

Fig. 5. Assumed heat transfer coefficient at steel-oil interface.

IV. 結 言

冷却中の大型鋼材の内部温度について、電子計算機の高速な計算能力を活用することにより、伝熱常数に微細な仮想的変化を与えつつ、試行錯誤的に追跡する方式により、計算結果をできるだけ測定結果に近づけることを試みた。2, 3の例に示したように、計算値と測定値との差を極めて小さくすることができた。一般に、伝熱常数を温度および材質変化の函数として測定することは極めて困難であるが、本報告で述べた方式によつて、比較的少数の測定例と広範囲の計算結果とを対照するならば、大型鋼材の内部温度の解明に有効な糸口を与えることが可能になるものと考えられる。

文 献

- 1) Metals Handbook Committee: Metals Handbook, (1948), 314, ASM

(133) Si-Cr-Mo-V 鋼のベイナイト組織の焼もどし時における脆性について

住友金属工業, 中央技術研究所
理博○邦武 立郎・加藤 直

On the Embrittlement of Tempered Bainitic Structure of Si-Cr-Mo-V Steel.
Dr. Tatsuro KUNITAKE and Tadashi KATOU.

I. 緒 言

著者らは、耐熱亀裂性のすぐれた鍛造用型材の研究の

過程で、Si-Cr-Mo-V 鋼のベイナイト組織を焼もどす時 500°C 付近で衝撃値が著しく低下することを見出した¹⁾²⁾。この脆性の原因を明らかにするために、若干の検討を加えた結果を報告する。

II. 供試鋼および実験方法

Table 1 に供試鋼の化学成分を示す。

光学顕微鏡、電子顕微鏡による組織観察、X線による残留オーステナイトの測定、炭化物の電解分離分析、熱膨張測定などを行ない究明に努めた。

III. 実 験 結 果

1. ベイナイトの組織

B1 鋼の CCT 曲線によれば、800°C~500°C 冷却時間 100~300sec ではほとんどベイナイトからなる組織となる。例えば径 16mm の丸棒を 950°C オーステナイト化後空冷する時 (800°C~500°C 冷却時間 180sec) 480°C~300°C でベイナイト段階の変態が観察されるのみで、マルテンサイト変態やその他の変態の生起は認められず、硬度 Hv400 程度となる。Photo. 1 にその電子顕微鏡写真を示す。X線回折によればマルテンサイト組織のものには残留γ量は極めてわずかであるのに比して、ベイナイト組織のものには残留γ量がかかなり多量混在することがわかった。

2. ベイナイトの機械的性質の戻もどしによる変化

このようなベイナイト組織のものを焼もどした時の機械的性質の変化を示す。Fig. 1 は、B1 鋼および B2 鋼の 16mm 丸材をオーステナイト化後空冷したのち、各温度に焼もどした時の引張性質の変化を示す。焼もどし温度 400°C~500°C で抗張力は上昇し、絞りは急激な低下を示す。降伏点はこれらとは焼もどし温度に関して若干のずれを示し、焼もどし温度 400°C~500°C ではむしろ若干低下し、500°C~600°C で急激な上昇を示す。一方衝撃値については、15mm 角材について同様の熱処理後試験した結果を Fig. 2 に示したように、400°C~

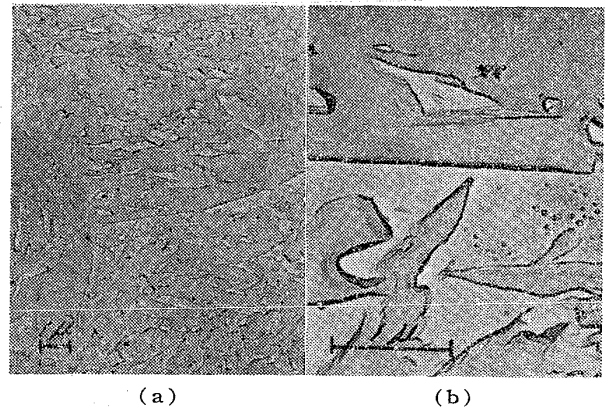


Photo. 1. Electron-micrographs of bainitic structure. (untempered)

Table 1. Chemical composition of steel investigated.

| Designation | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | V | Al (sol.) |
|-------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----------|
| B 1 | 0.32 | 1.46 | 0.80 | 0.015 | 0.008 | 0.10 | 0.10 | 0.97 | 0.44 | 0.20 | 0.002 |
| B 2 | 0.33 | 1.51 | 0.73 | 0.011 | 0.014 | 0.11 | 0.05 | 1.01 | 0.41 | 0.21 | 0.005 |

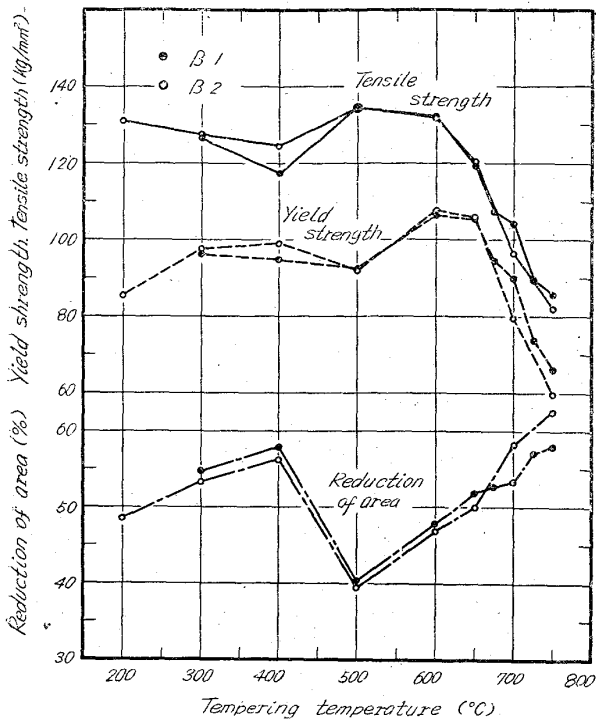


Fig. 1. Effect of tempering temperature on tensile properties of bainitic structure.

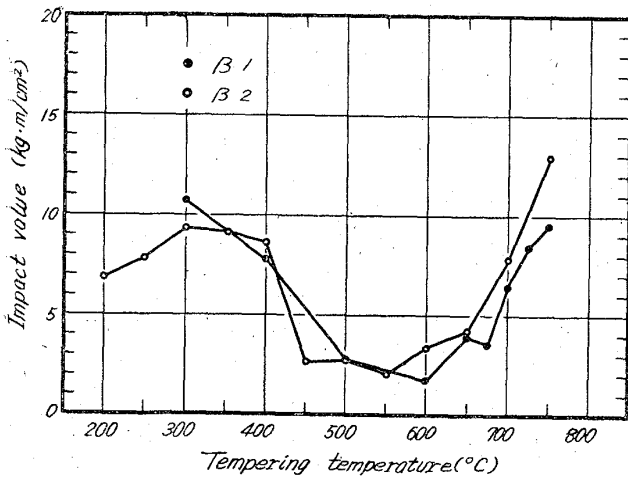


Fig. 2. Effect of tempering temperature on impact properties of bainitic structure.

450°C で特に著しい低下を示し、550°C~600°C で衝撃値は最小となり、その後焼もどし温度の上昇につれて衝撃値は回復してゆくのU字型の脆性を示す曲線となる。なおマルテンサイト組織のものには焼もどしの第3段階に対応する 400°C~500°C における衝撃値の低下はあるが、ベイナイト組織のものに認められるほど著しい衝撃値の低下は認められない。

3. 焼もどしに伴う組織の変化

ベイナイト組織のものを焼もどして行くと、焼もどし温度 400°C までは顕著な変化はみられないが、500°C にいたると主として粒界に沿う炭化物析出が認められ、これは 600°C では極めて著しくなる。700°C にいたると、粒界析出は減少し、かえって粒内析出を増し、炭化物は一樣な分散の傾向へと向う。Photo. 2 は、600°C

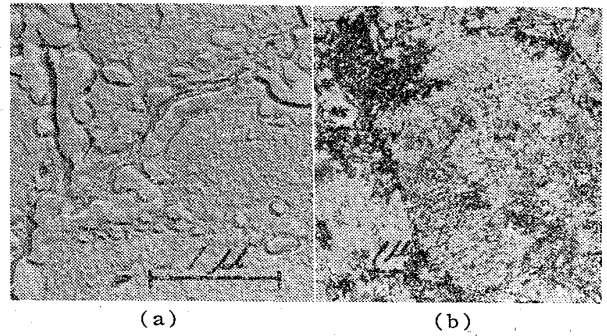


Photo. 2. Electron-micrographs of tempered bainitic structure. (1hr at 600°C)

焼もどしの場合の電子顕微鏡写真を示したものである。なおマルテンサイト組織のものでは、やはり500°C 焼もどしにおいて炭化物の析出が認められるようになるが、その分布はほぼ一樣であつて、粒界につらなる析出形態をとらない。このような組織変化と2に述べた機械的性質の対応を見ると、この粒界に Preferential な炭化物の析出が、ベイナイト組織の示す脆性と密接な関連を有することがうかがわれる。そこで、この析出現象についてさらに検討を進めた。

4. 焼もどし時の熱膨張測定

X線による残留γの定量ベイナイト組織のもの加熱時の熱膨張測定を行なつた。その結果を Fig. 3 に示す。260°C~350°C で膨張が、また 440°C~560°C で収縮が認められた。前者の膨張は残留γの分解にもとづくもの、後者は、ε→Fe₃C の変化にもとづくものと思われる。一方X線によつて各温度に焼もどし後の残留γ量を調べたところ、焼もどし温度 400°C~500°C で残留γの著しい減少が、ついで 200°C~400°C の間にも若干の減少が認められた。先の熱膨張測定の結果とともに総合すると、350°C~450°C では残留γの分解と ε-Fe₃C の変化が重複しておるものと解される。したがつて、このベイナイト組織自体もかなり特異な様相を示すものと解される。

5. 炭化物電解分離

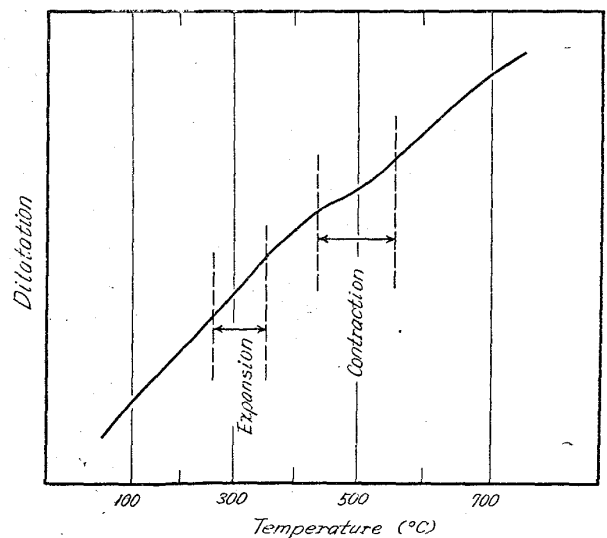


Fig. 3. Dilatation-temperature curve on tempering of bainitic structure.

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ろう。

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 |

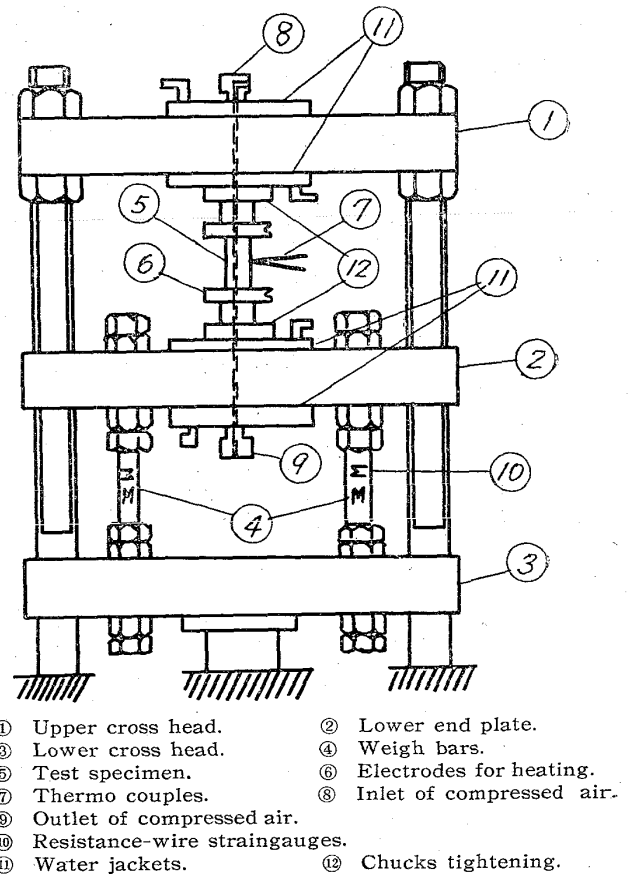


Fig. 1. Thermal-cycling test apparatus.