

鋼 B1 の 16mm 丸材を空冷によつてベイナイト組織とした後、500°~750°C の温度に焼もどした後、炭化物を電解抽出して、X 線による同定、化学分析を行なつた。X 線による同定では炭化物はセメンタイトだけしか認められなかつた。すなわち、Cr, V, Mn, Mo を固溶せる (Fe, M)₃C がほとんどを占め、M₂₃C₆, VC などの炭化物は極微量であつた。

IV. 結 言

以上、代表的な鋼として選びだした供試 Si-Cr-Mo-V 鋼について示したようなベイナイト組織の焼もどし時に見出される脆性は、いろいろ Si 含量を異にする Si-Cr-Mo-V 鋼およびこれにいろいろの合金元素を添加した鋼のほぼ同等の冷却速度で冷却したものについても認められるものであつて²⁾、かかる鋼の連続冷却時に生ずるベイナイトと密接な関係がある。すなわち、ここで生ずるベイナイトは極めて析出の少ない Clean ferrite であつて、未変態の γ は変態に対して安定化されマルテンサイト変態をほとんど生ずることなく残留 γ として常温にもちきたされる。これを焼もどす時、250°C 以上で分解が始まり、さらに高温にいたり 450°~550°C 近辺で $\epsilon \rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$ の変化が行なわれるが、残留 γ の分解およびそれにひきつづいての析出によつて生じたセメンタイトは、残留 γ の存在状態によつて支配されるため粒界に Preferential な位置をとり、これが絞り、衝撃値の低下をはじめ焼もどし時の異常な機械的性質と結びつくものと思われる。

このような含 Si 鋼について認められたベイナイトの本性、特徴もまた今後の興味深い研究問題であらう。

文 献

- 1) 邦武, 加藤, 長谷川: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 560~562
- 2) 邦武, 加藤: 鉄と鋼, 49 (1963) 9, p. 1532~1533.
- 3) 邦武, 加藤: 鉄と鋼, 50 (1964) 3

(134) Si-Cr-Mo-V 鋼の熱疲労特性におよぼす試験条件の影響

(鍛造用型鋼としての Si-Cr-Mo-V 鋼に関する研究—IV)

住友金属工業, 中央技術研究所

○加藤 直・駒田 士道
理博 邦武一郎・工博 西岡 邦夫

The Effects of Test Conditions on Thermal Fatigue Characteristics of Si-Cr-Mo-V Steel.

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

Tadashi KATOU, Kotomichi KOMADA,
Dr. Tatsuro KUNITAKE and Dr. Kunio NISHIOKA

I. 緒 言

著者らはすでに鍛造用型鋼としての Si-Cr-Mo-V 鋼の変態点、変態時の体積変化、焼入性、常温ならびに高

温の機械的性質¹⁾、この鋼の前記諸性質におよぼす合金元素としての C, Si, Cr, Mo, V の効果²⁾、1.5% Si-Cr-Mo-V 鋼の熱疲労寿命におよぼす温度サイクルと変態点との関係、同様の用途に用いられる Cr-Mo 鋼の熱疲労寿命との比較を行なつた結果³⁾を報告した。本報においては、1.5% Si-Cr-Mo-V 鋼について上限温度が変態点近傍の場合の熱疲労寿命におよぼす各種試験条件の影響について報告する。

II. 供試鋼と実験方法

Table 1 に供試鋼の化学成分、2.5°C/min の加熱速度で熱膨張測定によつて決定した A_c 温度を示す。

供試鋼は 34 ϕ に鍛伸後、900°C×1hr 加熱後炉冷を行なつた。その後試験片の平行部を 20mm ϕ に荒仕上げし、950°C×1hr 加熱後、油冷または空冷を行なつた。油冷材はマルテンサイト組織であり、空冷材はベイナイト組織となつた。これらを 700°C×1hr の焼もどしを行なつた後試験片の加工を行なつた。試験片は油冷、空冷にかかわらず焼もどし後の硬度は H_RC 30 前後である。

試験機、試験片の形状は前報³⁾に示したものと同様で Fig. 1 に試験機の主要部分を示す。試験機は直接通電

Table 1. Steel investigated.

Chemical composition (wt %)								Ac (°C)
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	
0.32	1.42	0.82	0.014	0.006	0.96	0.41	0.20	786~911

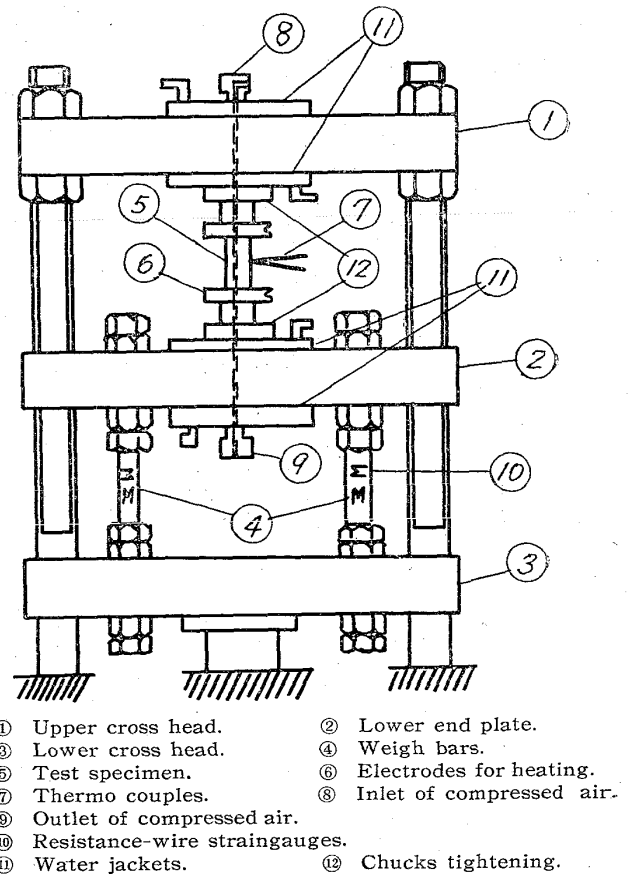


Fig. 1. Thermal-cycling test apparatus.

方式の熱疲労試験機で、試験片に拘束状態で任意の温度サイクルを加えることによつて熱疲労特性を試験する形式のものである。試験片は中空薄肉円筒として、加熱冷却方式の便宜さをはかるとともに、試験片半径方向の熱応力の発生をなくすようにした。

温度サイクルは加熱時間 15sec, 上限温度保持時間 5 sec, 冷却時間 25sec, 下限温度保持時間 5sec で 1 サイクル所要時間は 50sec である。

とくに記さない限り試験片は最初上限温度において拘束した。

III. 実験結果

1. 上限温度の影響

油焼入材については下限温度 100°, 280°C, 空冷材については下限温度 280°C とし、上限温度をこの鋼の A_{C1} 直上の 790°C から 700°C までに変えたときの、上限温度と熱疲労寿命の関係を Fig. 2 に示す。

いずれの熱処理、下限温度の場合も、上限温度が A_{C1} 直上の 790°C より低くなるにつれて、熱疲労寿命は急激に長くなり、これらの関係は先報³⁾において報告した結果とよく一致している。油冷材と空冷材は同じ温度サイクルにおいて、上限温度が A_{C1} 直上の場合は両者の間で熱疲労寿命に差は認められない。しかし上限温度が低くなると油冷材の方が熱疲労寿命は短くなり、その差は上限温度が低くなるほど著しく、上限温度と熱疲労寿命の対数の関係が両者で異なっている。また、油冷材について下限温度が異なる場合の上限温度の影響を比較すると、両者の上限温度と熱疲労寿命の対数の関係はきわめてよく似た傾向を示している。

以上の結果は少なくとも上限温度が A_{C1} 近傍においては、熱疲労寿命は第一に上限温度と A_{C1} の関係によりきまることがを示し、上限温度が A_{C1} より低くなるにつれて熱処理の影響があらわれるようになる。

2. 下限温度の影響

油冷材については上限温度 790°, 750°, 700°C にお

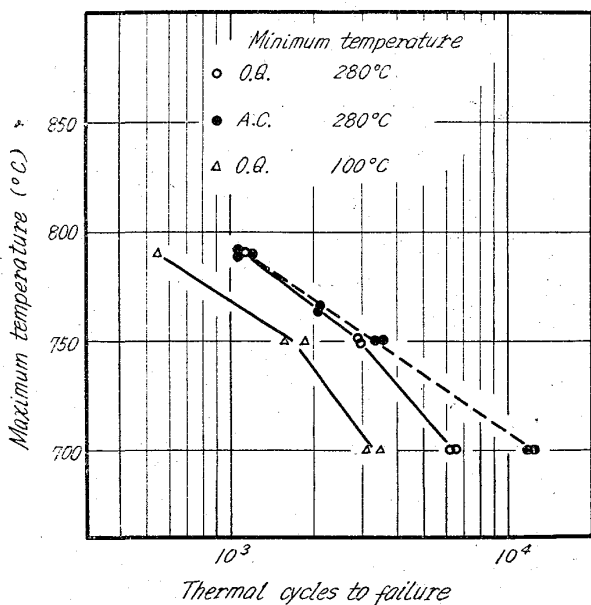


Fig. 2. Effect of maximum temperature on cycles to failure.

いて下限温度を 280°, 100°C に変えた場合の下限温度と熱疲労寿命の関係を Fig. 3 に示す。

上限温度が変化しても下限温度と熱疲労寿命の対数の関係はよく似ている。

3. 拘束状態を変えた場合

Fig. 4 に空冷材について温度サイクル 750°~280°C で熱応力の一部を逃がした場合、油冷材について上限温

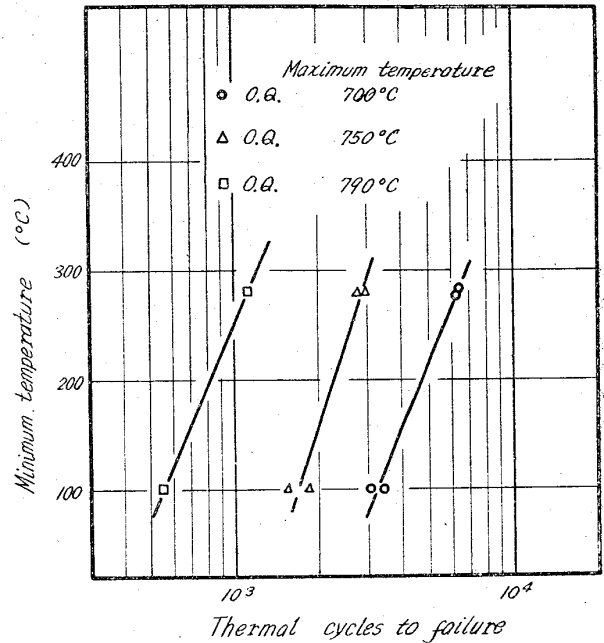


Fig. 3. Effect of minimum temperature on cycles to failure.

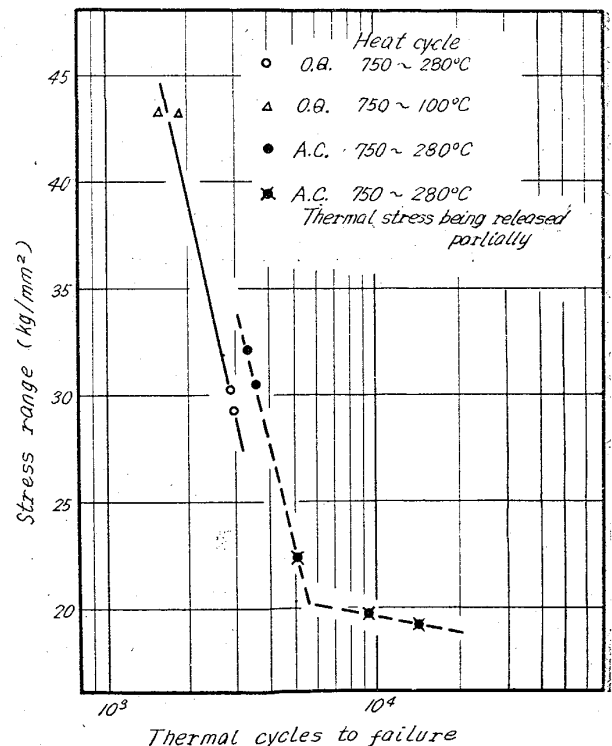


Fig. 4. Relation between stress range and cycles to failure.

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

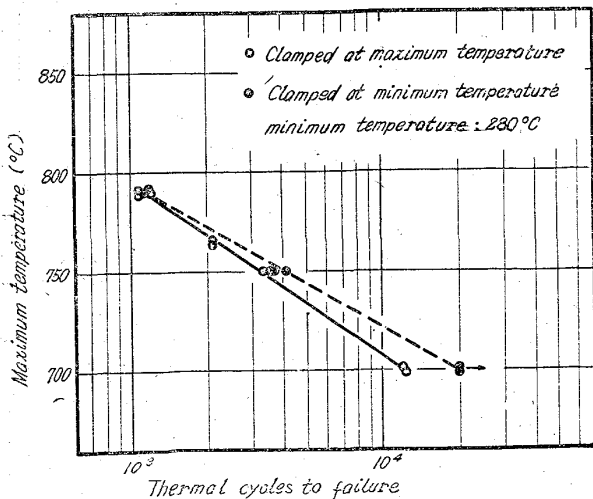


Fig. 5. Effect of clamping on cycles to failure.

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。