

他の耐熱鋼と比較するため、25Cr, 25Cr-20Ni, 20Cr-30Ni も同時に試験した。その結果を Fig. 3 に示す。25Cr や 25Cr-20Ni は 900°C 以上になると腐食速度が非常に大きくなるが Cr-Si-Al 鋼は非常に耐酸化性や耐 SO<sub>2</sub> 性がよく、A, B 鋼種は 1000°C まで、C 鋼種は 1100°C でも非常に良好である。これは Si や Al による緻密な酸化膜がこれら鋼の表面にできるからである。

### V. 溶 接 性

62mm  $\phi$  × 6mm t 鋼管で溶接性を調査した。溶接棒は 25Cr-20Ni, Inco weld A を用いて、予熱 250°C で V 型開先の突合せ溶接を実施した。溶接後、溶接部のマクロ組織、ミクロ組織、硬度、引張、曲げなどの諸試験を行なったが溶接性はかなり良好であった。

### VI. 結 言

高 Cr-Si-Al 鋼々管を製造し、その諸性質について種々の実験を行なった。その結果をまとめると次の通りである。

- 1) 本鋼の鑄造組織は粗いが R, E や Nb でかなり改善できる。
- 2) 熱間加工性だいたい Cr 系ステンレスと同等であり、十分製管可能である。
- 3) Cr 含有量が高くなると冷間加工は困難であるが、加工条件を適当に行なうことにより、より優秀な鋼管の製造が可能である。
- 4) 本鋼の高温強度はほぼ一般の Cr 系ステンレス鋼と同等であるが、耐高温ガス腐食性ははるかに優れている。
- 5) 適当な溶接条件を採用すれば溶接も可能である。

## (148) 12% Cr 鋼の振動減衰率におよぼす C および Cr の影響

日立製作所, 日立研究所 ○佐々木良一  
The Effect of C and Cr on the Damping-Capacity of 12% Cr Steel. No. 64310  
Ryoichi SASAKI

### I. 緒 言 PP1973~1975

今日、12% Cr 鋼がタービン翼材として広く使用されている。タービン翼材としては機械的強度に加えて、振動減衰率の大きい材料が望ましい。12% Cr 鋼は普通鋼材に比べると、著しく振動減衰率の大きい材料として知られているが<sup>1)</sup>、12% Cr 附近で振動減衰率におよぼす組成の影響は系統的に調べられていない。よつて C を 0.08~0.22%, Cr を 10.0~13.7% に変えた試料を溶製し、振動減衰率におよぼす C と Cr の影響を求めた。

### II. 実 験

実験に供した試料は高周波溶解炉で溶製したもので、その組成を Table 1 に示す。これを 20mm 角に鍛伸後、それぞれブリネル硬さ H<sub>B</sub> 200 および H<sub>B</sub> 240 に調質した。焼入温度は 990°C 一定とし、焼戻温度を変えて硬さを調質した。それぞれの焼戻温度は Table 1 に併記した。

振動減衰率の測定は、いわゆる Föppl 型<sup>2)</sup>の試験機で振り自由振動の減衰測定により、11.5 C/S の振動数で、室温~550°C において、対数減衰率  $\delta$  を求め、試片表面の剪断歪角  $\phi$  と  $\delta$  との関係として表わした。

### III. 実 験 結 果

#### (1) 一般的傾向

測定された  $\delta$ - $\phi$  曲線群の代表的なものを Fig. 1 に示した。 $\delta$  は振巾により、温度により著しく変化する。 $\delta$  の温度による変化が振巾によつて異なり、振巾の小さ

Table 1. Chemical composition and heat treatment

| Steel | Chemical composition (%) ** |       |      |      | Tempering temperature (°C)* |                        |
|-------|-----------------------------|-------|------|------|-----------------------------|------------------------|
|       | C                           | Cr    | Si   | Mn   | for H <sub>B</sub> 200      | for H <sub>B</sub> 240 |
| 54    | 0.08                        | 10.29 | 0.31 | 0.37 | 650                         | 555                    |
| 97    | 0.08                        | 11.39 | 0.28 | 0.30 | 700                         | 580                    |
| 98    | 0.09                        | 12.50 | 0.26 | 0.30 | 700                         | 595                    |
| 99    | 0.08                        | 12.94 | 0.19 | 0.28 | 700                         | 590                    |
| 100   | 0.08                        | 13.62 | 0.21 | 0.34 | 710                         | 640                    |
| 101   | 0.11                        | 11.29 | 0.19 | 0.33 | 715                         | 640                    |
| 109   | 0.13                        | 11.22 | 0.15 | 0.29 | 720                         | 640                    |
| 113   | 0.15                        | 11.31 | 0.23 | 0.30 | 720                         | 645                    |
| 117   | 0.19                        | 11.13 | 0.24 | 0.30 | 745                         | 660                    |
| 55    | 0.16                        | 10.03 | 0.28 | 0.31 | 710                         | 635                    |
| 56    | 0.21                        | 10.00 | 0.25 | 0.30 | 715                         | 655                    |
| 107   | 0.14                        | 12.59 | 0.13 | 0.29 | 730                         | 620                    |
| 118   | 0.19                        | 12.09 | 0.29 | 0.29 | 760                         | 660                    |
| 116   | 0.12                        | 11.90 | 0.25 | 0.31 | 710                         | 645                    |
| 104   | 0.11                        | 13.55 | 0.17 | 0.30 | 700                         | —                      |
| 114   | 0.17                        | 12.08 | 0.25 | 0.31 | 750                         | —                      |
| 115   | 0.16                        | 12.76 | 0.23 | 0.29 | 750                         | —                      |
| 119   | 0.22                        | 13.11 | 0.21 | 0.28 | 760                         | —                      |

\* 990°C × 30 min oil quenched and tempered for 1 hr at each temperature

\*\* P=0.015~0.021%, S=0.015~0.022%

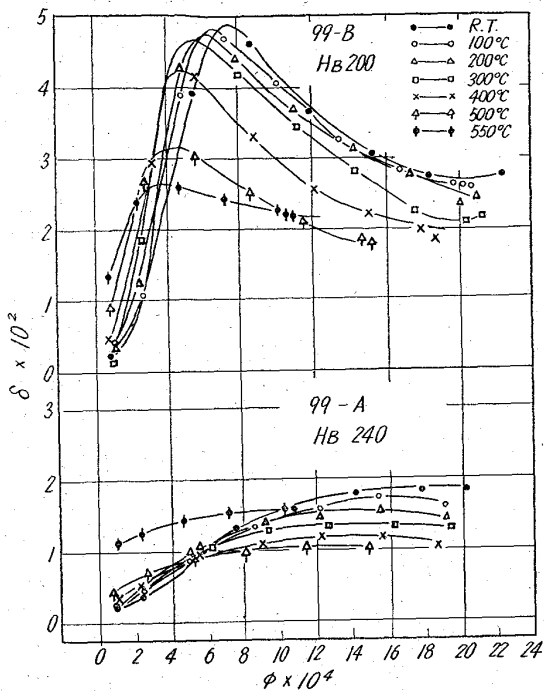


Fig. 1. Examples of  $\delta-\phi$  curves

いところでは温度の上昇とともに $\delta$ は大きくなり、振巾の大きいところではその逆である。また中程度の振巾では $\delta$ は200~300°Cで極大を示し、それ以上の温度では小さくなる。

(2) Cr の影響

Fig. 2 は C 0.08~0.09% で HB 200 の試料の、Fig. 3 は HB 240 の試料の $\delta$ におよぼす Cr の影響を示す。HB 200 の試料では、Cr の低い方が $\delta$ は大きく、Cr 量の増加とともに $\delta$ は減少する。Cr 10.5~12.5%間の $\delta$ の変化は小さいが、13%以上では急に $\delta$ は小さくなる。 $\phi = 10 \times 10^{-4}$  に対する $\delta$ は 10.5% Cr では 0.051 であるが 13.6% Cr では 0.025 で 10.5% Cr の約 1/2 である。HB 240 の試料では Cr 11% 付近に $\delta$ の山があり、それより Cr が低くても、高くても $\delta$ は小さく、全体に HB 200 の試料よりも $\delta$ は小さく、Cr の影響も多少違っている。

(3) C の影響

Fig. 4 および Fig. 5 は Cr 11.3% 附近の C の影響を示す。HB 200 の試料では C 0.11% が最大の $\delta$ を示し、C 量の増加とともに $\delta$ は減少する。HB 240 では、室温で振巾の小さいところでは C 量の増加とともに $\delta$ は減少するが、振巾の大きいところ、および高温ではこれと逆に C 量の高い方が $\delta$ は大きい。Cr 10.5% 附近でも C の影響は全く同様の傾向を示した。

IV. 検 討

一般に強磁性体においては磁化と機械的変形とは関連があり、磁化されると磁歪を生じ、磁歪に相当する歪をあらかじめ与えておくと磁化が容易になる。これは機械的な力が加わると磁区の分布に変化を生ずるためである。振動応力が加えられるとそれに応じて磁区の分布も交番変化を生じ、これによって試験片内部に過電流が生まれ、これは熱となつて振動エネルギーを消費するから、強磁性体の $\delta$ は非強磁性体に比し著しく大きく、またこのような効果は磁歪の大きい方が大きいと考えられる。そこで 12Cr 鋼においても $\delta$ と関係があると考え磁歪を測定した。HB 200 の試料においては磁歪の大きい方が $\delta$ が大きく、予想した関係が得られた。これに対し HB 240 の試料では、磁歪と $\delta$ との相関は全く認められない。これは前述の強磁性性に基因するもの以外に $\delta$ に寄与する因子が存在し、HB 240 ではこの方の影響が大きいと、磁歪による効果がかくされたのであろう。 $\delta$ に寄与する因子はいろいろ考えられるが、12% Cr 鋼はフェライト地と、これに比べると非常に硬い炭化物との2相からなり立っており、振動応力が働いた場合この境界に振動エネルギーを消費する弛縁が存在すると考えられ、これが大きな因子となるであろう。また硬さが硬い場合は微細析出による内部応力のため磁区が固着され、磁氣的にも硬くなり磁化されがたいであろう。したがって、振動応力による磁区分布の変化も小さく、これによるエネルギーの消費が少なく、強磁性に基因する $\delta$ は硬さの低い場合よりも小さいと考えられる。すなわち、HB 200 の試料においては強磁性に基因する $\delta$ が主要な部分を占め、HB 240 の試料におい

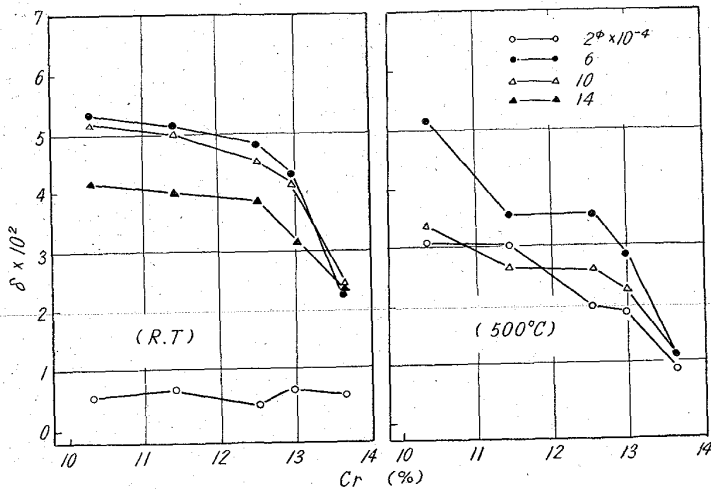


Fig. 2. The effect of Cr content on the  $\delta$  of 12% Cr steel (HB 200)

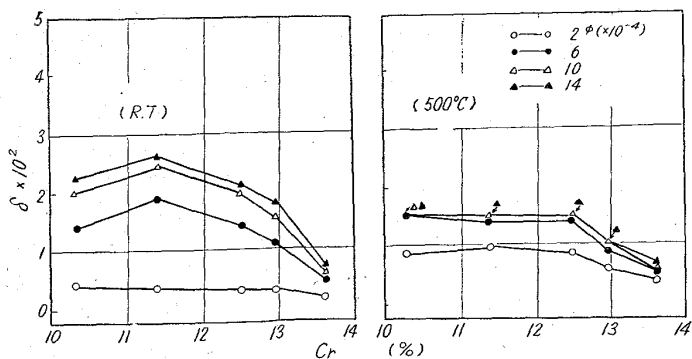


Fig. 3. The effect of Cr content on the  $\delta$  of 12% Cr steel (HB 240)

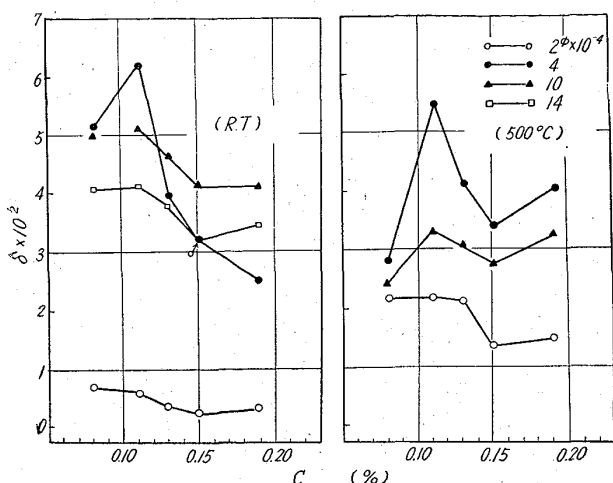


Fig. 4. The effect of C content on the  $\delta$  of 12% Cr steel ( $H_B$  200)

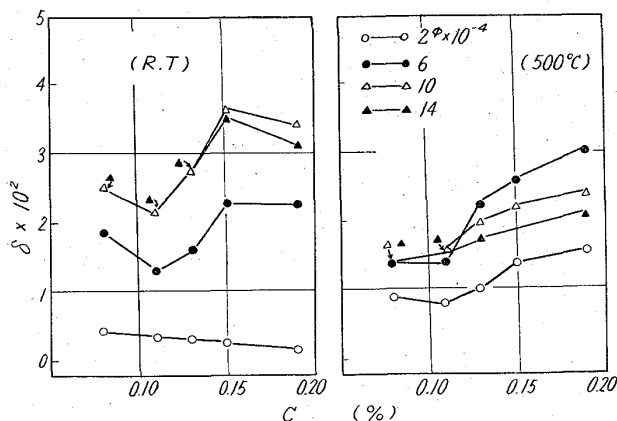


Fig. 5. The effect of C content on the  $\delta$  of 12% Cr steel ( $H_B$  240)

ては、地と析出相との境界の弛緩が主要な部分を占めているものと考えられる。これにより、12% Cr 鋼の  $\delta$  におよぼす C の影響が硬さによって異なることが説明できる。またフェライト+パーライト、またはフェライト+ソルバイト組織よりも、一様に炭化物が地に分布する均一なソルバイト組織の方が  $\delta$  は大きく、またフェライト地が柔らかく、析出相が硬く、両者の弾性的性質の差が大きいほど  $\delta$  は大きいと考えられる。1/2 Mo 鋼について 950°C から 50~100°C/hr で冷却したフェライト+パーライト組織のものと、油焼入し 700~740°C で焼戻して球状炭化物が一様に分布する組織のものとを比べると、後者の  $\delta$  は前者に比べ著しく大きい。

V. 結 言

以上により 12% Cr 鋼の振動減衰率におよぼす C および Cr の影響を明かにした。結果は要約すると次の通りである。

- (1)  $\delta$  は温度によって変化し、小振巾では温度の上昇とともに  $\delta$  は増加し、大振巾ではその逆で、中振巾ではある温度で最大値を示す。
- (2) ブリネル硬さ  $H_B$  200 に調質したものの方が  $H_B$  240 のものより  $\delta$  が大きい。
- (3)  $H_B$  200 の試料では C が 0.08~0.10% で Cr が

11.5% 附近に  $\delta$  の最大値があり、C 量が高いものほど  $\delta$  は小さい。

(4)  $H_B$  240 の試料では、Cr 10.5%、C 0.20% 附近で  $\delta$  の最大値があらわれ、Cr が 13% をこえると  $\delta$  は小さくなり、C 量の高いものほど  $\delta$  は大きい。

(5) フェライトが出ている組織よりも、均一なソルバイト状組織ないしは球状化組織の方が  $\delta$  は大きい。

文 献

- 1) 小野, 佐々木: 日立評論別冊 第 16 号 (1956) p. 28~35
- 2) O. Föppel: J. Iron and Steel Inst. (U. K.), 134 (1936), p. 393~455

669.15'24'26'28-194.3:620.187.22  
1548.5

(149) 25Cr-4Ni-1.5Mo 鋼中の  $\sigma$  相に関する一考察

神戸製鋼所, 長府北工場 No.64311  
工博 高橋 孝吉・大西 忠利・中原 寛治  
浜田 汎史・原野 紀久

A Study of  $\sigma$  Phase in Duplex 25Cr-4Ni-1.5Mo Steel. pp1975~1977

Kokichi TAKAHASHI, Tadatoshi ONISHI,  
Kanji NAKAHARA, Hirofumi HAMADA  
and Norihisa HARANO

I. 緒 言

最近耐腐蝕性が AISI 316 などより優れているとして石油化学工業および合成化学工業などの分野においてその使用用途が伸びている 25Cr-4Ni-1.5Mo 鋼々管について著者らはその試作研究を行ない、製管技術の確立および腐食特性の把握を行なつた点について報告した。

この間著者らは本鋼種はオーステナイト・フェライト 2 相を有し、かつ Mo を合金元素として含有するためには  $\sigma$  相脆性が大きく、特に 800°C 附近でのごく短時間熱処理により冷間加工性が劣化し、製品酸洗性に異常をきたす種々の製管上のトラブルを経験した。

そこで本報では  $\sigma$  相析出温度である 800°C における加熱時間および加工度による  $\sigma$  相の析出挙動について導磁率の変化、X線回折および電子顕微鏡などによって調査し、実際製造上の参考資料とすることとした。

II. 試 料

500kg 高周波溶解炉により素材の溶解を行ない Table 1 に示すような化学成分の鋼塊を得た。この鋼塊を鍛造して押出製管用ビレット (170  $\phi$  mm 1600mm ml) を作成し Ugine-Séjournet 方式による熱間押出加工で製管を行ない、冷間引拔を行なつて 40  $\phi$  mm  $\times$  3.5 t mm の試験材をえた。これから各種試験片を採取した。

作成した試験片を圧延加工率 0~60%, 温度 800°C 保持時間 60sec (1 min) ~ 180000sec (50hr) の条件で熱処理をほどこした。

III. 実 験 結 果

- (1) 電子顕微鏡による  $\sigma$  の直接観察  
 $\sigma$  を電子顕微鏡で直接観察することは経験を要するため、 $\sigma$  を確認するため  $\gamma$  と  $\alpha$  の電子線回折像を先に確認