

度 750°C で下限温度を 280°, 100°C としたときの応力変動と熱疲労寿命の対数の関係を示したものである。

空冷材について熱応力を一部逃がすと応力変動は低下し寿命は伸びるが、応力変動が 20 kg/mm² 以下になると、熱疲労寿命は急激に長くなっている。一方油冷材における下限温度の変化にともなう応力変動と熱疲労寿命の対数の関係の変化を、空冷材における同一温度サイクルでの応力変動の変化にともなう寿命の変化と比較すると、応力変動と熱疲労寿命の対数の関係は応力変動が 20 kg/mm² 以上では似ている。これは本試験の範囲では下限温度の変化による熱疲労寿命の変化は主として応力変動によるものと考えられることを示している。

4. 試験片拘束温度の影響

本試験で用いた型式の熱疲労試験機において、試験片を最初に温度サイクルの上限温度で拘束するかまたは下限温度で拘束するかによつて温度サイクルの初期には歪一応力線図の形状が異なつても、比較的少ない温度サイクルの繰返しで一致し、熱疲労寿命にはほとんど差がないことをすでに L. F. COFFIN JR.⁴⁾ は 347 型不銹鋼について報告している。

本供試鋼の空冷材について下限温度 280°C において上限温度 790°~700°C に変えた場合について、上限温度、下限温度で拘束した場合の熱疲労寿命と上限温度の関係を Fig. 5 に示す。

上限温度がこの鋼の A_{C1} 直上の 790°C では、上限温度、下限温度拘束の差は認められないが、上限温度が低下するにつれて下限温度で拘束した方が寿命が長くなり、両者の差は大きくなっている。これは上限温度、下限温度で拘束した場合により必ずしも熱疲労寿命は一致せず温度サイクル、鋼などによつて上限温度拘束、下限温度拘束によつて熱疲労寿命が変りうることを示すものである。

IV. 結 言

1.5% Si-Cr-Mo-V 鋼の熱疲労特性におよぼす上限温度、下限温度、拘束温度などの試験条件の影響を検討し、つぎの結果をえた。

1. 上限温度が A_{C1} 直上から低くなるにつれ、急激に寿命が長くなるとともに、組織の影響が現われてく

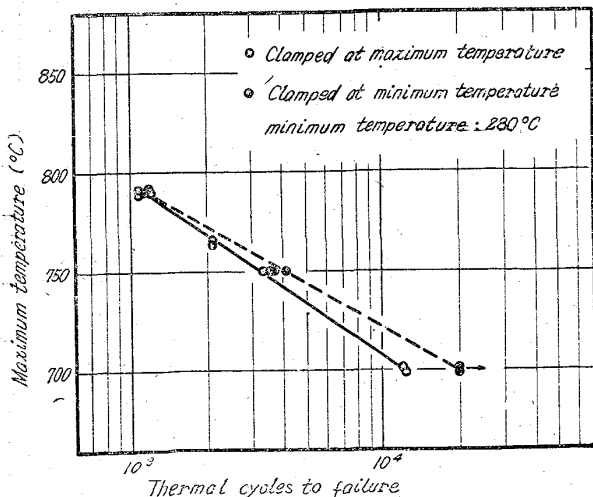


Fig. 5. Effect of clamping on cycles to failure.

る。

2. 下限温度の寿命におよぼす影響は上限温度によつてほとんど変わらず、一部の熱応力を逃がした試験と比較すると、応力変動と寿命の対数の関係はよくにている。

3. 拘束温度の寿命におよぼす影響は、上限温度が A_{C1} 直上より低くなるにつれて顕著になり、下限温度で拘束した方が寿命が長い。

文 献

- 1) 邦武, 加藤, 長谷川: 鉄と鋼, 38 (1963) 3, p. 560~562
- 2) 邦武, 加藤: *ibid*, 38 (1963) 10, p. 1532~1533
- 3) 加藤, 邦武, 駒田, 西岡: *ibid*, 38 (1963) 3, p. 562~564
- 4) L. F. COFFIN JR.: *Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng.*, 76 (1954), p. 931~950

(135) Si-Cr-Mo-V 鋼におよぼす諸添加元素の影響

(鍛造用型鋼としての Si-Cr-Mo-V 鋼に関する研究—V)

住友金属工業, 中央技術研究所

理博○邦武 立郎・加藤 直

Effect of Various Alloying Elements on Si-Cr-Mo-V Steel.

(Studies on the Si-Cr-Mo-V steels for forging dies—V)

Dr. Tatsuro KUNITAKE and Tadashi KATOU.

I. 緒 言

耐熱亀裂性において、特にすぐれた鍛造用型鋼、鑄造用型鋼を開発するための研究の一環として前報¹⁾において、Si-Cr-Mo-V 鋼の諸性質におよぼす各合金元素 C, Si, Cr, Mo, V の効果について述べた。本報においては基本成分に対して Ni, Cu, Co, W, Ti, Zr および Nb をそれぞれ添加した場合の各々の合金元素としての影響を報告する。

II. 実験内容

0.35% C-1.5% Si-1.0% Cr-0.4% Mo-0.2% V を基本成分として、これにそれぞれ Ni, Cu, Co, W, Ti, Zr および Nb をいろいろの量含有せしめた 17 種類の鋼を供試鋼とした。供試鋼の化学成分を Table 1 に示す。供試鋼について変態点、焼入性および機械的性質を測定し、これらの諸性質におよぼす合金元素の影響を明らかにしようとした。

III. 実験結果

1. 変態点および変態にもとづく長さ変化

基本成分 C, Si, Mn, Cr, Mo, V の変態点におよぼす影響をまず明らかにするため Table 2 に示す成分範囲の鋼 21 種類についての測定値から実験式を求めた。

すなわち、 A_{C1} および A_{C3} について次のような実験式を得た。

Table 1. Chemical composition of steels.

| Designation | C | Si | Mn | Cr | Mo | V | Others |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| B 1 | 0.32 | 1.46 | 0.80 | 0.97 | 0.44 | 0.20 | — |
| B 2 | 0.33 | 1.51 | 0.73 | 1.01 | 0.41 | 0.21 | — |
| B 3 | 0.36 | 1.60 | 0.86 | 1.08 | 0.48 | 0.19 | — |
| N 1 | 0.33 | 1.50 | 0.75 | 1.06 | 0.46 | 0.21 | Ni : 0.54 |
| N 2 | 0.32 | 1.53 | 0.80 | 1.06 | 0.45 | 0.21 | Ni : 1.05 |
| C 1 | 0.37 | 1.62 | 0.83 | 1.02 | 0.40 | 0.21 | Cu : 0.48 |
| Co 1 | 0.35 | 1.66 | 0.84 | 1.03 | 0.41 | 0.21 | Co : 0.54 |
| Co 2 | 0.33 | 1.47 | 0.79 | 0.94 | 0.41 | 0.20 | Co : 1.04 |
| W 1 | 0.35 | 1.54 | 0.78 | 1.09 | 0.39 | 0.22 | W : 0.38 |
| W 2 | 0.35 | 1.64 | 0.80 | 1.00 | 0.40 | 0.20 | W : 0.91 |
| T 1 | 0.35 | 1.50 | 0.81 | 1.02 | 0.40 | 0.20 | Ti : 0.03 |
| T 2 | 0.36 | 1.56 | 0.86 | 1.01 | 0.38 | 0.15 | Ti : 0.10 |
| Z 1 | 0.35 | 1.67 | 0.86 | 1.06 | 0.41 | 0.19 | Zr : 0.06 |
| Z 2 | 0.33 | 1.60 | 0.80 | 0.99 | 0.41 | 0.20 | Zr : 0.18 |
| Nb 1 | 0.33 | 1.49 | 0.72 | 1.01 | 0.42 | 0.21 | Nb : 0.06 |
| Nb 2 | 0.33 | 1.56 | 0.75 | 1.00 | 0.41 | 0.20 | Nb : 0.23 |
| Nb 3 | 0.33 | 1.73 | 0.88 | 1.02 | 0.40 | 0.20 | Nb : 0.50 |

Table 2. Range of chemical composition used for the determination of empirical formulas.

| | C | Si | Mn | Cr | Mo | V |
|------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Base composition | 0.35 | 1.5 | 0.8 | 1 | 0.4 | 0.2 |
| Range | 0.25/0.45 | 0.6/3.1 | 0.7/1.2 | 0.8/2.9 | 0.2/0.9 | 0/0.4 |

$$\begin{aligned}
 A_{C1}(\text{°C}) = & (-32.25 \times \%C) + (+23.32 \times \%Si) \\
 & + (-17.76 \times \%Mn) + (+17.13 \times \%Cr) \\
 & + (+4.51 \times \%Mo) + (+15.62 \times \%V) \\
 & + 754.83 \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{C3}(\text{°C}) = & (-394.75 \times \%C) + (+54.99 \times \%Si) \\
 & + (-14.40 \times \%Mn) + (+5.77 \times \%Cr) \\
 & + (+24.49 \times \%Mo) + (+83.37 \times \%V) \\
 & + 930.21 \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

(1) (2) の式による計算値と実測値の関係を Fig. 1 に示した。同様にして、 A_c 変態にもとづく長さ変化 (δ) と合金元素の関係の実験式として (3) 式を得

た。

$$\begin{aligned}
 \delta(\%) = & (+0.233 \times \%C) + (-0.049 \times \%Si) \\
 & + (+0.025 \times \%Mn) + (+0.027 \times \%Cr) \\
 & + (-0.050 \times \%Mo) + (-0.061 \times \%V) \\
 & + 0.0617 \dots \dots \dots (3)
 \end{aligned}$$

実測値と計算値の関係を Fig. 2 に示した。

基本成分 C, Si, Mn, Cr, Mo, V 量の変動の影響を除去するため、(1)~(3) 式によつて標準化し、Ni, Cu などの合金元素の A_{C1} , A_{C3} および δ におよぼす影響を純粋に求めた結果を Fig. 3 に示す。次のような事実がひきだされる。

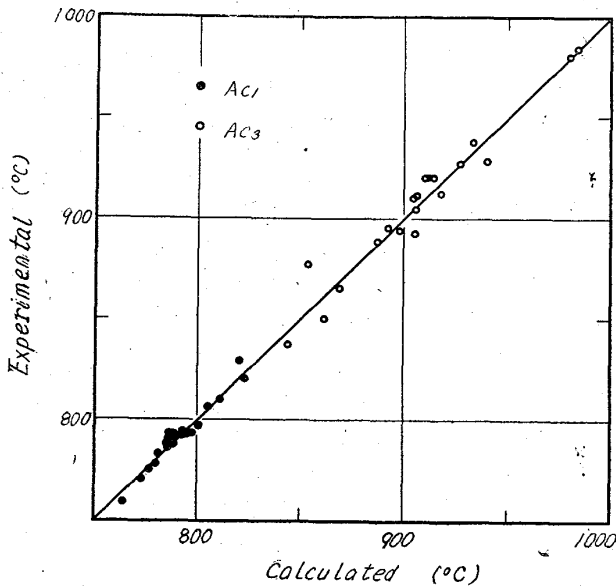


Fig. 1. Calculated and experimentally determined transformation temperatures.

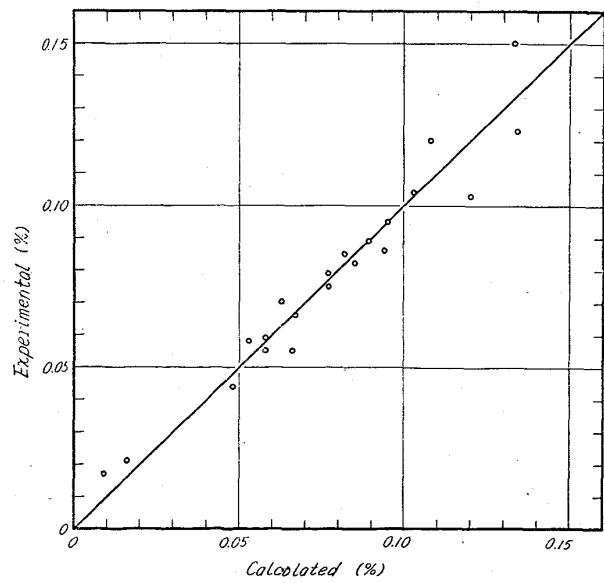


Fig. 2. Calculated and experimentally determined length change due to transformation.

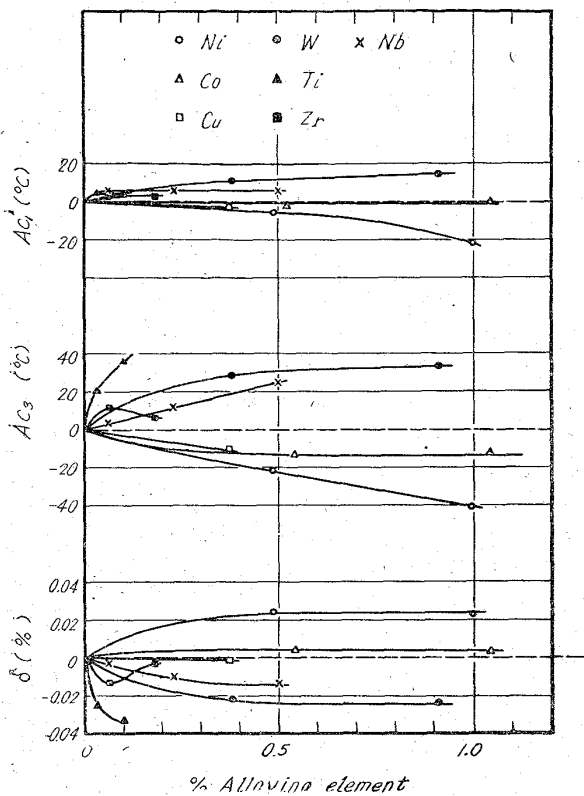


Fig. 3. Effect of various alloying elements on transformation temperatures and length change due to transformation.

① A_{c1} に対して: W, Nb, Ti, Zr は上昇せしめる。Co はほとんど影響がない。Ni, Cu は低下せしめる。

② A_{c3} に対して: Ti, W, Nb, Zr は上昇せしめる。Ni, Co, Cu は低下せしめる。

③ 合金元素の影響は, A_{c1} に対するよりも A_{c3} に対して大きい。

④ δ に対して: Ti, W, Nb, Zr は減少せしめる。Ni, Co は増加せしめる。

2. 機械的性質

引張性質の測定には径 16mm の丸棒を, また衝撃性質の測定には 15mm 角の材料を $A_{c3}+40^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱後, 空冷しさらに $200^{\circ}\sim 750^{\circ}\text{C}$ の各温度に 1hr 焼もどした後, それぞれの試験を行なった。

(1) 引張性質

引張性質と焼もどし温度の関係からみると, Ni によつて抗張力, 降伏点, 絞りともに増加する。Cu によつても抗張力, 降伏点は上昇するが, 絞りにはほとんど差がない。0.5% の Co の添加は抗張力, 降伏点を増加せしめるが, 1.0% になるとかえつて低下せしめる。Ti, Zr, W はいずれも抗張力, 降伏点を増加する。Nb の抗張力, 降伏点, 絞りにおよぼす影響は小さい。いずれの場合も強度に関しては, 焼もどし温度 650°C 以上では合金元素添加の影響は非常に小さくなる。なお, その程度に大小はあるが, いずれの鋼についても焼もどし温度 500°C 近辺で絞りの低下がみられる。同一抗張力レベルにおける降伏点, 絞りを比較すると, 抗張力 110

kg/mm² 以下では鋼による差が比較的小さいが, 1.0% Ni を添加したものは降伏点, 絞りが高い。

(2) 衝撃性質

衝撃値と硬度の関係は焼もどし温度 500°C 近辺で谷底を示し, それよりも高硬度側では硬度の増加によつて衝撃値の急激な上昇を, それよりも低硬度側では硬度の低下に伴つて衝撃値は上昇して行くが, 谷底よりも低硬度側 (HrC 37 以下) で同一硬度レベルで比較するとき, Ni, Cu の添加は衝撃値を増し, Co はほとんど影響なく, Nb の影響は比較的小さい。微量の Ti, Zr の添加は衝撃値の向上に有効である。しかし, その量が多すぎるとその効果がなくなる。

IV. 総 括

(1) Si, Cr, Mo, V および C をいろいろ変化せしめた鋼についての変態点および変態にもとづく長さの変化の実測値から, 化学成分との関係を次の形の実験式で表わした。

$$P = \sum a_i x_i + k$$

P : A_{c1} , A_{c3} 変態にもとづく長さ変化, k : 定数

x_i , a_i : 合金元素の含有量, Wt%, とその係数

(2) 0.35% C-1.5% Si-1% Cr-0.4% Mo-0.2% V 鋼をベースとして, Ni, Cu, Co, W, Ti, Zr, Nb を添加した場合について, 各々の変態点および変態にもとづく長さ変化におよぼす影響を求めた。Ti, W, Nb, Zr は変態点の上昇, 変態にもとづく長さ変化の減少に有効であることがわかった。

(3) 引張性質および衝撃性質におよぼす上記諸合金元素の影響を示した。例えば, 微量の Ti, Zr の添加は衝撃値の向上に有効であるが, その量が多すぎると, その効果がなくなることを見出した。

(4) このようにいろいろの合金元素を含む場合についても, この種の鋼の空冷組織 (主としてベイナイトからなる) は, 500°C 近辺の焼もどし温度で絞りの低下, 衝撃値の低下を示す。

文 献

- 1) 邦武, 加藤: 鉄と鋼, 49 (1963) 9, p. 1532~1533

(136) 5Cr-Mo-V, 5Cr-Mo-W-V, 5Cr-Mo-W 鋼の焼戻挙動について

(熱間工具鋼に関する研究—IV)

日本特殊鋼

○西村 富隆・新山 善之

On the Tempering Behavior of 5Cr-Mo-V, 5Cr-Mo-W-V and 5Cr-Mo-W Steels.

(Study on hot work tool steels—IV)

Tomitaka NISHIMURA and Yoshiyuki SHINYAMA.

I. 緒 言

12Cr-W-V-Co および W-Cr-V 系の熱間工具鋼を焼戻時効した場合, その硬度, 衝撃値, 電子顕微鏡組織の変化ならびに炭化物反応の過程などについて研究した結