を示し他は示さなかつた。しかしこれらの鋼種も高温長時間保持の試片は磁性が弱くなりあるいは全然示さなくなつた。顕微鏡的には 304, 321, 316 はオーステナイト相のみであるが他のものは異相が存在した。しかし異相の存在する鋼種も高温長時間になるほど異相が減少している。顕微鏡的に異相が認められる鋼種は Schaeffler の組織図でフェライトが存在する鋼種と一致する。磁性検査によるフェライトの有無とも 316 L を除いて一致する。異相はフェライトと思われる $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態がこのような高温でも平衡到達に長時間を要することが判る。

321 L のフェライトの硬度をマイクロピッカーで測定した。1100°C, 1000°C × 1000 h では VHN 200 だが 900°C では VHN 500 を示した。316 L の 900°C 試片も VHN 500 を示した。これは Cr_{23}C_6 , TiC の析出あるいは σ 相の生成によるものと考えられるが確認するに到らなかつた。

1100°C × 1000 h
1100°C × 1000 h

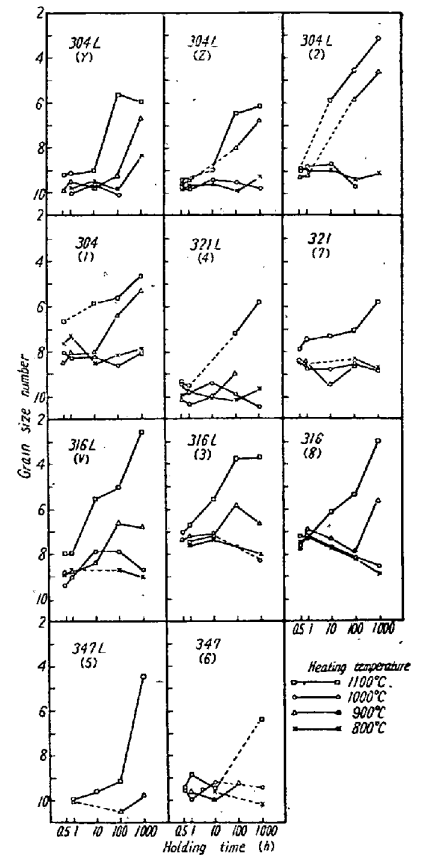


Fig. 2. Influence of holding time on grain size of austenitic stainless steels at various temperatures.

(4) 結晶粒成長の活性化エネルギーを求めたがその値はデータの整理や線のあてはめ方のわずかな違いにより大きく変化するのであまり意味がない。

(72) ステンレス鋼管の光輝焼鈍について

住友金属工業, 鋼管製造所

工博 岡本 豊彦・○高橋 啓三

Bright Annealing of Stainless Steel Tubes.

Toyohiko Okamoto, Keizou Takahashi.

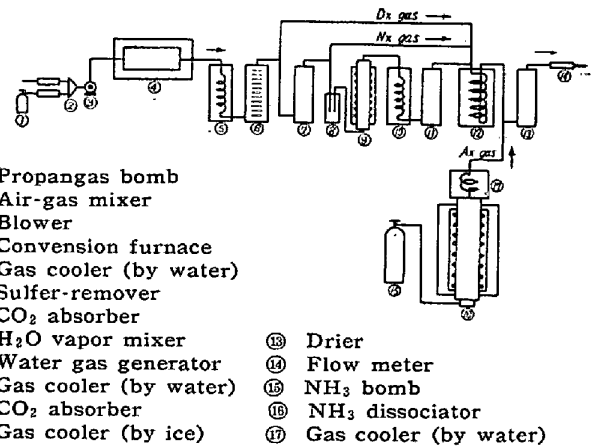
I. 緒 言

最近、炭素鋼、ステンレス鋼およびその他の特殊鋼の光輝焼鈍がさかんに利用されるにいたつた。光輝焼鈍法としては古くより種々の方法があり、真空中の焼鈍が理論的に最も理想的と考えられるが、実用的な面においてはまだ問題点を残しており、現段階においては雰囲気ガス（保護ガス）調整による方法が実用的として広く採用されている。今度当所においても実験用の真空焼鈍炉と雰囲気ガス変成装置を設置し、まず原子炉あるいはその他寸法公差および表面状態の厳格なステンレス鋼管に対する光輝熱処理の基礎的な実験として変成ガスおよび市販のボンベガスを用いた雰囲気ガスによる方法と真空による方法について実験を行つた。

II. 実験装置

(1) 雰囲気ガス変成装置

装置の概略図を Fig. 1 に示した。プロパンガスを変成した DX, NX, および HNX ガスとアンモニヤを分解した AX ガスの4種を発生させることができる。まず、DX ガスはプロパンガスと空気を適当な混合比になるように混ぜ、燃焼して作つたガスを冷却後、脱硫をし-5°C 以下の水冷槽および活性アルミナを充填した脱水塔を通して露点を下げた。NX ガスは DX と同様にして作つたガスからジェタノールアミンを用いた CO₂ 吸収



- ① Propangas bomb
- ② Air-gas mixer
- ③ Blower
- ④ Conversion furnace
- ⑤ Gas cooler (by water)
- ⑥ Sulfur-remover
- ⑦ CO₂ absorber
- ⑧ H₂O vapor mixer
- ⑨ Water gas generator
- ⑩ Gas cooler (by water)
- ⑪ CO₂ absorber
- ⑫ Gas cooler (by ice)
- ⑬ Drier
- ⑭ Flow meter
- ⑮ NH₃ bomb
- ⑯ NH₃ dissociator
- ⑰ Gas cooler (by water)

Fig. 1. Gas producer.

塔にて CO₂ を除いた後、露点を下げるために水冷槽および脱水塔を通した。次に、NHX ガスは上記の CO₂ を除いたガスを水分添加による水性ガス反応を行つて変成した。AX ガスは触媒を充填して加熱したレトルト中へアンモニヤを通し分解させて作つた。これらのガスの発生能力および組成は Table 1 に示す通りである。

(2) 分析装置

一般に行われているオルザット法による分析の他に、最近各方面に利用されてきたガスクロマトグラフィーを用いて連続作業時中のガスの組成の安定性を試験した。今回使用したガスクロマトグラフィーはダブルカラム形式としてサンプリングコックを2個取付け、一器で多くの組成の分析が可能になるようにした。

(3) 真空焼鈍炉

到達真空度は炉が常温の場合には 5×10^{-5} mmHg 以下となり、1100°C に加熱すると 10^{-4} mmHg となる。炉体は有効加熱長さ 2m で内径 100mm φ の耐熱鋼製の加熱部と外側水冷による冷却部よりなつている。加熱はいずれもエレマ発熱体を用いた。熱処理後材料をワイヤーで水冷帯に移して冷却速度を早める方式となつている。

III. 雰囲気ガスによる実験

(1) 実験方法

Table 2 に示した6種のガス雰囲気による表面の酸化

Table 1. Composition of converted gas.

| Type of gas | Gas composition (volume %) | | | | | Dew point (°C) | Flow rate (l/mn) |
|-------------|----------------------------|----------|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| | CO ₂ | CO | CH ₄ | H ₂ | N ₂ | | |
| DX | 5.5~11.5 | 0.7~10.5 | 0~0.5 | 0.7~15 | Balance | < -30 | 25 |
| NX | 0 ~ 0.05 | 0.7~10.5 | 0~0.5 | 0.7~15 | Balance | < -30 | 25 |
| HNX | 0 ~ 5.5 | | | 1.4~25.5 | Balance | < -30 | 25 |
| AX | | | | 75 | 25 | < -50 | 25 |