(by H₂O₂-HF-H₂O solution)×500 (2/3)

Photo. 2. Micro-structure of a specimen developed by new method.

IV. 結 言

以上は従来機械的に研磨された鋼の顕微鏡組織顕出法に対し化学的に短時間に顕出できる方法についてその処理条件、および顕出組織の状態の代表的な 1, 2 を示し説明したが、この方法は操作も簡単で熟練を要せずとくに従来の小片試料の研磨の困難性に対して本法はとくに有利で、時間的には従来法の約十分の一であり、その仕上り状態も良好で飛躍的な新しい方法であることを認めた。

さらに今後に残された問題としてより現場的にグラインダーのみの加工面などからもただちに顕微鏡組織の顕出が可能となる方法の確立、および高合金鋼に対する処理法などについて検討中である。(写真 9 枚を割愛した)

(94) 焼戻し炭素鋼の強度におよぼすセメンタイト粒子の分散の影響

大阪大学, 工学部 工博 美 馬 源次郎
Influences of Cementite Particle Dispersion on the Strength of Tempered Carbon Steel.

Genjiro Mima.

I. 結 言

鋼の機械的性質とセメンタイトの球状化およびその分散状態との関係については、すでに多くの研究がなされている。これらの中で球状セメンタイトの分散と機械的性質とに関係するものとしては古くは Shimura u. Esser (1930) のセメンタイト粒子の数と硬度との関係、Wood のセメンタイトの大きさと硬さとの関係、Desch & Roberts (1923) および小林 (1926) らのセメンタイト

の球状化および成長と衝撃値との関係についての研究がある。また Roberts et al. (1952) は任意の直線上と交るセメンタイト粒子間の平均距離の対数と弾性限および降伏強度との関係を数種の鋼についてまとめている。さらに最近 Hyam & Nutting (1956) は焼戻鋼の硬度と焼戻中に起る種々の組織的变化との関係について詳細に研究し、その硬度は地鉄結晶粒子の大きさに関係すること、すなわち、硬度と地鉄結晶粒子寸法の平方根の逆数 $[1/\sqrt{d}(\text{mm})]$ とは直線関係を保つことを認めている。しかしながら、焼戻し効果の少ない間は地質の組織は細かい笹葉状の地鉄結晶となり、かかる組織は相当消え難い。したがって地鉄結晶粒子の大きさを広い範囲にわたって同一規定にて測定することはほとんど不可能である。しかるに彼等は結晶粒子を真球と仮定した Smith の粒子大きさ計算法を用いて決定している。これは全く当を得ていない。また実際彼等の測定資料は相当直線から離れて散在する。これと同様な意味の矛盾は Turkalo & Low (1958) も指摘している。また Turkalo & Low はセメンタイト粒子の分散と降伏強さ (0.2%) との関係について研究している。すなわちかれらは 400°, 600°, 800°, および 1100° F の各温度にて 1 時間焼戻した試験片、および 1200° F にて 12 時間焼戻した試験片につきセメンタイト粒子間の平均距離の対数と降伏強度との関係を求め、前四者の焼戻試片より得た資料は同一直線上に乗るが、1200° F 焼戻しの試験片の資料は上記直線よりいちじるしく偏ることを認めるとともに、この後者の資料に対しセメンタイト粒子間の平均距離の代りに地鉄結晶粒子の大きさを用いると、1200° F 焼戻し試験片の資料も同一直線上に乗ることを認めている。またセメンタイト粒子間の平均距離の代りに地鉄結晶粒子の大きさを用いることを 1200° F-12 時間焼戻した試験片のみに適用した理由として、この試験片においてはセメンタイト粒子が地鉄の結晶粒子境界に存在するというを挙げていた。しかし、著者は次のような理由によつて Turkalo & Low の上記のような資料の処理を不適当と考える。セメンタイト粒子の大きさ、量、などは焼戻し温度によつて違つてはいるが、1200° F-12 時間焼戻した試験片以外の比較的低温において焼戻した試験片においても、球状セメンタイトが地鉄結晶粒子の境界に存在することは Turkalo & Low 自身が提出している電子顕微鏡のみならず Hyam & Nutting の示すそれらによつても明瞭に認めることができる。すなわち球状セメンタイトおよびセメンタイト膜の大部分は比較的低温における焼戻しにおいてもすでに、焼戻し前にマルテンサイト

葉であつた笹の葉状あるいは細長い地鉄結晶粒子の境界（一大角度境界ではないが）にあること、および 1200°F 焼戻しにおいてもなおセメント粒子が地鉄結晶粒子内に存在することが明瞭に認められる。したがつて Turkalo & Low のような理由で、1200°F の試験片から得た資料のみに上述のような資料処理を適用することは妥当性を欠くと考える。

著者は 1200°F-12 時間焼戻し試験片の資料がよく低温における焼戻し試験片の資料が示す直線関係に適合しなかつたことは、Turkalo & Low の説明以外の原因によるものと考えるところに、かかる焼戻し温度で十分焼戻した試験片についての資料はある点で折れた 2 本の直線枝になることの妥当性を認める。

II. 実験に用いた資料および実験方法

この研究には、2種類の炭素鋼を用いた。0.7% C 鋼は直径 3.0mm の鋼線を、また 1.1% C 鋼は Firth Sheffield 社製の品種 Firth's "U" なる直径 10mm の棒鋼をそれぞれ用いた。前者は 840°C で 2 h 真空加熱した後 90°C の油中に急冷し、その後 100°C にて 1 h 保つて空冷した。また 1.1% C 鋼は 950°C にて 2 h 真空加熱した後 0.7% C 鋼の場合と同様な方法で冷却した。焼戻し処理温度は総ての場合に 690°C とし、その時間を (0.1~400) h に変化した。また焼戻し処理における加熱および冷却は同一な緩慢な速さにて（常温から 690°C までを約 5 h にて加熱；690°C から 500°C までを 8 分、常温までを 5 h にて冷却）行なつた。焼戻し後の冷却速度の影響をみるためには (0.001~3) h の焼戻し処理に対しては、鉛浴加熱後水冷却、あるいは空冷試験片と比較検討した。

顕微鏡組織は光学的に行い、×600、×1400、および×2500 に撮影した写真および 3000 倍に引伸ばした写真を用いてセメント粒子の分散状態、その他の組織の状態を観察した。

III. 実験結果

(i) 抗張力性質——抗張力および硬度試験結果を焼戻し時間の対数の函数として示すと、690°C の焼戻しでは両鋼種とも軟化の大部分は極めて短時間の加熱にて起る。すなわち 400 h 焼戻した試験片の軟化を 100% とすると 6 分間の焼戻にて 0.7% C 鋼では約 85% を、また 1.1% C 鋼では約 83% を軟化することになる。また焼戻し時間の対数の函数として表わした硬度、抗張力、とくに降伏強度は直線的にかつ二段階に軟化することが判る。（図略）

鉛浴加熱した後、水冷却あるいは空冷した試験結果

によると、焼戻し後の強度は加熱速度よりも冷却速度の方が大きい影響を与えていることが判る。以上の結果から考えると本実験に採用した加熱および冷却速度においては、その加熱および冷却過程における焼戻し効果は軟化の結果にはほとんど影響しないと見做すことができる。

(ii) 顕微鏡組織——検鏡結果によると両鋼種とも 0.1 h の焼戻しにおいてセメント粒子はすでに相当大きく成長し、笹の葉状の地鉄結晶粒子の境界に厚く成長したセメント膜も分断し、球状化しつつあることが認められる。このセメント膜の球状化は焼戻し時間の増加とともに進行するが、笹の葉状の組織は 1 h の焼戻しにおいてもなお鮮明に残存し、その笹の葉状の地鉄結晶粒界に肥厚したセメント膜もなお認められる。しかし 3 h の焼戻しでは球状化はさらに進行し、セメント膜の大部分が球状化するとともに笹の葉状の組織の一部分が消失し、その代りに普通形状の地鉄結晶粒子が現われる。さらに焼戻が 10 h に増すと、セメント粒子の粗大化はさらに進み地質の笹の葉状の組織はほとんど完全に消失し、地鉄結晶粒子境界はさらに明瞭になると同時に、いわゆる地鉄結晶粒子の成長力が進む。すなわち両試料ともに焼戻し時間 (3~10) h の間で地質の笹の葉状の組織が普通形状の地鉄結晶粒子に完全に变化する。この組織的变化は強度曲線の約 (1~3) h における急低下とよく一致する。3 h 以上焼戻した試料においては両鋼種とも普通形状の地鉄結晶粒の成長と球状セメントの成長が明瞭に認められる。しかし 3 h 以下の焼戻しにおいては地鉄結晶粒子および球状セメント粒子の普通の成長以外の因子、すなわち地質の笹の葉状の地鉄結晶粒子の消失にともなう因子がいちじるしく影響するものと考えられる。

以上の結果を総合すると、焼戻し時間約 (1~3) h で強さに不連続的な変化が起るのは、その程度の焼戻し効果によつて地質の笹の葉状の組織が消失するためと説明することができる。

IV. 結果の考察

直線および平面分析法によつて求めたセメント粒子の平均直径、 $2\bar{r}$ 、任意の直線上にある粒子間の距離すなわちいわゆる平均-自由地鉄距離、 P 、および $\log P$ を求め、降伏強さを $1/2\bar{r}$ の函数とした降伏強さおよび抗張力を $\log P$ の函数としてそれぞれ図示すると Fig. 1 および Fig. 2 のようになる。また 10 h 以上の焼戻し試料につき降伏強さを地鉄結晶粒子直径の平方根の逆数の函数として表わすと Fig. 3 のようになる。

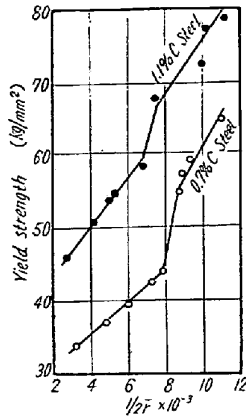


Fig. 1. Relation between (particle diameter)⁻¹ and yield strength.

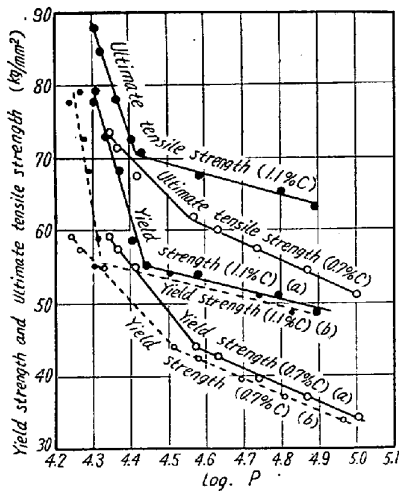


Fig. 2. Yield strength, and ultimate tensile strength as a function of log mean-free ferrite path.

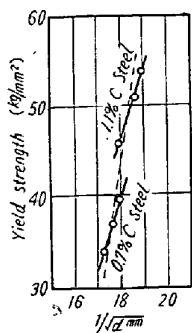


Fig. 3. Relation between (calculated ferrite grain diameter)^{-1/2} and yield strength.

(セメントイ
粒子の平均大き
さ)⁻¹ と降伏強度
の関係はFig. 1 の
ようにある粒子寸
法にて強度が急に
低下する。これは
降伏強度がセメン
タイト粒子寸法以
外の因子に依存す
ることを示してい
る。また降伏強度
と地鉄結晶粒子直
径の平方根の逆数
との関係は厳密に
直線関係にはなら
ずそれぞれの鋼種
において長時間(3
h 以上) 焼戻しの
場合に直線関係が
得られる (Fig. 3
参照)。前述したよ
うに焼戻し時間の
短い場合には地質
の組織は長い笹の
葉状になるために

地鉄結晶粒子の大
きさを決定するこ
とは非常に困難で
あり、かつこれを
長時間焼戻し試料
における普通形状
の地鉄粒子の大き
さと同一に取扱う
ことは妥当でない

降伏強度および
抗張力と log P と
の関係はいずれも
0.7% C および 1.1
% C にそれぞれ応
じた log P にて折
れた 2 本の直線に

なるが、その各々の直線枝に相当する範囲は前述したよ
うな地質の地鉄結晶粒子の違い、すなわち笹葉状地鉄結

晶粒子と普通形状の地鉄結晶粒子との違いによつて現わ
れる。(文献省略)

(95) 滲炭粒度判定におよぼす炭化物 生成元素の影響

大阪大学, 工学部

工博 足立 彰・○水川 清

Influence of Carbide Forming Elements on the Grain Size Determination by Carburizing Method.

Akira Adachi, Kiyoshi Mizukawa.

I. 緒 言

鋼のオーステナイト結晶粒度判定法として滲炭法が古
くから一般に用いられている。鋼が Cr, Mo, V などの炭
化物生成元素を含んでいる場合、滲炭法によると結晶粒
界にこれらの元素の炭化物が析出して結晶粒界が切れ、
粒度判定が困難になる場合があるといわれている。そこ
で炭化物生成元素の種類およびその量によつて、滲炭法
を用いた場合結晶粒界がどのように切れるか、またそれ
によつて粒度判定にどのような影響をおよぼすかを試験
した。同時に焼入法による粒度判定も行い、滲炭粒度と
比較した。

II. 実験方法

実験に用いた試料の化学組成を Table 1 に記した。
この試験では一般に広く用いられる Cr, Mo 含有肌焼鋼
を主体に検討し、比較のために普通の構造用鋼を用いた。
また粒度判定におよぼす Cr ならびに Mo 炭化物のみの
影響を調べるために高周波炉溶製試料を用いた。

滲炭法の場合 BaCO₃ の添加量は 40% とした。滲炭
温度は 925°C, 1000°C とし、925°C の場合は冷却速度
を変化させた試験も行なつた。すなわち空冷、炉冷 (約
200°C/h), 100°C/h, 50°C/h とし、粒度判定におよぼす炭
化物析出状態の影響を試験した。腐蝕はピクリン酸ソー
ダーの他に赤血塩アルカリ溶液でセメントイを腐蝕す
る方法と、1% 硝酸アルコールで微細組織のみを腐蝕し
て粒界を残す方法を行なつた。

オーステナイト結晶粒度は顕微鏡の接眼レンズにオー
ステナイト粒度板を取付けて判定し、10 視野の平均を
とつた。

結晶粒界の切れの度合は Fig. 1 に示したように No.
1~No.10 までの標準図を作り、これと比較する方法で
10 視野の平均をとつた。この場合 No. 1 は粒界の全く