

の跡に小さき粒子の集團が残留する場合が多い。これは燐化物系のものと考えられるが、1160°C 前後に於てこれも全部固溶する様である。

6) 粗大炭化物のみならず各種熱処理後の各偏析部の硬度變化を顯微硬度計によつて測定した。例えば粗大炭化物の硬度は約 1300 (kg/mm²) である。

7) 粗大炭化物の生成に及ぼす添加元素の影響としては、Cは規格範囲内でも上限近くになると、又 P は 0.04~0.05% になると著しく多く現われる。S は少しく生成を助長し、脱酸劑として添加する Al, Ti は少しく抑制し、V も若干効果がある様であり、W, Mo は却つて助長する。

8) これらの結果により粗大炭化物生成を軽減防止す

る爲の諸對策を考慮した。

終りに臨み本研究の發表を許可されたる大河原社長、種々御教導下されし玉置研究部長、村上武次郎先生、石原製鋼部長、並びに顯微硬度測定にて御世話になつた東工大横山教授に對し、深甚の謝意を表し、又多數の試料の調製に御盡力下されし製鋼部阿部氏、布袋田氏その他關係各位、研究森脇氏に厚く御禮申し上げると共に、諸實驗を熱心に遂行した松本、中島、土澤、佐藤の諸君の勞を多とする。(昭和 27 年 1 月寄稿)

文 献

- 1) R. Vogel, G. W. Kasten, Arch. Eisenh., 12 (1938~39), 387.
- 2) R. Vogel, Arch. Eisenh., 3 (1929/30), 369

時計ゼンマイ材料の研究(II)

(昭和 25 年 11 月本會講演大會にて講演)

三橋 鐵太郎*・上野 學*・中川 龍一*・津谷 和男*

STUDY OF THE WATCH-SPRING MATERIAL (II)

*Tetsutaro Mitsuhashi, Manabu Ueno,
Ryuichi Nakagawa and Kazuo Tsuya*

Synopsis:

Referring to the watch-spring, it may be classified in two, according to its size, for watches and for clocks. In general the former containing about 0.95~1.2 per cent carbon has the mixed structure of the sorbite and the spheroidal cementite, and the other containing about 0.70~0.85 per cent carbon has the sorbite structure having a few spheroidal cementite. On this second report the authors made research on what effect the size of the spheroidal cementite will give to the mechanical properties of the watch-spring.

The results were as follows:

(1) At the B heat-treatment, when the cementite size was below 2.8μ the fatigue breaking number, the torque test value, the proportional limit and the Young's modulus were at the maximum value while the permanent strain and the damping capacity were at the minimum value.

(2) At the D heat-treatment, namely-below about 4.1μ of the cementite size the mechanical properties became worse abruptly and above this size they became the worst.

(3) At the A heat-treatment, namely the spheroidal cementite being absorbed in the austenite, the mechanical properties were inferior to the B heat-treatment. (Refer to Fig. 1 according to the means of the marks A, B, C, D, E, F, heat-treatment.)

I. 緒 言

時計は小型時計と大型時計とに大雑把に大別し得る。小型時計のゼンマイでは C は 0.95~1.2% であつて、

球狀セメンタイトとソルバイトとの混合組織で、大型時計のゼンマイでは C が 0.7~0.85% であつて、大部分がソルバイト組織であり、それに若干の球狀セメンタイトが混合している事が多い。従來球狀セメンタイトに關

* 工業技術廳機械試験所

する文献は数多く、理工研の村川¹⁾は球状セメントイト組織のゼンマイに適当な熱処理を與えれば、同じ寸法でソルバイト組織のものよりも大きなトルクが出ると述べている。著者等は第2報として時計ゼンマイの球状セメントイトの大きさがゼンマイの機械的性質に如何なる影響を示すかを研究し、その結果を報告する。

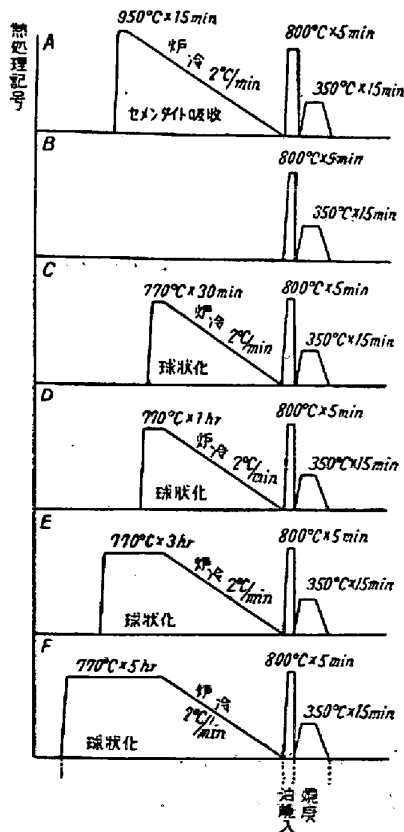
II. 試料及び熱処理方法

試料は日立製作所安來工場の白紙2號を使用した。その化學成分は第1表に示す如くである。

第1表

化學成分	C	Si	Mn	P	S
百分率	1.01	0.16	0.30	0.019	0.003

この白紙2號を特殊金屬工業會社で壓延して0.4mmの厚さの薄板及び直径0.5mmの線にして使用した。球状セメントイト生成の因子^{2)~7)}としては冷却速度、加熱温度及び加熱時間、繰返加熱冷却、処理前の鋼材の状態例えば冷間加工等がある。著者等は種々の大きさの球状セメントイトを得るために第1圖の如き熱処理を行つた。そしてそれぞれに熱処理記號を附し、以下それと呼稱する。



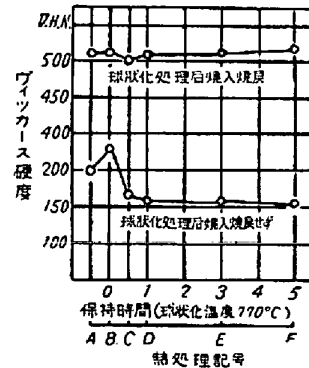
第1圖 熱處理方法

以上の熱処理は真空度 10^{-2} mm Hg の真空爐中で行つた。試料は冷間加工された薄板なるため 770°C の温度に保持して球状セメントイトの粒度を種々に變化させその後に 800°C より油焼入して、350°C x 15 分間焼戻しを行つた。A熱処理により球状セメントイトをオーステナイトの地に吸収させる積りであつた。保持時間が短いため完全に吸収されていながつたが、ソルバイトにかなり近い。

III. 實驗結果

球状セメントイトの粒度について近藤正男⁸⁾氏は標準圖なるものにより粒度を決定している。著者は簡単に1%ピクリン酸溶液にて蝕刻し、1000倍の顯微鏡寫眞を撮影した。試料の球状セメントイトの粒の大きさについては大小あるが、A熱処理では少量の球状セメントイトが残つていた。B熱処理では約 2.8μ 以下、C熱処理では約 3.6μ 以下、D熱処理では約 4.1μ 以下、E熱処理では約 4.3μ 以下、F熱処理では約 4.6μ 以下なる大きさの球状セメントイトであつた。

1. 硬度試験: 各熱処理による硬度變化を第2圖に示す。770°C に加熱して球状化處理を行い焼入焼戻しを

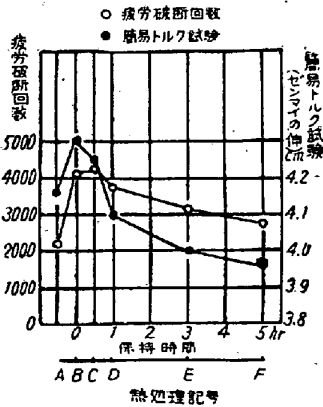


第2圖 各熱處理による硬度變化

行わない時には壓延の儘の試料の硬度が他より高く、球状化處理を行つた時間が長くなつても、試料の硬度の變化が殆んどない。球状化處理を行つた後に焼入焼戻しを行つたときには、C、D、E、F熱處理の試料も、A熱處理B熱處理の試料も殆んど硬度に變化がない。

2. 疲勞破斷試験、簡易トルク試験: 著者等が第1報⁹⁾で報告した疲勞試験機を使用して疲勞破斷試験を行つた。最大曲げ應力 $\sigma = 224\text{kg/mm}^2$ がかゝる状態で繰返し曲げ試験を行い破斷に到る回数でもつて疲勞の良否を示す。

第3圖にその結果を示す。A熱處理がもつとも悪い結果を示している。B、C熱處理がもつとも良く、D、E、

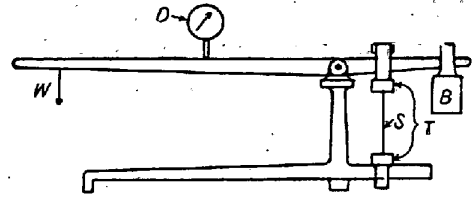


第3圖 各熱処理による疲労破断回数及び簡易トルク試験の値の變化

F熱処理の順に疲労破断回数が低下して行く。即ち球状化温度に保持する時間が長くなり、セメントの粒が大きさが大きくなる程疲労破断回数が悪くなる。以上の結果よりセメント粒の大きさが 4μ 以上では良くない。セメント粒は約 3.6μ 以下が疲労破断に對して良好であると思われる。

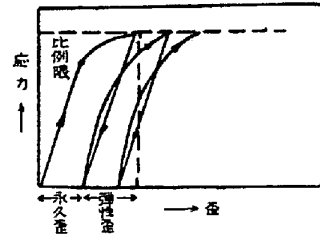
簡易トルク試験として機械試験所の大田技官の考案せる試験装置¹¹⁾を使用した。この試験装置は第1報で報告した。この試験装置に於けるゼンマイの伸びとトルクの値は直線關係を示すので、ゼンマイの伸びの大小によりトルクの大小が決定され、ゼンマイの伸びが大なる程トルクの値が大きくなる。この試験装置を使用して實驗した結果は第3圖に示す。B熱処理がもつともよく、C, D, E, F熱処理の順に悪くなつて行く。即ち最大のセメントの粒が約 4μ 倍になるとトルク値が急に低下し、粒がこれ以上になるとトルクの値が次第に悪くなつて行く。トルク試験の結果ではセメントの粒は約 3μ 以下の範圍でなければならない。

3. 應力—歪曲線: 時計ゼンマイの使用状態を考えると弾性限を越した應力を繰返して受けているものと考えられる。著者は以上の事を考慮して簡単な引張り試験機を試作した。第4圖(a)にそれを示す。試料は直径 0.5mm に線引せる線で前述せる熱処理を行つた後、Tなるチャックにて留め、Wに錘をのせて、その時の伸びをDなるダイヤルゲージで測定した。或る一定荷重 (166 kg/mm^2) まで達した後に錘を漸次減少して行き、その時のDのダイヤルゲージの伸びを測定して應力—歪曲線のループを描いた。それは第4圖(b)に示す。このループを3回各熱処理せる試料について描いた。これよりヤング率、比例限、永久歪、弾性歪を求め、その結果を第5圖に示す。

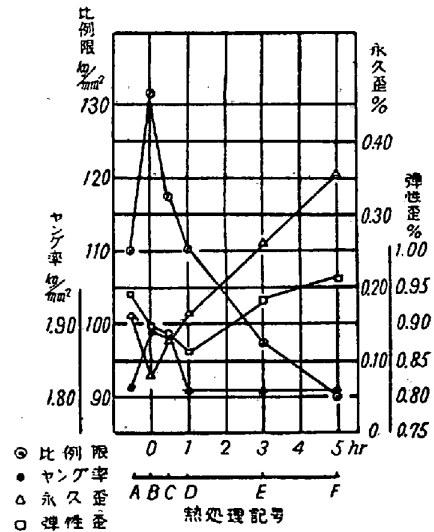


S: 試料 D: ダイヤルゲージ
T: チャック W: 錘
B: 平衡用荷重

第4圖 (a)



第4圖 (b) 應力—歪曲線

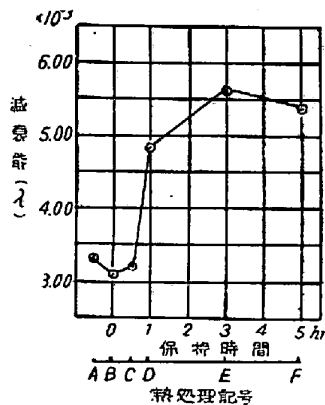


第5圖 各熱処理による機械的性質の變化

比例限はB熱処理で最大となり、C, D, E, F熱処理の順に低下して行く。即ちセメント粒が約 2.8μ 以下の時に極大となり、セメント粒が大きくなるにつれて比例限が低下する。ヤング率についてもB熱処理が最大で、C熱処理より低下して行くがB熱処理に比して大差がない。D熱処理では急に低下して以後同じ値を示す。永久歪についてはB熱処理で極小となり、C, D, E, F熱処理の順に永久歪は増大する。セメント粒が約 2.8μ 以下の時が極小である。弾性歪ではA, B, C, D熱処理の順に減少して行き、D處理で極小となりE, F熱処理の順に又増大して行く。

4. 減衰能: 減衰能の測定には(1)ヒステリシスループの面積測定による方法、(2)共振曲線による方法、(3)位相差による方法等があるが、著者は自由振動の減

衰を測定した。試料は直径 0.5mm, 長さ 20cm の線を使用し, 此の線を自由振り振動させてその対数減衰率 λ を求めたのである。振動の周期は大體 5 秒である。振り振動を興える時の初應力の大小により減衰能が變化しないと云う事をたしかめた。實驗にあつて試料の最大剪断應力は約 $1\text{kg}/\text{mm}^2$ である。1 つの試料につき 5 回測定を行い λ の最小のものとつた。それは實驗中誤差が入れば λ は必ず大になるからである。その結果を第 6 圖に示す。これによると λ は B 熱處理のとき極小で D



第 6 圖 各熱處理による減衰能の變化

熱處理の時に急に λ は上昇している。以上のことよりセメント粒が約 2.8μ 以下のとき極小となる。このことは他の機械的性質と同じ傾向を示しゼンマイとして優秀なものを造るにはセメント粒の粒の大きさが、ある大きさ以下である必要がある。

IV. 結 論

B 熱處理, 即ちセメント粒が 2.8μ 以下になると、疲労破断回数, トルク試験値, 比例限, ヤング率が極大となり, 永久歪, 減衰能は極小となる。これはゼンマイとして最良の機械的性質を示す。セメント粒がこれよりも大きくなると機械的性質が悪くなり, D 熱處理になると, 即ちセメント粒が約 4.1μ 以下にな

ると機械的性質が急に悪くなる。A 熱處理でセメント粒がオーステナイト中に吸収されかゝっている時には, B 熱處理に比し機械的性質が劣る。しかしセメント粒が變つても焼入焼戻後の硬度には何等の差異はみとめられない。炭素鋼の衝撃値に及ぼすセメント粒球状化の影響について近藤正男¹⁰⁾は球状セメント粒が大なる程衝撃値は高くなるが, ある程度以上に粒度が大きくなると衝撃値が低下すると云つて, セメント粒に最適な衝撃値を示す粒度範囲があると認めているが, 著者の實驗にも同様な傾向を示す。又村川梨¹¹⁾の論文によると球状セメント組織のゼンマイに適當な熱處理を興えれば, 同じ寸法でソルバイト組織をもつたものよりも大きなトルクが出ると述べてあるが, この事實も上述の實驗の結果から確かめられた。ゼンマイとして最良の機械的性質を得るには約 2.8μ 以下のセメント粒であることが必要である。(昭和 27 年 2 月寄稿)

文 献

- 1) 村川 梨: 理工學研究所報告, 3 (昭 24), 163.
- 2) H. Hanemann and F. Morawe: Stahl und Eisen, 33 (1922), 350.
- 3) J. H. Whiteley: J. Iron and Steel Inst., 105 (1922), 339.
- 4) 本多光太郎, 齋藤省三: 東北理科報告, 9 (昭 9) 311.
- 5) H. Hanemann and C. Lindt: Stahl und Eisen, 33 (1913), 511.
- 6) Desh: J. Iron and Steel, 107 (1923), 249.
- 7) 近藤正男: 日本金屬學會誌, 11 (昭 22), 19.
- 8) 近藤正男: 日本金屬學會誌, 11 (昭 22), 17.
- 9) 三橋鐵太郎, 上野 學: 鐵と鋼, 37 (昭 26), 22.
- 10) 近藤正男: 日本金屬學會誌, 11 (昭 22) 6.
- 11) 朝永良夫, 大田正之: 日本學術振興會第 95 委員會編「時計生産技術の研究」(昭 26), 114.