

間に於いて殆んど大差ない結果を示し、この種添加法によつても B を有効に添加し得るものと思われ、又略均一なる鋼塊が得られる。

(2) 焼入、焼戻硬度及び機械試験

前述の各試料につき 870°C より油焼入後 100~700°C の各温度に夫々焼戻し硬度を測定した。その結果 B 添加せるものは焼戻温度 300°C 附近までは僅か乍ら硬度大なる傾向を示すが、両者共何れも 300°C 附近より急激に硬度を低下する。即ち焼戻軟化抵抗性は B 添加によつても大差ない傾向を示す。

次に 870°C より油焼入後 650°C にて焼戻し、各種機械的性質につき検討を加えたが、B 0.003% 添加せる各試料は、無 B のものに比し降伏点、抗張力を増すが伸び及び衝撃値は大差なく、又含 B 鋼塊に於ける鋼塊各部は略均一なる結果を示した。

IV. 結 言

前報に引続き Mn-Cr 及び Mn-Cr-Mo 強靱鋼につき B 0.003 及び 0.006% 添加し、変態生起状況、焼入性、焼入、焼戻硬度試験及び機械的性質等につき夫々比較検討した。その結果 B 添加により  $A_{c1}$  点は変化ないが  $A_{c3}$  点を上昇し、 $A_r$  各変態温度を夫々降下する傾向を示し、焼入性試験に於いては添加量 0.003% 附近のもの最も焼入性大にして 0.006% に於いては却つて僅か乍ら低下する。而してこれらは何れも無 B のものに比し、その焼入性は著しく大きい。焼入、焼戻硬度試験に於いて焼戻温度 300°C 以上では、その硬度に大差を示さない。尚 B 添加により降伏点、抗張力及び衝撃値を僅かに増大するが、伸び及び絞りは大差ない。

次に B 鋼の現場の生産法の一手段として、取鍋よりの注湯に際し B 0.003% 添加せる 400kg 鋼塊につき検討したが、かかる添加法に於いても 50K 高周波電気炉により実験室的に B を添加せるものとその効果に於いては殆んど大差なく且つ鋼塊各部に於ける各種性質は略均一なる結果を示した。

(58) 高周波焼入を施した鋼の諸性質 (VII)

(繰り返し衝撃強さについて)

Properties of Induction Hardened Steels. (VII)  
(On the Repeated Impact Strength)

Miyato Miyairi.

鉄道技術研究所 理 宮 入 宮 人

I. 緒 言

前報において高周波焼入を施した鋼の繰り返し衝撃疲労の特性について記したがこの実験の整理にはすべて衝撃試験片にくりかえし作用した衝撃エネルギーと破断にいたるまでのくりかえし数とによつたものである。

然しながら、材料の脆性を示す量としてしばしば用いられて来た衝撃エネルギーなる量は、唯単にその材料について、その試験片の形状の場合にそうなつたという全く比較的な意義しかもつていない。この点はくり返し衝撃強さなどを考える場合に甚だ不便である。本報告ではこの点について何か他の量、即ち試験片の形にあまり関係のない量によつて、高周波焼入を施した鋼の繰り返し衝撃性を記述せんと試みたものである。本報に述べる方法によつて衝撃疲労の諸実験結果はより具体的に機械設計の上に利用することが可能になると考える。

II. 衝撃エネルギーと試験片に誘起される応力との関係

試験片の形に関係のない量としては、衝撃によつて誘起される応力を採用することが最も一般的である。

試験片に誘起される応力を求めるためには衝撃槌が試験片に作用する力を求めればよい。

今試験片のたわみを  $x$  とし、この場合の反力を  $f(x)$  とすれば、次の運動方程式が成立つ。

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -f(x) \dots\dots\dots(1)$$

但し  $m$  は槌の質量を示す。

初期条件は  $t=0$  で

$$x=0, \left( \frac{dx}{dt} \right)_0 = V_0 \dots\dots\dots(2)$$

ここに  $V_0$  は衝撃エネルギー  $E$  と次の関係で結ばれる。

$$E = \frac{1}{2} m V_0^2 \dots\dots\dots(3)$$

$E$  が小さい範囲又は材料の弾性限が高いときは、この  $f(x)$  は  $x$  に関する一次式  $kx$  で示される。 $k$  はこの試験片のばね常数である。このような場合即ち完全弾性体の場合には変形  $x$  の最大値  $x_{max}$  と衝撃エネルギー  $E$  との間には次の関係が成立する。

$$x_{max} = \sqrt{E} \cdot \sqrt{\frac{2}{k}} \dots\dots\dots(4)$$

従つて力の最大値  $F_{max}$  は

$$F_{max} = \sqrt{2k} \cdot \sqrt{E} \dots\dots\dots(5)$$

次に  $x=x_0$  の変形から先では完全に降伏してしまうような場合には、運動方程式の  $f(x)$  にこのようなかん数

の形を入れて解けばよい。この場合には

$$\left. \begin{aligned} x_{max} &= x_0 + d(E - E_0) \\ F_{max} &= \sqrt{2k} \sqrt{E_0} \\ x_0 &= \sqrt{E_0} \sqrt{\frac{2}{k}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

更に高周波焼入を行つた場合のように  $x = x_0$  に第1降伏点があつてそれ以後のばね常数が  $k'$  のように  $f(x)$  が二本の折線で示される場合には最大変形  $x_{max}$  は

$$E = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{(x_{max} - x_0)}{2} \{2kx_0 + k'(x_{max} - x_0)\} \dots\dots\dots (7)$$

の解として与えられ、この場合の最大力は

$$F_{max} = f(x_{max}) \dots\dots\dots (8)$$

となる。何れにしてもこのようにして試験片に作用する力  $F_{max}$  が求められれば衝撃試験片に作用するモーメント  $M$  は求められる。スパンを  $2l$  としてこれを求めれば、

$$M_{max} = \frac{F_{max} l}{2} \dots\dots\dots (9)$$

従つて試験片に誘起される最大応力  $\sigma_{max}$  は

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} \dots\dots\dots (10)$$

ここに  $Z$  は試験片の断面係数である。

一般に衝撃疲労限などをとりあつかう場合には降伏限界内に近いので  $f(x)$  は簡単に  $kx$  で代用できる。この場合には衝撃現象の行われる時間は運動方程式の解から期待されるように

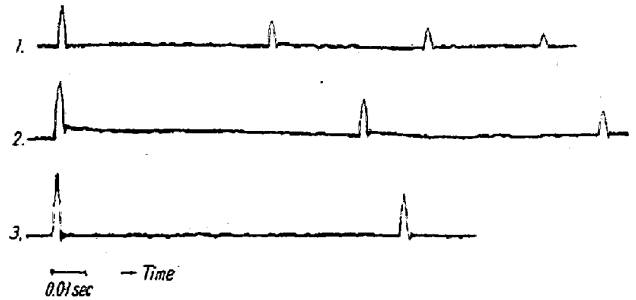
$$T = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \dots\dots\dots (11)$$

この関係は、実験から  $T$  を求めてこれから動的な  $k$  の値を得て、その  $k$  が静的に求められた  $k$  とどのような関係にあるか即ち、 $k$  の検定に利用することができる式である。

### III. 衝撃エネルギーと応力との関係を求める実験

本実験は抵抗線歪計とオッシログラフを用いて衝撃試験片に誘起される変形を衝撃エネルギーをパラメーターとして求めたもので、第1図はこのオッシログラフの一例を示す。高い衝撃エネルギーで、試験片のなまのものは著しい永久変形を示しているに反して高周波焼入を施したものはほとんどみとめない。

又現象時間は約 1/400 sec でこれから  $k$  を逆算すると約  $10^4 \text{kg/cm}$  になる。一方静的にこれを求めるとこれも殆んど  $10^4 \text{kg/cm}$  の値を示し又簡単な材料力学の式：



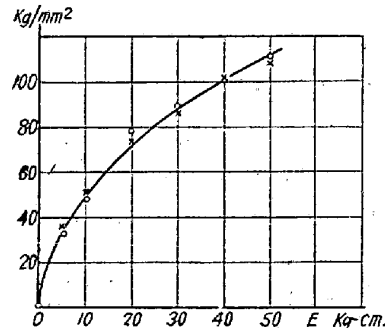
第1図 衝撃時における試験片の變形

- ① 平滑試験片素材 衝撃エネルギー 10kgcm
- ② 平滑試験片素材 衝撃エネルギー 20kgcm
- ③ 平滑試験片高周波焼入 衝撃エネルギー 20kgcm

$$\left. \begin{aligned} k &= \frac{12EI}{l_1^2(2l_1 + 3l_2)} \\ E &: \text{ヤング率 } 2.15 \times 10^4 / \text{mm}^2 \\ I &: \text{慣性能率, } l_1: 5\text{cm, } l_2: 2\text{cm} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

を用いて計算してもやはり  $10^4 \text{kg/cm}$  の値を得る。これらの結果から  $k$  の値としては動的な内容に対して、静的に求められた値を用いて大差のないことが明らかになった。

次に  $\sigma_{max}$  と  $E$  との関係を求めると第2図に示すようになる。



第2図 衝撃によつて試験片に誘起される應力  
實線は理論値、×印は実験値

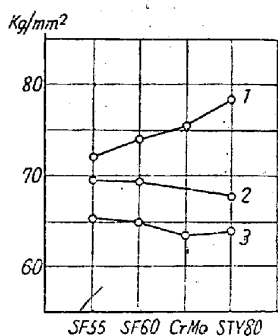
ここでも理論的に第10式から計算された値と実測値とはよく一致している。この図から、衝撃疲労の記述に対して従来その衝撃エネルギーを用いていたところを試験片の応力によつて一般の疲労試験の結果などと同様に記述することの裏づけが得られるわけである。

さてこの図をもとにして動的に作用する反力  $f(x)$  の検討をしてみる必要がある。まず焼入を施さない試験片は  $E_0$  として 12~15kgcm の附近で永久変形が観測される。これは  $\sigma_{max}$  にしてみると  $60 \text{kg/mm}^2$  位の値になり、動的には  $k$  は大きく変化しないが、降伏点は非常に上昇していることを示す。

一方高周波焼入を施したものは全実験エネルギーの範

囲にわたつて永久変形がみとめられない。従つて  $f(x)$  の形としては  $x_0$  の値は静的に求められたものよりも高いことが予想される。

次に前報に報告した  $10^5$  回の衝撃数に耐える試験片の負荷エネルギーを応力に換算して示すと第 3 図のようになり、衝撃疲労限は、これよりも低い値になる筈で回転曲げによつて求めた疲労限よりは幾分低いような感じを受ける。



第 3 図  $10^5$  回で破断する応力

1. 5R ノッチ高周波焼入
2. V ノッチ
3. 5R ノッチ普通焼入

焼入を施さないものはこれらに比して極めて小さい。

#### IV. 結 論

松村式繰り返えし衝撃試験片に誘起される応力と衝撃エネルギーとの関係を実験的に求め、これが極めて簡単な理論的考察によつて導かれた値とよく一致することをたしかめた。要約すると次のようになる。

① 衝撃エネルギー  $E$  と試験片に誘起される応力はその試験片のばね定数  $k$  を中介にして簡単に求められることがわかり、これが実験的にたしかめられた。

② この  $k$  の値は静的に求められた値と大体等しいが降伏点は幾分高目に出ているようである。

③ 高周波焼入を施したものは非常に高い衝撃的疲労強度を示すらしいが、小野式で回転曲げ疲労限として求められたものより幾分低いようである。

$10^5$  回の点を S-N 曲線が切る応力は  $65 \sim 80 \text{ kg/mm}^2$  位である。焼入を施さないものは松村式繰り返えし衝撃試験機の可能な衝撃エネルギー範囲では、この点を求めることがとうてい不可能な程に小さい。

#### (59) 低炭素鋼の急冷による耐蝕性の改善

(Quenching Improves Atmospheric Corrosion of Low-Carbon Steel)

Masayoshi Hasegawa

早大助教授 工博 長谷川 正義

#### I. 緒 言

著者はさきに焼入硬化を生じない低炭素鋼を変態点以上より水中急冷すれば、非処理のものに比してかなり大気中の腐蝕に対する抵抗を増すことを見出し、これについて予備的な基礎実験の経過を報告したが(日本金属学会講演大会、講演昭和 29 年 4 月)、ここでは以上の基礎実験を継続した場合の結果について一部の重複をいとわず報告すると共に、さらに主としてこの処理の理論的な考察を行い、また本処理を二三の 2 次製品、工業部品に応用した場合の効果について述べることにする。

#### II. 従来の研究の概要

この現象の発見の端緒は、低温用構造材料としてすでに報告した焼入低炭素鋼の検鏡試料が発錆の少ないことを認めたのに始まる。よつて低炭素鋼を高温より焼入してその耐蝕性を検討した結果、次の如き大略の結論を得るに至つた。すなわち、

(1) この現象は試料の  $A_{c_3}$  以上の温度より十分急冷するときに現われ、 $A_{c_3}$  以下ではその効果は極めて低い。

(2) この耐蝕性は試料の表面のみの特性であつて、やや内部ではその性質は急減する。

(3) またその耐蝕性は大気中放置の如き場合にのみ認められるもので、屋外で雨水に曝露する如き場合には非処理のものと同大差がない。

(4) しかしこの方法を工業的に応用するためにはやや炭素量の高い低炭素鋼では急冷によつて靱性を遜減するから、適用材料は用途によつて異なるが炭素量 0.15% 以下程度に限定されることなどである。

#### III. 研究の方法

以上の如き予備実験に続いて、さらにこれらの諸現象を詳細に検討するため鈍鉄及び 0.25% C 以下の各種の炭素鋼を試料とし、次の如き各項について実験した。

- (1) 加熱速度の影響。
- (2) 加熱温度及び保持時間の影響。
- (3) 冷却速度の影響。
- (4) 顕微鏡組織及び硬度と深さの関係。
- (5) 表面脱炭の影響。
- (6) 耐蝕試験。
- (7) 機械的性質の変化及び時効。
- (8) 工業的応用例。

以下これらの結果の要約を記すこととする。